

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROCESO DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS DE
ESTRUCTURA DE ACERO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

DIEGO GABRIEL BALSECA BELTRÁN

diegbal200@hotmail.com

CARLOS EDUARDO DAHIK AGUILAR

caloedu88@hotmail.com

DIRECTOR: ING. MDI. CARLOS BALDEÓN

carlosbaldeon@hotmail.com

Quito, Junio 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, DIEGO GABRIEL BALSECA BELTRÁN, y CARLOS EDUARDO DAHIK AGUILAR, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Diego Gabriel Balseca Beltrán

Carlos Eduardo Dahik Aguilar

CERTIFICACIÓN

Certifico que bajo mi supervisión el presente proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico fue desarrollado por los señores DIEGO GABRIEL BALSECA BELTRÁN y CARLOS EDUARDO DAHIK AGUILAR.

Ing. MDI. Carlos Baldeón
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Jorge Escobar
COLABORADOR DE PROYECTO

Ing. Ricardo Soto
COLABORADOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a quienes con su incansable esfuerzo hicieron de este sueño una realidad, mi familia.

A mi madre quien no desmayó en el camino por hacer de sus hijos personas trabajadoras y de bien.

A mi padre, hermanas y sobrino por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida, el cual me permite avanzar día a día.

Diego

DEDICATORIA

La culminación de esta etapa está dedicada a mis padres, quienes siempre han estado presentes apoyándome y velando por mi bienestar y educación. Depositando su entera confianza en mí persona, sin dudar ni un solo instante de mi capacidad. Lo que soy y como soy es gracias a ellos. Su amor, tenacidad y lucha insaciable constituyen para mí un gran ejemplo a seguir y destacar. A ellos este proyecto. Los amo con mi vida.

Carlos

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de sobre manera a Dios, además de las personas y entidades que hicieron posible este momento en mi vida.

A mis padres por ser el sustento de mi vida y por quienes en estos momentos me encuentro finalizando esta etapa.

A mis hermanas y sobrino por el apoyo incondicional además de su cariño y amor.

A mis profesores, quienes permitieron me mirar el mundo exterior desde una nueva óptica.

A mi compañero de tesis, por su amistad y el esfuerzo para lograr la consecución del presente trabajo.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica, la cual me acogió durante estos años y permitió mi desarrollo intelectual.

A la Escuela Politécnica Nacional, quien como entidad del estado permite día a día a nuevas personas desarrollar su potencial sin referencia su situación.

Diego

AGRADECIMIENTOS

Ante todo quiero agradecerle a Dios por haberme otorgado la vida y junto con esta unos padres ejemplares Magda y Jack, por formar una linda familia, y brindarnos su apoyo y dedicación para salir adelante.

A mis abuelitos Laurita y Angel, con quienes tuve la dicha de compartir muchos momentos especiales, quienes me enseñaron mucho de la vida, quienes fueron y serán siempre un ejemplo de amor y superación para nuestras familias.

A mis hermanos Nasheera, Jenny, Jack y Alejandro, a quienes quiero, admiro y representan un motivo para seguir adelante, procurando siempre ser un ejemplo para ellos.

A mis tíos en general, en especial a Chelita, Raquel, Bachi, Nahim, Ivan y Tony por estar siempre ahí presentes, apoyándome de una u otra manera.

A Diego, mi compañero de tesis, por ser un buen amigo, por su colaboración, esfuerzo y dedicación para la culminación de este proyecto.

A la Escuela Politécnica Nacional y en especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica a la que con mucho orgullo pertenezco, la misma que me ha permitido vivir grandes experiencias a nivel personal y profesional.

A nuestro director y amigo, Ing. Carlos Baldeón, muchas gracias por su tiempo y compromiso con este proyecto.

A mis amigos, por ser unos excelentes seres humanos y estar siempre presentes compartiendo aquellos momentos buenos y malos de la vida.

Carlos

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

1.1 ESTRUCTURA.....	1
1.1.1 DEFINICION.....	1
1.1.2 CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS METALICAS	2
1.1.2.1 Estructuras reticulares.....	2
1.1.2.1.1 Tipos de estructuras reticulares	2
1.2 EDIFICIO.....	3
1.2.1 DEFINICION.....	3
1.2.2 TIPOS DE EDIFICIOS.....	3
1.2.2.1 Edificios de varios pisos	4
1.3 EDIFICIOS DEPARTAMENTALES	5
1.3.1 INTRODUCCIÓN	5
1.3.2 PRINCIPALES ELEMENTOS EN LA ESTRUCTURA DE UN EDIFICIO	6
1.4 SUELOS.....	7
1.4.1 CONCEPTO DE SUELO	7
1.4.2 CONDICIONES DEL SUELO	7
1.4.3 TIPOS DE SUELOS EN EL ECUADOR.....	8
1.4.3.1 Suelos alofánicos	9
1.4.3.2 Suelos francos.....	9
1.4.3.3 Suelos arenosos.....	10
1.4.3.4 Características de los suelos MH	11
1.5 CIMENTACIONES	11
1.5.1 CIMENTACIONES SUPERFICIALES	12
1.5.1.1 Cimentaciones de zapata.....	12
1.5.1.2 Cimentaciones corridas	13
1.5.1.3 Cimentaciones sobre placas o flotantes	13

1.5.2 CIMENTACIONES PROFUNDAS	14
1.5.2.1 Pilotes	14
1.5.2.2 Función de los pilotes.....	14
1.6 ESTRUCTURA DE UN EDIFICIO	15
1.7 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	17
1.7.1 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA ESTRUCTURA	17
1.7.1.1 Elementos principales	17
1.7.1.1.1 Trabes, vigas y columnas.....	18
1.7.1.1.2 Pórtico	20
1.7.1.1.3 Tabique	20
1.7.1.1.4 Tubo	21
1.7.1.2 Elementos de distribución	21
1.7.1.3 Muros	21
1.7.1.4 Placa base.....	22
1.7.1.5 Arriostramientos	23
1.7.2 SISTEMAS ESTRUCTURALES	24
1.7.2.1 Los sistemas de pórticos	24
1.7.2.2 Sistema de tabiques y tabiques acoplados	25
1.7.2.3 Sistema de pórticos y tabiques.....	25
1.7.2.4 Sistema de viga-pared escalonada	25
1.7.2.5 Sistemas de tubos estructurales	26
1.7.2.6 Sistemas de tabiques centrales con vigas de transferencia a columnas..	26
1.8 SOLICITACIONES EN LA ESTRUCTURA.....	27
1.8.1 SOLICITACIONES GLOBALES	27
1.8.2 TIPOS DE CARGA QUE SOPORTA EL EDIFICIO	29
1.8.2.1 CARGA MUERTA	29
1.8.2.2 CARGA VIVA	30

1.8.2.3 CARGA DE VIENTO	31
1.8.2.4 CARGA DE SISMO	34
1.9 ARMADURAS PARA TECHO EN EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO	35
1.9.1 COMPONENTES DE UNA ARMADURA.....	35
1.9.1.1 Cuerda superior.....	35
1.9.1.2 Cuerda inferior.....	36
1.9.1.3 Elementos secundarios o miembros de alma.....	36
1.9.1.4 Nudos	36
1.9.1.5 Tirantes	36
1.9.1.6 Puntales	36
1.9.1.7 Junta de talón.....	36
1.9.1.8 Cumblera	36
1.9.1.9 Larguero	36
1.9.2 TIPOS DE ARMADURAS PARA TECHO.....	37
1.9.2.1 Armadura Fink.....	37
1.9.2.2 Armadura Howe	37
1.9.2.3 Armadura Pratt.....	37
1.9.2.4 Armadura Warren.....	37
1.10 CONEXIONES EN EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO.....	38
1.10.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CONEXIONES	38
1.10.1.1 La rigidez de la conexión.....	39
1.10.1.1.1 Conexiones simples	39
1.10.1.1.2 Conexiones semirrígidas	39
1.10.1.1.3 Conexiones rígidas.....	39
1.10.1.2 La geometría de la conexión	40
1.10.1.3 La resistencia de la junta.....	40

1.10.1.3.1 Conexiones de aplastamiento	40
1.10.1.3.2 Conexiones de fricción	40
1.10.2 CONEXIONES REMACHADAS	40
1.10.3 CONEXIONES EMPERNADAS.....	42
1.10.3.1 Pernos comunes	42
1.10.3.2 Pernos de alta resistencia	43
1.10.4 CONEXIONES CON ESPÁRRAGOS SOLDADOS.....	43
1.10.5 CONEXIONES SOLDADAS	43
1.10.5.1 Tipos de soldadura	44
1.10.5.2 Especificaciones para la soldadura	44
1.10.5.3 Materiales de soldadura	44
1.10.5.4 Procesos de soldadura.....	45
1.10.6 CONEXIONES CON COMBINACIÓN DE SOLDADURAS Y PERNOS	45
1.11 PROTECCION DEL ACERO ESTRUCTURAL CONTRA EL FUEGO	46
1.11.1 RECUBRIMIENTOS PROTECTORES.....	46
1.11.1.1 Concreto.....	47
1.11.1.2 Placas de yeso acartonado	47
1.11.1.3 Mantas o paneles rígidos de lana de roca.....	47
1.11.1.4 Argamasas o paneles rígidos de vermiculita	48
1.11.1.5 Mantas de fibra cerámica	48
1.11.1.6 Pintura intumescente.....	48
1.11.1.7 Argamasas con recubrimiento fibroso	48
1.12 SISTEMAS DE PISO.....	49
1.12.1 Lozas de concreto sobre viguetas de acero de alma abierta	49
1.12.2 Lozas de concreto reforzadas en una y en dos direcciones.....	50
1.12.3 Pisos compuestos	50
1.12.4 Pisos de losa reticular	51

1.12.5 Pisos con tableros de acero	51
1.12.6 Losas planas	51
1.12.7 Pisos de losas precoladas.....	52
1.13 CORROSION	52
1.13.1 Clasificación de la corrosión.....	52
1.13.1.1 Según el medio	52
1.13.1.2 Según la forma	53
1.14 INVENTARIO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO EN EL PAIS.....	54
CAPÍTULO 2	56
2.1 MANTENIMIENTO	56
2.2 EL MANTENIMIENTO Y LA DISPONIBILIDAD.....	58
2.3 EL MANTENIMIENTO Y LA SEGURIDAD	58
2.4 EL MANTENIMIENTO Y LA ECONOMÍA.....	58
2.5 POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO.....	59
2.5.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	59
2.5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	59
2.5.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	59
2.5.4 MANTENIMIENTO PROACTIVO	60
2.5.5 MANTENIMIENTO TOTAL.....	60
2.5.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.....	60
2.6 DESGASTE Y FALLA.....	61
2.7 VIBRACIONES.....	62
2.7.1 IMPORTANCIA DE LAS VIBRACIONES EN EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO	62
2.8 MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO	63
2.9 DISTRIBUCION DEL MANTENIMIENTO.....	64

2.10 PARAMETROS FUNCIONALES Y DE SEGURIDAD DE LOS EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO	64
2.10.1 PARAMETROS FUNCIONALES.....	64
2.10.1.1 Parámetros Principales	64
2.10.1.2 Parámetros Secundarios	65
2.10.2 PARAMETROS DE SEGURIDAD	65
2.11 DISEÑO EFICAZ DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO	65
2.11.1 RAZONES PARA EL DISEÑO DE UN PROCESO DE MANTENIMIENTO	65
2.11.2 PLANIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO.....	66
2.12 MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO	66
2.12.1 DEFINICIÓN.....	66
2.12.2 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	66
2.12.3 DESVENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	67
2.12.4 ESQUEMA GENERAL DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	67
2.12.5 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	67
2.12.6 IMPLEMENTACIÓN	68
2.13 MANTENIMIENTO CORRECTIVO APLICADO A EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO	68
2.13.1 DEFINICION.....	68
2.13.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	68
2.13.2.1 Mantenimiento Correctivo no Programado	69
2.13.2.2 Mantenimiento Correctivo Programado	69
2.13.3 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO	69
2.13.4 DESVENTAJAS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	69

2.14 PATOLOGÍAS EN EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO	70
2.14.1 FALLAS EN LA CIMENTACIÓN.....	70
2.14.1.1 Falla por corte general.....	70
2.14.1.2 Falla por punzonamiento en cimentaciones	71
2.14.1.3 Falla por corte local	71
2.14.1.4 Fisuración del hormigón	72
2.14.1.4.1 Tensiones mecánicas.....	72
2.14.1.4.2 Tensiones de origen térmico	73
2.14.1.4.3 Reacciones químicas	73
2.14.1.5 Corrosión de las armaduras en cimentaciones	73
2.14.1.6 Errores de diseño	74
2.14.2 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLAS EN CIMENTACIONES....	74
2.14.2.1 Intervenciones sobre el terreno	74
2.14.2.1.1 Inyecciones	75
2.14.2.1.2 Inyección de cementación	75
2.14.2.1.3 Inyecciones de relleno.....	76
2.14.2.1.4 Inyecciones de compactación	76
2.14.2.1.5 Técnica del jet-grouting	77
2.14.2.1.6 Armado del terreno.....	77
2.14.2.1.7 Sustitución del terreno.....	78
2.14.2.1.8 Compactación del terreno	78
2.14.2.2 Intervenciones en cimentaciones superficiales	78
2.14.2.2.1 Refuerzo mediante inyección	78
2.14.2.2.2 Refuerzo mediante introducción de armaduras	79
2.14.2.2.3 Ampliación lateral de la cimentación	79
2.14.2.2.4 Ampliación por debajo de la cimentación	80
2.14.2.2.5 Sustitución de zapatas aisladas	80

2.14.2.2.6 Sustitución de zapatas continuas o corridas	81
2.14.2.2.7 Sustitución mediante punteado	81
2.14.2.3 Intervenciones en cimentaciones profundas	82
2.14.2.3.1 Recalces por pozos profundos	82
2.14.2.3.2 Recalce mediante pilotes que rodean la cimentación.....	83
2.14.2.3.3 Recalces mediante pilotes especiales debajo de la cimentación.	83
2.14.2.3.4 Recalces mediante la ampliación del número de pilotes	84
2.14.2.3.5 Pilotes que atraviesan las cimentaciones existentes.....	84
2.14.2.3.6 Pilotes adosados mediante cabezales de unión posteriores	84
2.14.3 FALLAS EN MUROS.....	85
2.14.3.1 Falla por flexión	86
2.14.3.2 Falla por corte	86
2.14.3.3 Falla por corte-cizalle (Deslizamiento).....	87
2.14.4 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLAS EN MUROS	88
2.14.4.1 Corrección de fallas en muros de carga.....	88
2.14.4.2 Corrección de fallas en muros de relleno	89
2.14.5 FALLAS EN LOSAS	89
2.14.5.1 Punzonamiento en losas	92
2.14.5.2 Reparación de fallas en losas	92
2.14.5.2.1 Reparación de daños a causa de esfuerzos de punzonamiento.	93
2.14.6 MECANISMO DE REPARACIÓN DE FISURAS Y GRIETAS EN CIMENTACIONES, MUROS Y LOSAS.....	94
2.14.6.1.1 Inyección de resinas epoxi	94
2.14.6.1.2 Perfilado y sellado	95
2.14.6.1.3 Costura de fisuras	96
2.14.6.1.4 Acero de pretensado	97
2.14.6.1.5 Impregnación con polímero	97

2.14.6.1.6 Cicatrización	97
2.14.6.1.7 Ocratizado	97
2.14.7 FALLAS EN TRABES, VIGAS Y COLUMNAS	98
2.14.7.1 Modos de falla en trabes, vigas y columnas.....	98
2.14.7.1.1 Excesiva deformación e inestabilidad elástica	99
2.14.7.1.2 Excesiva deformación plástica	101
2.14.7.1.3 Inestabilidad plástica	102
2.14.7.1.4 Fatiga	103
2.14.7.1.5 Creep y creep-fatiga	103
2.14.7.1.6 Fractura	103
2.14.7.2 Métodos de inspección de fallas en trabes, vigas y columnas	104
2.14.7.2.1 Inspección visual	104
2.14.7.2.2 Líquidos penetrantes	104
2.14.7.2.3 Pruebas magnéticas.....	104
2.14.7.2.4 Ultrasonido	105
2.14.8 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLAS EN TRABES, VIGAS Y COLUMNAS	105
2.14.8.1.1 Rehabilitación y Refuerzos.....	105
2.14.8.1.2 Cambio del elemento estructural, apeos.	108
2.14.9 FALLAS EN ARRIOSTRAMIENTOS Y CONTRAVENTEOS	110
2.14.10 FALLAS EN CONEXIONES ATORNILLADAS	110
2.14.10.1 Corte longitudinal de las láminas de acero.....	111
2.14.10.2 Aplastamiento ó acumulación de lámina de acero	111
2.14.10.3 Desgarre de la lámina de la sección neta.....	112
2.14.10.4 Corte del tornillo	112
2.14.11 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLAS EN CONEXIONES ATORNILLADAS	114

2.14.12 FALLAS EN CONEXIONES SOLDADAS.....	115
2.14.12.1 Discontinuidades superficiales	116
2.14.12.1.1 Exceso de penetración.....	116
2.14.12.1.2 Falta de penetración.....	116
2.14.12.1.3 Concavidad externa o falta de relleno	117
2.14.12.1.4 Concavidad interna.....	118
2.14.12.1.5 Socavaduras o mordeduras de borde	118
2.14.12.1.6 Quemado.....	119
2.14.12.1.7 Salpicaduras.....	119
2.14.12.1.8 Falta de continuidad del cordón	120
2.14.12.1.9 Otros defectos	120
2.14.12.2 Discontinuidades Internas	121
2.14.12.2.1 Fisuras longitudinales.....	121
2.14.12.2.2 Fisuras transversales	122
2.14.12.2.3 Fisura de interrupción o arranque (o de cráter)	124
2.14.12.2.4 Fisuras alrededor del cordón.....	125
2.14.12.2.5 Falta de penetración.....	126
2.14.12.2.6 Falta de fusión.....	127
2.14.12.3 Discontinuidades como inclusiones.....	129
2.14.12.3.1 Inclusiones gaseosas	129
2.14.12.3.2 Porosidad esférica aislada	130
2.14.12.3.3 Porosidad alineada.....	130
2.14.12.3.4 Inclusiones no metálicas	131
2.14.12.3.5 Inclusiones metálicas	133
2.14.12.4 Sobrecarga.....	133
2.14.12.5 Falla en el diseño de la Junta.....	134
2.14.12.6 Mal método de soldadura	134

2.14.12.7 Falla metalúrgica	134
2.14.12.8 Falla por fatiga.....	135
2.14.13 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLAS EN SOLDADURAS	135
2.14.14 METODOS ANTICORROSIVOS	137
2.14.14.1 Condiciones que favorecen la corrosión.....	137
2.14.14.2 Formas de evitar la corrosión	138
2.14.14.3 Protección catódica	138
2.14.14.3.1 Protección catódica mediante ánodos de sacrificio	138
2.14.14.3.2 Protección catódica por corriente inducida o impresa	140
2.14.14.4 Protección con pinturas	141
2.14.14.4.1 Pinturas oleorresinosas	142
2.14.14.4.2 Esmaltes alquídicos.....	142
2.14.14.4.3 Pinturas epoxídicas	142
2.14.14.4.4 Pinturas fenólicas	142
2.14.14.4.5 Pinturas al Aceite.....	142
2.14.14.4.6 Pinturas Vinílicas	143
2.14.14.4.7 Pinturas ricas en Zinc	143
2.14.14.4.8 Preparación de superficies	143
2.14.14.5 Inhibidores de la corrosión	143
2.14.14.6 Pasivación superficial	144
2.14.15 FALLAS EN FONTANERÍA Y SANEAMIENTO.....	145
2.14.16 Tuberías de distribución de agua	145
2.14.16.1 Obstrucción o rotura de tuberías	145
2.14.16.2 Válvulas.....	145
2.14.16.3 Llaves	146
2.14.16.4 Fluxómetro	146
2.14.16.5 Inodoros de tanque.....	146

2.14.17 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLA EN LOS SISTEMAS DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO	146
2.14.18 FALLAS EN LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y SUMINISTRO DE GAS	147
2.14.18.1 Calefacción y aire acondicionado	147
2.14.18.2 Suministro de Gas	148
2.14.19 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLA EN LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y GAS.....	149
2.14.19.1 Calefacción y aire acondicionado	149
2.14.19.2 Gas	149
2.14.20 FALLAS EN RECUBRIMIENTOS Y PROTECCIONES CONTRA INCENDIOS	149
2.14.21 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLA EN RECUBRIMIENTOS Y PROTECCIONES CONTRA INCENDIOS.....	150
2.14.22 FALLAS EN PASAMANOS	150
2.14.23 FALLAS EN ESCALERAS Y SISTEMAS ELEVADORES	151
2.14.23.1 Fallas en escaleras.....	151
2.14.23.2 Fallas en sistemas elevadores	151
2.14.24 FALLAS EN INSTALACIONES ELECTRICAS.....	151
2.14.24.1 Pararrayos.....	151
2.14.24.2 Conexiones a tierra	152
2.14.24.3 Centros de transformación	152
2.14.24.4 Red interna.....	152
2.15 EVALUACIÓN O DIAGNÓSTICO DE ESTRUCTURAS PERTENECIENTES A EDIFICACIONES.....	153
2.15.1 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN PRELIMINAR EN UNA ESTRUCTURA..	153
2.15.1.1 Visita de Inspección Preliminar	153
2.15.1.2 Características del sistema a investigar en la evaluación preliminar....	154

2.15.1.3 Clasificación y evaluación preliminar de daños	155
2.15.1.3.1 Daño no estructural	155
2.15.1.3.2 Daño estructural ligero	155
2.15.1.3.3 Daño estructural fuerte	155
2.15.1.3.4 Daño estructural grave	156
2.15.1.4 Registro general de daños	157
2.15.1.4.1 Soluciones estructurales posibles	157
2.15.1.4.2 Parámetros fundamentales de evaluación estructural.....	157
2.15.1.4.3 Clasificación de daños.....	158
2.15.1.4.4 Definición de magnitud de daños	158
2.15.1.5 Rehabilitación temporal	158
2.15.1.5.1 Acciones	159
2.15.1.5.2 Apuntalamiento vertical	159
2.15.1.5.3 Soporte lateral	161
2.15.2 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN A DETALLE EN UNA ESTRUCTURA	163
2.15.2.1 Inspección de daños detallada	163
2.15.2.2 Conceptos e Información Necesaria en una Inspección Detallada	163
2.15.2.2.1 Planos estructurales, arquitectónicos y de instalaciones.....	163
2.15.2.2.2 Nivelación y mecánica de suelos	164
2.15.2.3 Inspección detallada auxiliar	164
2.15.3 MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE CAPACIDADES DEL INMUEBLE PARA OBTENER UN DIAGNÓSTICO DEFINITIVO.....	164
2.15.3.1 Estudio y elección del tipo de análisis	165
2.15.3.1.1 Modelamiento por computadora	165
2.16 PLANIFICACION Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	168
2.16.1 PROGRAMACION DEL TRABAJO E INSTRUCCIONES TECNICAS DE MANTENIMIENTO	169

2.16.1.1 Trabajos No Programados	169
2.16.1.2 Trabajos Programados	169
2.16.1.3 Instrucciones Técnicas de Mantenimiento.....	170
2.16.2 ANÁLISIS DE LOS RECURSOS DE MANTENIMIENTO	170
2.16.2.1 Estructura de los recursos.....	171
2.16.3 LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	171
2.16.4 PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO.....	172
2.16.5 LA TAREA DE MANTENIMIENTO	173
2.16.6 DURACIÓN DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO	174
2.16.7 CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	174
2.16.7.1 TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	175
2.16.7.2 TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	175
CAPÍTULO 3	177
3.1 INTRODUCCION	177
3.2 SELECCIÓN DEL PROGRAMA.....	177
3.3 DESCRIPCION DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO	178
3.3.1 ENTORNO BASICO DE MICROSOFT ACCESS 2010.....	178
.....	178
3.3.2 OBJETOS DE LA BASE DE DATOS “MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO”	180
3.3.3 INGRESO A LA BASE DE DATOS	181
3.3.4 INICIO	182
3.3.5 INSPECCION PRELIMINAR	183
3.3.5.1 Formulario “Inspección Preliminar 1”	183
3.3.5.2 Formulario “Inspección Preliminar 2”	185
3.3.5.3 Formulario “Inspección Preliminar 3”.....	186

3.3.5.4 Formulario “Inspección Preliminar 4”	187
3.3.6 REGISTRO GENERAL DE DAÑOS	188
3.3.7 INSPECCION DETALLADA	190
3.3.8 IT’s DE MANTENIMIENTO	193
3.3.9 PLAN DE MANTENIMIENTO	194
3.3.10 ANEXOS	197
3.3.11 INFORMES DE LA BASE DE DATOS “MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO”	198
3.3.12 TABLAS DE LA BASE DE DATOS “MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO”	199
CAPÍTULO 4	201
4.1 UBICACION DEL EDIFICIO TIPO.....	201
4.2 DESCRIPCION DEL EDIFICIO TIPO.....	202
4.3 INSPECCION PRELIMINAR DEL EDIFICIO TIPO	202
4.3.1 EDIFICACIONES COLINDANTES AL EDIFICIO	203
4.3.2 INSPECCION EXTERIOR DE LA EDIFICACIÓN	203
4.3.3 INSPECCION INTERIOR DE LA EDIFICACIÓN.....	203
4.3.4 OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN PRELIMINAR.....	211
4.3.5 RECOMENDACIONES DE LA INSPECCIÓN PRELIMINAR.....	211
4.4 ANÁLISIS DEL DISEÑO Y ESTADO DE CARGA DEL EDIFICIO TIPO UTILIZANDO EL PROGRAMA SAP2000.....	212
4.4.1 DESCRIPCION DE LAS VIGAS.....	214
4.4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS COLUMNAS.....	215
4.4.2.1 Determinación de la resistencia equivalente para columnas.....	217
4.4.3 INGRESO DE DATOS PARA COLUMNAS COMPUESTAS.....	221
4.4.4 INGRESO DE DATOS PARA PERFILES SOLDADOS.....	222
4.5 INGRESO DE DATOS PARA LOSAS DE SUBSUELO Y ENTRE PISOS ...	225

4.5.1 CÁLCULO DE LOSA EQUIVALENTE	225
4.6 ANÁLISIS DE CARGAS PRESENTES EN EL EDIFICIO	233
4.6.1 CARGA ESTÁTICA O CARGA MUERTA (D).....	234
4.6.2 CARGA VIVA DE PISO O CARGA DE OCUPACIÓN (L).....	234
4.6.3 CARGA DE VIENTO (W_v)	236
4.6.4 CARGA DE SISMO (W_{SS})	237
4.6.5 CARGA DE GRANIZO (S).....	240
4.6.6 CARGA DE CENIZA VOLCÁNICA (G).....	240
4.6.7 INGRESO DE CARGAS EN SAP 2000.....	240
4.6.8 COMBINACIONES DE CARGA	241
4.6.9 RESULTADOS GRÁFICOS DEL PROGRAMA SAP2000.....	241
4.7 REGISTRO GENERAL DE DAÑOS	253
4.8 INSPECCIÓN DETALLADA	254
4.8.1 INSPECCIÓN DE VIGAS	254
4.8.2 INSPECCIÓN DE PLACAS BASE	258
4.8.2.1 Inspección Detallada de Placas Base por el Método de Tintas Penetrantes	260
4.9 INSTRUCCIONES TECNICAS DE MANTENIMIENTO.....	264
4.10 PLAN DE MANTENIMIENTO	265
CAPÍTULO 5	266
5.1 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.....	266
5.1.1 COSTO.....	266
5.1.1.1 Costos Fijos.....	266
5.1.1.2 Costos Variables	266
5.1.2 COSTOS UNITARIOS.....	267
5.1.2.1 Factor de utilización.....	267
5.1.2.2 Rendimiento	267

5.1.2.3.1 Mano de obra	267
5.1.2.3.2 Materiales.....	267
5.1.2.3.3 Indirectos.....	267
5.1.3 ANÁLISIS DE COSTOS POR TAREA A REALIZARSE	270
5.1.3.1 Tarifas de maquinaria e insumos	271
5.1.4 COSTO UNITARIO POR ACTIVIDAD A REALIZARSE	275
5.1.5 COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO	281

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Sistema de clasificación USCS para suelos.....	10
Tabla 1.2. Sistema de pilotaje.....	15
Tabla 1.3. Velocidades del viento en el Ecuador.....	31
Tabla 1.4. Porcentaje de Edificaciones por Material utilizado en la estructura, según Provincia.....	54
Tabla 1.5. Porcentaje de Edificaciones por Material utilizado en la estructura, Cantón Quito.....	55
Tabla 2.1. Vida útil nominal de los diferentes tipos de estructura.....	63
Tabla 2.2. Resistencia nominal al aplastamiento de conexiones atornilladas con arandelas bajo la cabeza y tuerca del tornillo.....	111
Tabla 2.3. Resistencia nominal al aplastamiento de conexiones atornilladas sin rodela bajo la cabeza y tuerca del tornillo, o solo con una sola rodela.....	111
Tabla 2.4. Resistencia nominal a tensión y cortante de tornillos.....	113
Tabla 2.5. Serie galvánica.....	139
Tabla 2.6. Características de los ánodos empleados en protección catódica con corriente impresa.....	141
Tabla 2.7. Clasificación de daños en estructuras de acero y concreto.....	156
Tabla 2.8. Coeficiente de degradación de las propiedades y características de comportamiento sísmico.....	167
Tabla 4.1. Características de varillas de refuerzo y forma de refuerzo en columnas.....	217
Tabla 4.2. Área transversal total de varillas de refuerzo en columnas.....	219
Tabla 4.3. Características del acero de las varillas de refuerzo en columnas....	219
Tabla 4.4. Características del acero de encamisado en columnas.....	219
Tabla 4.5. Características del concreto utilizado en columnas.....	219
Tabla 4.6. Resumen de columnas compuestas.....	220
Tabla 4.7. Resultados de cálculo para la columna compuesta.....	220
Tabla 4.8. Valores calculados para la resistencia equivalente y la elasticidad equivalente de las columnas compuestas que existen dentro del edificio.....	221
Tabla 4.9. Tabla Propiedades de la sección de Steel Deck.....	226
Tabla 4.10. Propiedades de la porción de concreto de la losa.....	227

Tabla 4.11. Características para viguetas de pisos superiores.	229
Tabla 4.12. Tabla de características para malla de refuerzo en losa de pisos superiores Malla R-84.	230
Tabla 4.13. Tabla del CEC para determinar la carga por ocupación.	235
Tabla 4.14. Tabla de valores para cubierta presentada por el CEC en kg/m ²	236
Tabla 4.15. Carga distribuida de sismo.	239
Tabla 4.16. Vigas cuya relación Demanda/Capacidad es mayor a 1, en el programa SAP2000.	252
Tabla 4.17. Límites de deflexión en milímetros para vigas de estructuras de acero según el Código de Construcción Internacional (IBC 2006).	255
Tabla 4.18. Deflexión según simulación, real y máxima para vigas consideradas en la Inspección Detallada.	256
Tabla 4.19. Codificación de placas base del subsuelo 3 – edificio tipo “Ardres Plaza”.	260
Tabla 5.1. Cuadro de Costos Indirectos.	268
Tabla 5.2. Formato para análisis de Costos Unitarios.	269
Tabla 5.3. Características de herramientas necesarias para el mantenimiento.	272
Tabla 5.4. Tarifa de costo horario para herramientas.	273
Tabla 5.5. Tarifa de costo de mano de obra.	273
Tabla 5.6. Tarifa de costo de materiales.	273
Tabla 5.7. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 1.	276
Tabla 5.8. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 2.	277
Tabla 5.9. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 3.	278
Tabla 5.10. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 4.	279
Tabla 5.11. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 5.	280
Tabla 5.12. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 6.	281
Tabla 5.13. Análisis de Costo Total de Mantenimiento.	282

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Nudo de estructura reticulada.	2
Figura 1.2. Tipos de marcos rígidos.	4
Figura 1.3. Edificio departamental con estructura de acero.	5
Figura 1.4. Mapa de suelos del Ecuador.	8
Figura 1.5. Zapata rígida.	12
Figura 1.6. Zapatas corridas.	13
Figura 1.7. Cimentaciones sobre placas o flotantes.	13
Figura 1.8. Modelo virtual de un pilote.	14
Figura 1.9. Estructura principal de un edificio.	16
Figura 1.10. Cargas de viento (a) y de sismo (b) sobre un edificio.	17
Figura 1.11. Trabes, vigas y columnas.	18
Figura 1.12. Tipos de perfiles utilizados como vigas, trabes y columnas.	19
Figura 1.13. Pórtico (a) Deformado; (b) Modo de deformación de corte.	20
Figura 1.14. Tabique (a) Deformado; (b) Modo de deformación de flexión.	20
Figura 1.15. Tubo estructural.	21
Figura 1.16. Muros dentro de la estructura de un edificio.	22
Figura 1.17. Conexión de la base de una columna de acero.	23
Figura 1.18. Arriostramiento cruz de San Andrés.	24
Figura 1.19. Sistemas de pórticos.	24
Figura 1.20. Sistemas de tabiques y tabiques acoplados.	25
Figura 1.21. Estructura de un edificio.	28
Figura 1.22. Diagrama de solicitaciones para fuerzas de viento.	28
Figura 1.23. Diagrama de solicitaciones para fuerzas de sismo.	29
Figura 1.24. Armaduras de techo: (a) armadura Fink, (b) armadura Howe, (c) y (d) armadura Pratt, (e) armadura Warren con linternilla, y (f) diente de sierra.	37
Figura 1.25. Curvas típicas momento-rotación para conexiones.	39
Figura 1.26. Partes de un tornillo.	42
Figura 1.27. Espárrago soldado.	43
Figura 1.28. Viguetas de alma abierta.	50
Figura 1.29. Pisos compuestos. a) Viga de acero ahogada en concreto (muy costoso). b) Viga de acero ligada a losa de concreto con conectores de cortante.	51

Figura 2.1. Distribución del Mantenimiento.	64
Figura 2.2. Falla por corte general.	71
Figura 2.3. Falla por punzonamiento en cimentaciones.	71
Figura 2.4. Corte por falla local.	72
Figura 2.5. Falla de muro de concreto por flexión.	86
Figura 2.6. Falla de muro de concreto por corte.....	87
Figura 2.7. Falla de muro de concreto por deslizamiento.....	88
Figura 2.8. Carga vs deflexión de una losa.	90
Figura 2.9. Configuraciones de agrietamiento para distintos valores de carga. ...	91
Figura 2.10. Rotura por punzonamiento.....	92
Figura 2.11. Reparación de fisuras en una losa mediante la inyección de resina epoxi.....	95
Figura 2.12. Reparación de una fisura mediante perfilado y sellado.....	96
Figura 2.13. Reparación de una fisura mediante costura.	96
Figura 2.14. Relación entre la carga aplicada y la deformación central que se obtendría en una prueba a una viga de acero simplemente apoyada.	99
Figura 2.15. Excesiva deformación e inestabilidad elástica (pandeo generalizado).	100
Figura 2.16. Pandeo local de vigas.	100
Figura 2.17 Excesiva deformación plástica de una columna.....	101
Figura 2.18. Proceso de fractura dúctil.....	102
Figura 2.19. Pérdida de sección por oxidación.....	107
Figura 2.20. Supresión de un pilar mediante el refuerzo de la viga superior. 1) Colocación de perfiles metálicos, durmientes y puntos de apoyo. 2) Demolición de la zona considerada.	109
Figura 2.21. Supresión de un pilar mediante apeo con barras diagonales superiores. 1) Colocación de perfiles metálicos bloqueados por cuñas o gatos. 2) Demolición de la zona considerada.....	110
Figura 2.22. Tipos de falla en conexiones atornilladas. (a) Falla longitudinal por cortante de la lámina; (b) Falla por aplastamiento de la lámina; (c) Falla por tensión de la lámina; (d) Falla por cortante del tornillo.	114
Figura 2.23. Exceso de penetración en soldadura.	116
Figura 2.24. Falta de penetración en soldadura.....	117

Figura 2.25. Concavidad externa o falta de relleno en soldadura.	118
Figura 2.26. Concavidad interna en soldadura.	118
Figura 2.27. Socavaduras o mordeduras de borde en soldadura.	119
Figura 2.28. Defecto de quemado en soldadura.	119
Figura 2.29. Salpicaduras.	120
Figura 2.30. Falta de continuidad en el cordón de soldadura.	120
Figura 2.31. Fisuras longitudinales en soldadura.	122
Figura 2.32. Fisuras transversales en soldadura.	124
Figura 2.33. Fisuras de interrupción o arranque.	124
Figura 2.34. Fisura alrededor del cordón en frío.	125
Figura 2.35. Desgarre laminar en soldadura.	126
Figura 2.36. Falta de penetración en soldadura.	127
Figura 2.37. Falta de fusión en bisel.	127
Figura 2.38. Falta de fusión de un bisel en la raíz.	128
Figura 2.39. Falta de fusión entre pasadas.	129
Figura 2.40. Porosidad esférica aislada en soldadura.	130
Figura 2.41. Inclusiones de escoria aisladas.	131
Figura 2.42. Escorias alineadas.	132
Figura 2.43. Línea de escoria.	133
Figura 2.44. Inclusiones metálicas.	133
Figura 2.45. Junta soldada realizada con método erróneo de soldadura.	134
Figura 2.46. Agrietamiento en una junta soldada.	135
Figura 2.47. Apuntalamiento vertical de columna.	160
Figura 2.48. Apuntalamiento hacia la cimentación o primer piso de columna vertical.	161
Figura 2.49. Apuntalamiento lateral de muro.	162
Figura 2.50. Contraventeo de marcos.	162
Figura 2.51. Representación gráfica de una tarea típica de Mantenimiento Correctivo.	175
Figura 2.52. Representación gráfica de una tarea típica de Mantenimiento Preventivo.	176
Figura 3.1. Entorno básico de Microsoft Access 2010.	178
Figura 3.2. Panel de navegación de objetos de Access 2010.	181

Figura 3.3. Software de Mantenimiento EEA – en el escritorio.	181
Figura 3.4. Archivos almacenados en la carpeta “Software de Mantenimiento EEA”.....	182
Figura 3.5. Formulario “Inicio”.	183
Figura 3.6. Pestañas de acceso a las páginas del formulario “Inspección Preliminar 1”.....	184
Figura 3.7. Formulario “Inspección Preliminar 1”.....	184
Figura 3.8. Pestañas de acceso a las páginas del formulario “Inspección Preliminar 2”.....	185
Figura 3.9. Formulario “Inspección Preliminar 2”.....	186
Figura 3.10. Pestañas de acceso a las páginas del formulario “Inspección Preliminar 3”.....	186
Figura 3.11. Formulario “Inspección Preliminar 3”.....	187
Figura 3.12. Pestañas de acceso a las páginas del formulario “Inspección Preliminar 4”.....	188
Figura 3.13. Formulario “Inspección Preliminar 4”.....	188
Figura 3.14. Formulario “Registro General de Daños”.	190
Figura 3.15. Formulario “Inicio Insp. Detallada”.....	191
Figura 3.16. Formulario “Inspección Detallada – Vigas”.....	193
Figura 3.17. Formulario “IT´s de Mantenimiento”.	194
Figura 3.18. Pestañas de acceso a las páginas del formulario “Plan de Mantenimiento”.....	194
Figura 3.19. Formulario “Plan de Mantenimiento”.	197
Figura 3.20. Formulario “Anexos”.....	198
Figura 3.21. Informe “Registro General de Daños”, Pagina 1 de 17.	199
Figura 3.22. Tabla “Instrucciones Técnicas de Mantenimiento”.	200
Figura 4.1. Ubicación satelital del edificio tipo.....	201
Figura 4.2. Edificio Ardres Plaza.	202
Figura 4.3. Placa de unión columna-cimentación.....	204
Figura 4.4. Placa de unión columna-cimentación con presencia de corrosión S3.	204
Figura 4.5. Pandeo en vigas.....	205
Figura 4.6. Corrosión generalizada en vigas y conexiones.	206

Figura 4.7. Corrosión galvánica unión viga-muro de contención.....	206
Figura 4.8. Corrosión galvánica-subsuelos Ardres Plaza.....	207
Figura 4.9. Filtraciones de agua y presencia de humedad en muros.....	208
Figura 4.10. Fisuras en muros de escaleras.....	208
Figura 4.11. Presencia de humedad en muros de escaleras.....	209
Figura 4.12. Presencia de humedad en muros de pasillos.....	209
Figura 4.13. Fractura de baldosa de piso.....	210
Figura 4.14. Fisuras en la loza de techo.....	210
Figura 4.15. Fisuras en muros de la terraza.....	211
Figura 4.16. Vista ortogonal del sistema estructural del edificio Ardres Plaza formato AutoCAD.....	213
Figura 4.17. Estructura edificio Ardres Plaza en SAP2000.....	214
Figura 4.18. Viga tipo - edificio Ardres Plaza.....	215
Figura 4.19. Columna tipo - edificio Ardres Plaza.....	216
Figura 4.20. Ingreso de datos para el material compuesto de las columnas y su sección transversal.....	222
Figura 4.21. Cuadro de ingreso nuevos perfiles.....	223
Figura 4.22. Tabla de ingreso perfiles personalizados.....	223
Figura 4.23. Piso del edificio con las características aplicadas.....	224
Figura 4.24. Estructura del edificio en SAP2000.....	225
Figura 4.25. Cálculo área e inercia en AutoCAD (Steel Deck).....	226
Figura 4.26. Cálculo de área e inercia en AutoCAD (concreto).....	227
Figura 4.27. Creación de áreas para losas en diferentes pisos.....	231
Figura 4.28. Restricción en el borde del elemento de área en losas.....	231
Figura 4.29. Tipo de malla para losas y sus dimensiones.....	232
Figura 4.30. Restricciones para simulación de presencia de muros de contención.	233
Figura 4.31. Determinación del peso muerto del edificio en SAP2000.....	239
Figura 4.32. Ingreso de cargas en SAP2000.....	240
Figura 4.33. Resultado gráfico para la combinación de carga 6 (edificio completo).	242
Figura 4.34. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 1.....	243
Figura 4.35. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 2.....	244

Figura 4.36. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 3.	245
Figura 4.37. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 4.	245
Figura 4.38. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 5.	246
Figura 4.39. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 6.	246
Figura 4.40. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 7.	247
Figura 4.41. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 8.	247
Figura 4.42. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 9.	248
Figura 4.43. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 10.	248
Figura 4.44. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 11.	249
Figura 4.45. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 12.	249
Figura 4.46. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 13.	250
Figura 4.47. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 14.	250
Figura 4.48. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 15.	251
Figura 4.49. Formato de presentación de resultados dentro del programa SAP2000.	252
Figura 4.50. Procedimiento para medir la deflexión de una viga.	255
Figura 4.51. Cavidades en las vigas de los subsuelos.	258
Figura 4.52. Placa base corroída.	258
Figura 4.53. Codificación de placas base del subsuelo 3 – edificio tipo “Ardres Plaza”.	259
Figura 4.54. Kit de tintas penetrantes y demás aditamentos utilizados.	261
Figura 4.55. Limpieza de la superficie.	261
Figura 4.56. Aplicación de la tinta penetrante.	262
Figura 4.57. Limpieza del exceso de tinta.	262
Figura 4.58. Aplicación del revelador.	262
Figura 4.59. Presencia de corrosión bajo la protección anticorrosiva de la placa base “A”.	263
Figura 4.60. Corrosión agresiva en placa base “C” agravada por la existencia de una toma de agua en su columna.	263
Figura 4.61. Corrosión agresiva en placa base “O” agravada por la existencia de una toma de agua en su columna.	264

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1** ESTACIONES UBICADAS POR EL INAMHI Y VELOCIDADES DE VIENTO POR ESTACIÓN
- ANEXO 2** TABLAS DEL CEC PARA DETERMINAR LAS CARGAS DE SISMO
- ANEXO 3** FORMATO DE WPS PARA MANTENIMIENTO DE SOLDADURAS
- ANEXO 4** FORMATO DE INSPECCIÓN PRELIMINAR
- ANEXO 5** FORMATO DE REGISTRO GENERAL DE DAÑOS
- ANEXO 6** FORMATOS DE INSPECCIÓN DETALLADA
- ANEXO 7** FORMATO DE INSPECCIÓN DETALLADA AUXILIAR
- ANEXO 8** PLANOS ESTRUCTURALES EDIFICIO ARDRES PLAZA
- ANEXO 9** INFORME DE INSPECCION PRELIMINAR GENERADO EN EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO - ACCESS 2010
- ANEXO 10** INFORME DEL REGISTRO GENERAL DE DAÑOS GENERADO EN EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO - ACCESS 2010
- ANEXO 11** INFORMES DE INSPECCION DETALLADA (CIMENTACIONES Y VIGAS) GENERADOS EN EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO - ACCESS 2010
- ANEXO 12** INFORME DE LAS INSTRUCCIONES TECNICAS DE MANTENIMIENTO GENERADO EN EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO - ACCESS 2010
- ANEXO 13** INFORME DEL PLAN DE MANTENIMIENTO GENERADO EN EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO - ACCESS 2010

RESUMEN

El propósito de la presente investigación es determinar, a partir de varios procedimientos realizados dentro del edificio, si es habitable o no. Las características de construcción y el comportamiento dirigirá el estudio a la respuesta final. Los factores principales que intervienen en el estudio son materiales, diseño, cargas e interacción con el medio ambiente.

Las actividades desarrolladas incluyen la medición de deflexión en vigas primarias y secundarias, inspección visual y análisis estructural utilizando un programa que trabaja con elementos finitos en este caso SAP2000.

La inspección visual se utiliza como una actividad preliminar en la que las zonas afectadas son reconocidas. En la medición, los resultados se organizan y se comparan con las normas pertinentes. Por último, el análisis del comportamiento estructural, bajo ciertas combinaciones de carga, es realizado en el programa SAP2000 el mismo que presenta resultados útiles para cada componente en la estructura. Como resultado de la investigación anterior, se logra establecer criterios los que a su vez nos permiten identificar los problemas críticos en el sistema.

Para solicitaciones cotidianas de un edificio de vivienda la estructura responde adecuadamente. Al analizar el sistema de acuerdo a norma bajo solicitaciones extremas la estructura falla en ciertos elementos. Como resultado, se detectan y establecen las áreas del edificio donde se necesita de una urgente intervención; por ejemplo, juntas soldadas donde la corrosión ha tenido lugar, y placas base donde el contacto con el agua ha acelerado el proceso. Igualmente, paredes y otros elementos.

En conclusión, el edificio presenta zonas afectadas las que fueron reconocidas y estudiadas. El refuerzo y mantenimiento son estrategias básicas que se ha tomado en cuenta para la planificación de una intervención. Al final de la investigación, un estudio económico con las actividades de mantenimiento básicos es presentada.

PRESENTACION

El presente proyecto tiene como objetivo brindar Mantenimiento a Edificios con Estructura de Acero, para la elaboración del mismo se ha considerado dividirlo en cinco capítulos de manera que:

En el primer capítulo se realiza una investigación introductoria de fundamentos teóricos como partes constitutivas generales y clasificación de edificios, además términos básicos concernientes a la estructura y mantenimiento de la misma.

En el capítulo dos, se diseñan los procedimientos de mantenimiento, para esto se empieza con una breve introducción a los procesos de mantenimiento, descripción de políticas de mantenimiento, fallas comunes presentes en edificaciones con estructura de acero y la manera de corregirlas, además, se generan los diferentes formatos para todas y cada una de las inspecciones requeridas por el proceso de mantenimiento.

En el capítulo tres se desarrolla el software de mantenimiento, mismo que esta basado en la información de los capítulos anteriores. Para esto se genera una base de datos en Microsoft Access 2010.

En el capítulo cuatro se da la aplicación de los procedimientos y software de mantenimiento a un Edificio Tipo.

En el quinto capítulo se elabora un análisis de costos unitarios por actividad a desarrollarse en el proceso de mantenimiento del Edificio Tipo.

En las conclusiones y recomendaciones se remarcan particularidades resultado del desarrollo y análisis de cada uno de los capítulos anteriormente mencionados, sus aciertos y dificultades.

En los anexos se incluyen tablas, planos estructurales, formatos y figuras que reúnen aspectos importantes empleados en la elaboración de los procedimientos de Mantenimiento para Edificios con Estructura de Acero, además de informes generados por el software de mantenimiento, mismos que presentan todos los resultados de las inspecciones realizadas, las Instrucciones Técnicas de Mantenimiento y el Plan de Mantenimiento.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS E INVENTARIO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA

1.1 ESTRUCTURA

1.1.1 DEFINICION

Las estructuras de acero incluyen puentes, edificios, torres de almacenamiento, soportes para anuncios y hasta objetos artísticos.

Se denomina estructura al sistema conformado por varios miembros dispuestos en forma de arreglos que soportan cargas en conjunto tanto como en cada uno de sus miembros y conexiones, con la finalidad de conducirlos al terreno. En otra definición se dice que una estructura es un ensamblaje de elementos que mantiene su forma y su unidad. Los objetivos principales de esta es: resistir cargas resultantes de su uso y de su peso propio además de darle forma a un cuerpo, obra civil o máquina.

Las cargas que soporta una estructura como conjunto son: muertas y vivas. Al adentrarse en ella, cada uno de sus miembros soporta una carga dependiendo del tipo de arreglo en el que se encuentra dispuesto. Las conexiones tanto empernadas como soldadas también soportan cargas en diferentes direcciones además que las distribuyen entre los diferentes miembros del arreglo estructural.

Se ha convenido darles una denominación a los arreglos de elementos estructurales más utilizados por lo que se tiene: armaduras, pórticos y vigas continuas.

Dependiendo de la influencia externa cada una de las estructuras antes mencionadas presenta diferentes comportamientos en desplazamientos como en fuerzas producidas dentro del arreglo.

La resistencia de las estructuras reales a las cargas y a las deformaciones en ellas es determinada sólo aproximadamente. Además, las estructuras están sujetas frecuentemente a fuerzas y condiciones de servicio que no pueden ser previstas con precisión.

1.1.2 CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS METALICAS

Las estructuras metálicas pueden dividirse en dos grupos principales:

- Estructuras de cascarón hechas principalmente de placas o láminas, tales como tanques de almacenamiento, silos, cascos de buques, carros de ferrocarril, aeroplanos y cubiertas de cascarón para edificios grandes.
- Estructuras reticulares, las cuales se caracterizan por estar constituidas de conjuntos de miembros alargados, tales como armaduras, marcos rígidos, trabes, tetraedros o estructuras reticulares tridimensionales.

1.1.2.1 Estructuras reticulares

Un retículo es una estructura formada por una serie de vigas entrecruzadas y conectadas entre sí por medio de nudos rígidos, encargadas de transmitir las cargas aplicadas en varias direcciones según sea el caso.

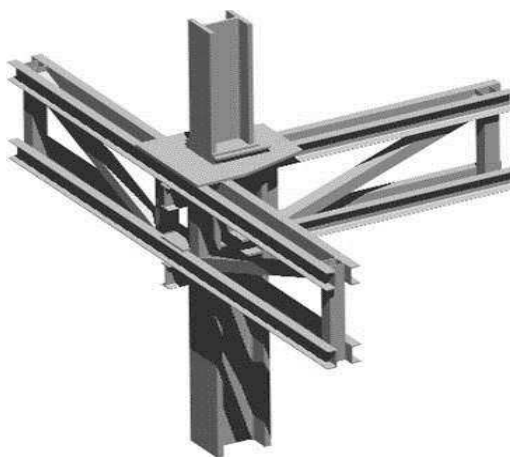


Figura 1.1. Nudo de estructura reticulada.¹

1.1.2.1.1 Tipos de estructuras reticulares

Las estructuras reticulares pueden ser de los siguientes tipos:

Planas

- Celosía plana (nudos articulados, cargas en el plano)
- Pórtico plano (cargas en el plano)

¹ MIÑO S; Construcciones II; Blog [en línea]; [Fecha de consulta: 15 noviembre 2011]; Disponible en: http://construcciones2sm.blogspot.com/2010_10_01_archive.html

- Emparrillado (cargas normales al plano)

Espaciales

- Celosía espacial (nudos articulados)
- Pórtico espacial

La característica principal de las estructuras reticulares es la de presentar una gran resistencia en relación de su peso de acuerdo a la disposición de sus elementos, por lo que además de estos, en las estructuras de acero, se hace necesario la utilización de elementos de relleno como:

- Lozas
- Paredes
- Muros
- Pisos
- Pavimentos
- Escaleras

Los pesos de los mismos deben ser considerados en el diseño para la correcta estimación de la resistencia necesaria que la estructura debe brindar.

1.2 EDIFICIO

1.2.1 DEFINICION

Los edificios de acero son estructuras metálicas reticulares de uno o varios pisos diseñados para ser utilizados en un fin determinado. Estos edificios pueden estar compuestos de marcos de acero, o tener un techo soportado por miembros de acero que descansan en muros de carga.

1.2.2 TIPOS DE EDIFICIOS

Los edificios de acero pueden subdividirse en tres categorías:

- Edificios de un solo piso (edificios industriales)
- Edificios comerciales de varios pisos
- Edificios especiales (caracterizados por claros muy grandes)

Algunos edificios industriales como las plantas de energía o las plantas químicas o de proceso, son de un tipo intermedio, ya que requieren de una estructura de varios pisos en una parte del edificio y una estructura de un solo piso en el resto.

Por algún tiempo, los edificios industriales de un solo piso fueron de los llamados “edificios tipo fábrica”.

En la actualidad se construyen muchos edificios industriales del tipo de marco rígido debido a la ventaja que se tiene en la economía de su techo.

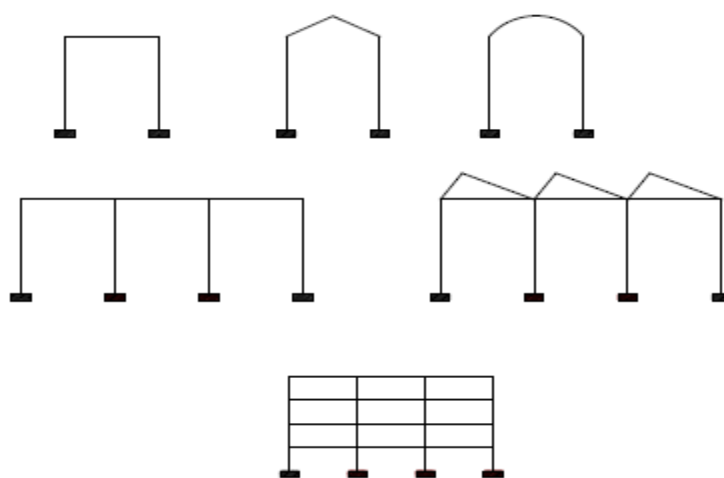


Figura 1.2. Tipos de marcos rígidos.

1.2.2.1 Edificios de varios pisos

Los edificios típicos de varios pisos se caracterizan por una estructura uniforme en planta, con cirugías rectangulares; son representativos de los edificios de apartamentos, edificios de oficinas, hoteles, edificios públicos y otros tipos similares. El piso o losas de piso se soportan, en cada nivel, sobre vigas (o largueros de celosía) y trabes; las trabes y algunas de las vigas se apoyan sobre las columnas, las cuales generalmente son continuas a través de los pisos. Algunas veces, un área grande de los niveles inferiores debe estar libre de columnas, como en los teatros, auditorios y otros edificios públicos en tales casos es necesario discontinuar algunas de las columnas de los edificios superiores y soportarlas mediante grandes trabes o armaduras.

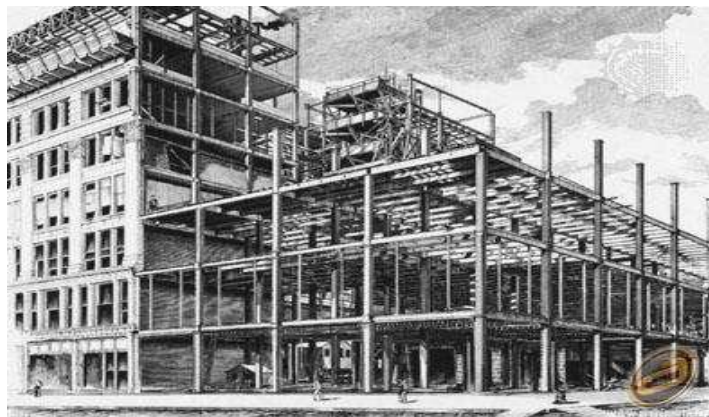


Figura 1.3. Edificio departamental con estructura de acero.²

1.3 EDIFICIOS DEPARTAMENTALES

1.3.1 INTRODUCCIÓN

La estructuración de un edificio de este tipo consiste de columnas, trabes y vigas, las cuales soportan las cargas de piso y de techo. Generalmente las columnas son continuas de piso a piso, y las trabes y vigas se conectan a ellas. Los muros exteriores e interiores pueden ser de mampostería o de concreto, y a menudo se recubren de acabados decorativos, tales como mármol, metal, o paneles de madera; la tendencia moderna es llenar con cristales grandes áreas de los muros exteriores. Aunque esto reduce el peso de los muros y puede tener una apariencia agradable, presenta problema para la transmisión de las fuerzas laterales y para el aislamiento térmico, aumentando frecuentemente en forma apreciable los costos de mantenimiento, debido al costo elevado del lavado de las ventanas o muros de vidrio en los edificios de gran altura.

En edificios con relativamente pocos pisos, alrededor de diez, se utilizan para su diseño y construcción muros de carga, en cuyo caso pueden omitirse algunas vigas o trabes. Por lo general, se usan muros de relleno (no de carga), se soportan éstos en vigas, las cuales se llaman vigas de soporte de muro. Cuando están localizadas en la orilla de un piso, estas vigas también se denominan vigas de piso.

² IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 17 noviembre 2011]; Disponible en: <http://www.arquonauta.com/foros/attachment.php?attachmentid=38470&d=1223154039>

Los muros divisorios se hacen a veces de mampostería hueca, o de paneles de diferentes materiales, utilizando metal, madera, yeso o aplanados, y otros productos desarrollados especialmente para este fin.

Los pisos se hacen por lo general de losas de concreto, y pueden utilizarse económicamente muchos materiales especiales, como cubiertas metálicas, concreto aireado, concreto ligero, etc.

Para suministrar una adecuada protección contra el fuego, deben recubrirse los miembros de la estructura de acero con un material resistente a este.

Las vigas y trabes que se usan en edificios de varios pisos dependen en gran parte del tipo de sistema de piso empleado. Las vigas de acero pueden remplazarse económicamente por vigas secundarias de concreto, coladas monolíticamente con la losa, o por unidades de piso de concreto, pre esforzadas y precoladas.

Las columnas de acero que se utilizan en este tipo de edificios tienen por lo general una relación de esbeltez pequeña, porque las distancias entre pisos son relativamente reducidas y las cargas son usualmente altas.

El comportamiento estructural de los edificios de varios pisos sujetos a fuerzas laterales es complejo y altamente indeterminado. Por principio, la naturaleza dinámica de cargas tales como viento, sismo o explosiones es bastante difícil de predecir, y aun si pueden describirse sus características dinámicas, es difícil valuar la respuesta de las diferentes estructuras a estas cargas dinámicas.

A pesar de los grandes avances en la tecnología no se puede predecir completamente el comportamiento de una estructura a una determinada carga por lo que al diseñar una estructura de edificios se debe tomar en cuenta el uso de tolerancias y hacerlo de una manera racional, es decir dando un razonamiento sensato a cada problema que se afronta durante el diseño.

Además de las características anteriores se debe tomar en cuenta el lugar en donde se desea ubicar el edificio para conocer las propiedades del suelo en el sector.

1.3.2 PRINCIPALES ELEMENTOS EN LA ESTRUCTURA DE UN EDIFICIO

En general un edificio presenta de las siguientes partes constitutivas:

- Cimientos, que soportan y dan estabilidad a los edificios.

- La estructura, que resiste las cargas y las transmite a los cimientos.
- Los muros exteriores, que pueden o no ser parte de la estructura principal de soporte.
- Las separaciones interiores, que también pueden o no pertenecer a la estructura básica.
- Los sistemas de control ambiental, como son iluminación, sistema de reducción acústica, calefacción, ventilación y aire acondicionado.
- Los sistemas de transporte vertical, como son los ascensores o elevadores, escaleras mecánicas y escaleras convencionales.
- Los sistemas de comunicación, como pueden ser intercomunicadores, megafonía y televisión por circuito cerrado, o los más utilizados sistemas de televisión por cable.
- Los sistemas de suministro de electricidad, agua y eliminación de residuos.

1.4 SUELOS

El diseño de la estructura de un edificio depende de gran medida de la naturaleza del suelo y las condiciones geológicas del suelo, así como de las transformaciones realizadas por el hombre en esos dos factores.

1.4.1 CONCEPTO DE SUELO

Tierra o suelo se define en ingeniería como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos.

1.4.2 CONDICIONES DEL SUELO

Si el edificio está edificado en una zona de actividad sísmica considerable este es uno de los factores que debe tomarse en cuenta tanto para el diseño como para el mantenimiento en el futuro del mismo. Ciertos suelos pueden llegar a licuarse al sufrir terremotos y transformarse en arenas movedizas. Los suelos con alto contenido orgánico llegan a comprimirse con el paso del tiempo bajo el peso del edificio, disminuyendo su volumen inicial y provocando el hundimiento de la estructura. Otros tienden a deslizarse bajo el peso de las construcciones.

Los terrenos modificados de alguna manera suelen tener un comportamiento diferente, en especial cuando se ha añadido o se ha mezclado otro tipo de suelo

De acuerdo al mapa anterior la provincia de Pichincha y dentro de ella, la ciudad de Quito se encuentran localizadas en una zona en la que los tipos principales de suelos existentes son: alofánicos, francos y arenosos.

1.4.3.1 Suelos alofánicos

Son suelos provenientes de cenizas volcánicas, depositadas en ambientes de alta pluviosidad. Geotécnicamente este tipo de suelo se clasifica como MH que deriva de cenizas volcánicas jóvenes con un alto porcentaje de alofano que fueron depositados en regímenes de alta pluviometría, suelos típicos de la región Sierra del Ecuador. La zona donde se encuentra este tipo de material se caracteriza por presentar una topografía suavemente ondulada y la cubierta de suelo arable en gran medida, constituida por suelos denominados “trumaos”.

Este tipo de suelo por su descendencia es muy poroso, cuya arcilla constitutiva es el alofano. Este posee características diferentes a las arcillas conocidas. El alofano le da a este tipo de suelo una textura difícil de clasificar, ya que teniendo un contenido muy elevado de tamaño inferior a 0.002 mm da la sensación al tacto que fuera un limo o limo arenoso. La textura es la de un suelo de relativo buen drenaje, ya que su índice de huecos es elevado y por lo tanto, cuando superficialmente esta con un bajo grado de saturación, es capaz de absorber una importante cantidad de agua.

Otro factor importante a considerar es el riesgo de erosión superficial, pues al secarse se transforma en un medio friable y polvoriento que es fácilmente erosionable. Este tipo de suelo es el predominante en el sector norte del país como se puede apreciar en el mapa anterior. Las características de este tipo de suelo deben ser tomadas en cuenta al momento de diseñar una estructura y sus cimientos; además, al proceder a realizar el mantenimiento de la estructura se debe tomar en cuenta las características de este.

1.4.3.2 Suelos francos

Es un suelo que tiene una mezcla relativamente uniforme en proporción de: arena, limo y arcilla. Es blando o friable dando una sensación de aspereza, además es bastante suave y ligeramente plástico. Al apretarlo en estado seco el

molde mantenerla su integridad si se manipula cuidadosamente, mientras que en estado húmedo el molde puede ser manejado libremente y no se destrozará.

1.4.3.3 Suelos arenosos

Las partículas de este tipo de suelo no son cohesivas y forma gránulos simples. Las partículas individuales pueden ser vistas y sentidas al tacto fácilmente. Al apretarse en la mano en estado seco se soltará con facilidad una vez que cese la presión. Al apretarse en estado húmedo formará un molde que se desmenuzará al palparlo.

Tabla 1.1. Sistema de clasificación USCS para suelos.⁴

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN USCS			
FINOS ($\geq 50\%$ pasa 0,08 mm)			
Tipo Suelo	Símbolo	Lim. Liq. WL	Índice de Plasticidad *IP
Limos inorgánicos	ML	< 50	< 0,73 (WL-20) ó < 4
	MH	> 50	< 0,73 (WL -20)
Arcillas inorgánicas	CL	< 50	> 0,73 (WL - 20) y > 7
	CH	> 50	> 0,73 (WL - 20)
Limos o Arcillas Orgánicas	OL	< 50	** WL seco al horno $\leq 75\%$ del WL seco al aire
	OH	> 50	
Altamente Orgánicas	Pt	Materia orgánica fibrosa, se carboniza, se quema o se pone incandescente	
*Si IP = 0,73 (WL-20) o si IP entre 4 y 7 e IP > 0,73 (WL - 20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH			
*Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente WL seco al horno			
En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica. Ej.: CH - MH en vez de CL - ML			
Si WL = 50; CL - CH o ML - MH			

⁴ GRUPO POLPAICO; Mecánica de suelos; PDF [en línea]; [Fecha de consulta: 23 noviembre 2011]; Disponible en: http://dc225.4shared.com/doc/d7wAnqz_/preview.html

Símbolo del grupo	NOMBRES TÍPICOS
ML	Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH	Limos orgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con distoméas, limos elásticos
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media o alta
Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos.

1.4.3.4 Características de los suelos MH

Este tipo de suelo son limos arcillosos con $LL > 50\%$

Este tipo de suelos varía entre 0.00 y aproximadamente 1.5 m. de profundidad, son suelos de baja resistencia aproximadamente 5.0 Ton/m^2 , no requieren estudio de suelos para construcciones normales de 2 pisos, de allí en adelante es necesario mediante estudio de suelos determinar el estrato de suelo portante de acuerdo a lo que se tenga proyectado construir, para poder determinar el tipo de cimentación que se requerirá. En términos generales la resistencia a cortante del suelo es siempre mayor que las cargas que se transmiten; de ahí que la limitante de la capacidad de soporte del suelo es la determinación del tipo de cimentación, sus dimensiones y su profundidad, para mantener la magnitud de los asentamientos por debajo de cierto límite permisible.

1.5 CIMENTACIONES

La cimentación es la parte soportante de una estructura. Este término se aplica usualmente en forma restrictiva al miembro que transmite la carga de la superestructura a la tierra, pero en un más completo sentido, la cimentación incluye al suelo y a la roca que están debajo.

Es una transición o conexión estructural cuyo proyecto depende de las características de ambos, la estructura y el suelo o la roca.

Una buena cimentación debe cumplir tres requisitos:

- Debe colocarse a una profundidad adecuada para impedir los daños de las heladas, los levantamientos, las socavaciones o los daños que puedan causar futuras construcciones cercanas.
- Debe ser segura contra la falla del suelo.
- No debe asentarse tanto que desfigure o dañe la estructura.

Estos requisitos serán considerados en el orden aplicado. Los dos últimos pueden ser establecidos con razonable exactitud por los métodos de la mecánica del suelo y de la roca, pero el primero envuelve la consideración de muchas posibilidades, algunas muy lejos del dominio de la ingeniería.

1.5.1 CIMENTACIONES SUPERFICIALES

1.5.1.1 Cimentaciones de zapata

Una zapata es un agrandamiento de una columna o muro para reducir la presión sobre el suelo a la máxima admisible. El cimiento de forma cuadrada es la más económica desde el punto de vista de la construcción. La forma rectangular se usa cuando la distancia entre columnas no permite la forma cuadrada o cuando se unen dos o más cimientos cuadrados para formar uno solo rectangular debajo de varias columnas.

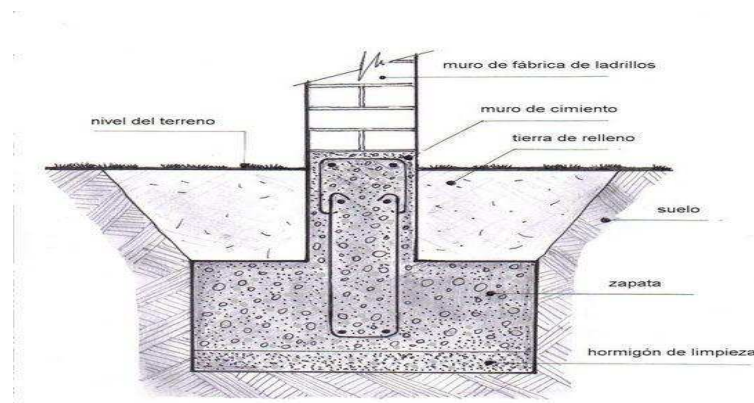


Figura 1.5. Zapata rígida.⁵

⁵ CONSTRUMATICA; Zapata Rigida ; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 24 noviembre 2011]; Disponible en: <http://www.construmatica.com/construpedia/Archivo:Zapata-R%C3%ADgida.jpg>

1.5.1.2 Cimentaciones corridas

Es un cimiento continuo que soporta tres o más columnas en línea recta y consiste en un número de cimientos aislados o zapatas que se han unido. Este tipo de cimentación se emplea por dos motivos: para dar continuidad estructural y para lograr economía en la construcción.

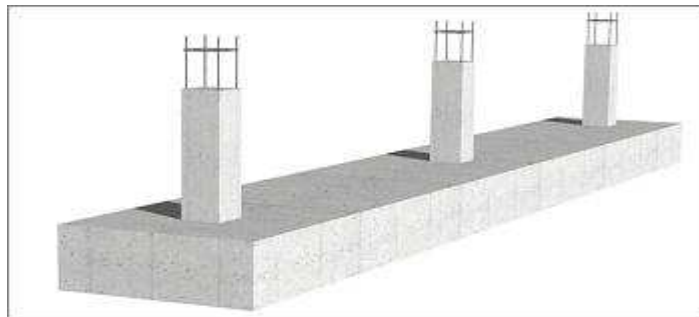


Figura 1.6. Zapatas corridas.⁶

1.5.1.3 Cimentaciones sobre placas o flotantes

Es una cimentación combinada que soporta más de tres columnas que no están en la misma línea. Este tipo de cimentación proporciona la máxima área de cimentación para un espacio determinado y la menor presión sobre la cimentación y, por lo tanto, la máxima seguridad contra la falla del suelo.

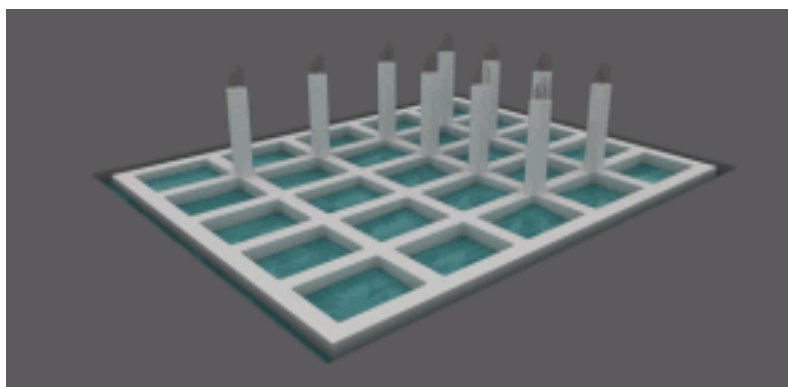


Figura 1.7. Cimentaciones sobre placas o flotantes.⁷

⁶ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 25 noviembre 2011]; Disponible en: <http://kev-cimentaciones.site90.net/wp-content/uploads/2010/05/zapata-corrída.jpg>

⁷ ENCOFRADOS FEJAM; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 25 noviembre 2011]; Disponible en: <http://fejam.com/blog/?p=12>

1.5.2 CIMENTACIONES PROFUNDAS

Este tipo de cimentaciones se usan cuando el terreno firme no se encuentra en la superficie sino a mayor profundidad. La cimentación profunda más usada es la cimentación por pilotes.

1.5.2.1 Pilotes

Un pilote es un elemento de cimentación de gran longitud comparada con su sección transversal, que enterrado consigue una cierta capacidad de carga, suma de su resistencia por rozamiento con el terreno y su apoyo en la punta.

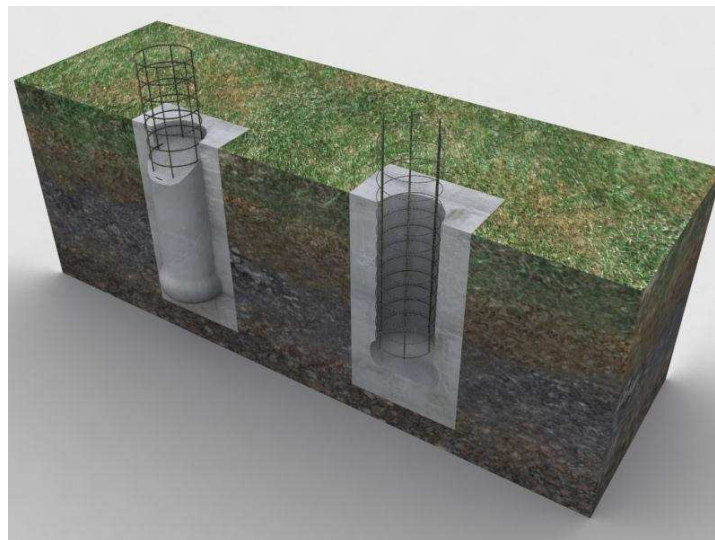


Figura 1.8. Modelo virtual de un pilote.

1.5.2.2 Función de los pilotes

Cuando el suelo situado al nivel en que se desplantaría normalmente una zapata o una losa de cimentación, es demasiado débil o compresible para proporcionar un soporte adecuado, las cargas se transmiten al material más adecuado a mayor profundidad por medio de pilotes.

Su utilización será requerida cuando:

- Las cargas no pueden transmitirse al terreno con una cimentación superficial.
- Asientos imprevisibles pero existiendo terreno profundo resistente.
- Cuando el terreno de cimentación puede sufrir grandes variaciones (retracción).

- Estructuras sobre agua.
- Cargas inclinadas.
- Realce de cimentaciones existentes.

La ejecución de los pilotes será de dos maneras: por hinca o por hormigón in situ. Actualmente los pilotes alcanzan profundidades de 50 m o superiores y diámetros de 2 a 4 m, con cargas por encima de las 200 toneladas.

Tabla 1.2. Sistema de pilotaje.

Ejecución	Material	Geometría
Hinca	Hormigón	Cilíndricos Cuadrados Hexagonales
Hinca	Metálicos	Tubo Perfil laminado
In situ	Hormigón (de extracción de tierras) Hormigón (de desplazamiento)	

1.6 ESTRUCTURA DE UN EDIFICIO

La estructura de un edificio es un esqueleto tridimensional, pero por lo general se considera como rígida en un plano solamente. Algunos edificios son rígidos tanto en el plano XY como en el plano XZ. La estructura plana que se obtiene de considerar solamente los elementos principales de la misma y/o la rigidez se llama marco y puede tener una altura de uno o más pisos.

La separación de los marcos según la tercera dimensión constituye las cirugías. Las vigas de borde y de piso se usan para salvar las cirugías en edificios de muchos pisos con traveses tendidas entre las columnas de los marcos.

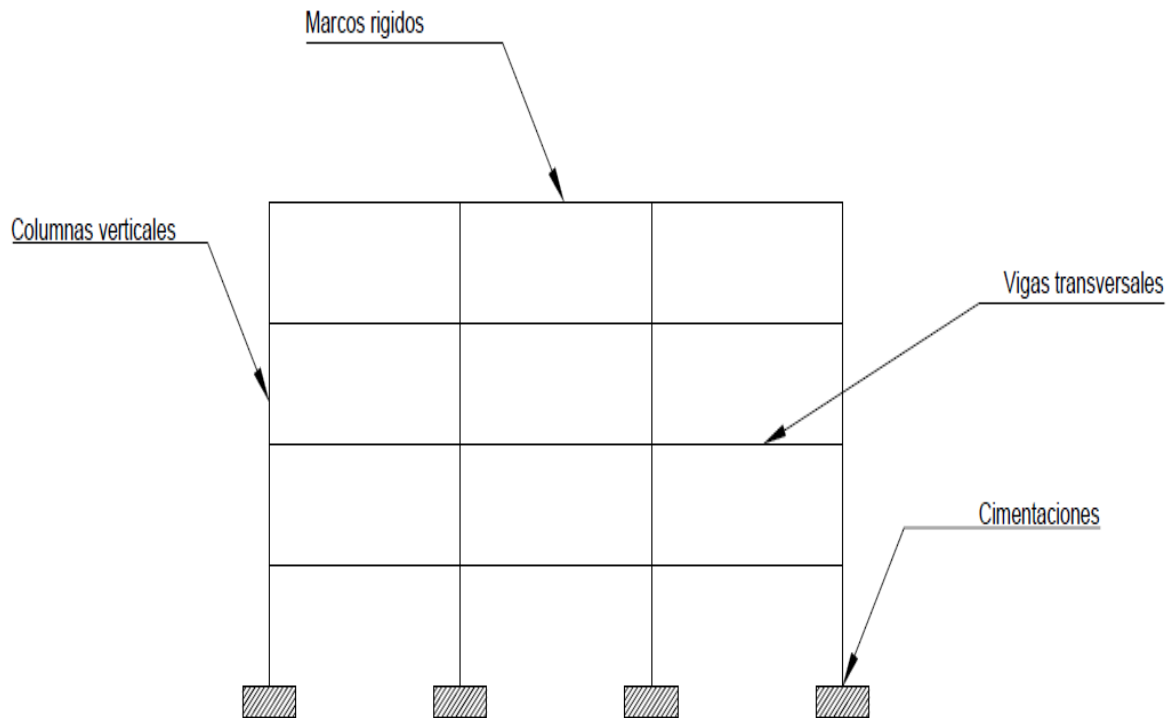


Figura 1.9. Estructura principal de un edificio.

La característica principal de los edificios de más de 2 pisos es la de resistir cargas horizontales. Estas pueden ser debidas al viento o a sismos.

Si los edificios no son demasiado esbeltos o demasiados flexibles (más precisamente, cuyo período natural de vibración se sitúa por debajo de 1 segundo), la acción del viento se traduce en una presión lateral que puede aceptarse que se encuentra actuando estáticamente.

La actividad sísmica en nuestro país varía según la región y en las zonas de mediano o alto riesgo este estado de sollicitación pasa a ser determinante para el proyecto de la estructura. El sismo se manifiesta como un movimiento de la base de la construcción. Para el cálculo antisísmico de edificios corrientes se basa en reemplazar la acción sísmica por un conjunto de fuerzas estáticas horizontales equivalentes. Dependiendo de la altura del edificio puede suponerse una variación lineal de la fuerza verticalmente, muchas veces al final de esta fuerza distribuida se adiciona una fuerza concentrada en el extremo superior para mejorar la representación de las fuerzas equivalentes.

La estructura de un edificio debe poseer resistencia y rigidez. Resistencia para poder garantizar la seguridad mínima requerida frente a las posibilidades de colapso de la construcción. Rigidez para evitar deformaciones o desplazamientos excesivos, controlar las vibraciones y contribuir a la estabilidad del edificio.

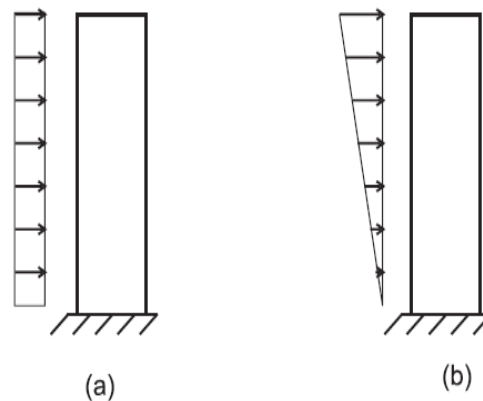


Figura 1.10. Cargas de viento (a) y de sismo (b) sobre un edificio.

Además de las propiedades antes citadas, se debe agregar el requerimiento de ductilidad para las estructuras antisísmicas.

Un sistema resultará eficiente si las condiciones de rigidez no hacen aumentar las secciones de los elementos estructurales más allá de los valores que poseen para cumplir las condiciones de resistencia.

Puede observarse que un edificio es, globalmente, un voladizo sujeto en su base y solicitado por cargas (axiales, laterales y momentos) a lo largo de toda su altura.

1.7 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

1.7.1 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA ESTRUCTURA

Los elementos que conforman la estructura de un edificio en altura pueden agruparse en elementos principales y elementos de distribución.

1.7.1.1 Elementos principales

Son cada uno de los voladizos que forman la estructura principal del edificio. Se considerará aquí tres elementos básicos: pórtico, tabique y tubo. Los dos primeros son elementos planos y el tercero, espacial.

1.7.1.1.1 *Trabes, vigas y columnas*

Constituyen un sistema estructural configurado de tal manera que las cargas aplicadas sean distribuidas por medio de la adecuada disposición de elementos verticales y horizontales.

Los miembros verticales están referidos a postes o columnas y resisten principalmente esfuerzos de compresión.

Los miembros horizontales están referidos a vigas o trabes, trabajan principalmente a flexión y le otorgan equilibrio a la estructura. En términos prácticos, un trabe es una viga de sección grande con vigas de menor sección conectadas a este.

El tamaño y perfil de los elementos estructurales depende de la carga que deberán soportar los mismos.

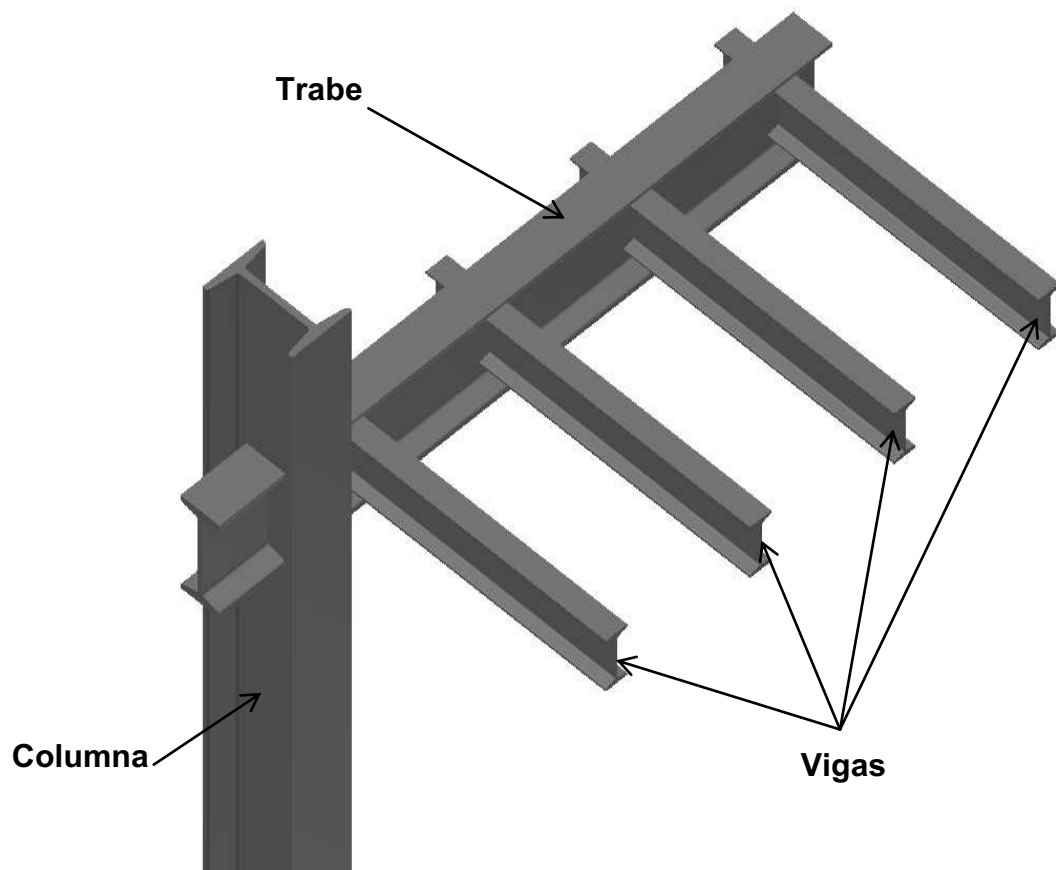


Figura 1.11. Trabes, vigas y columnas.

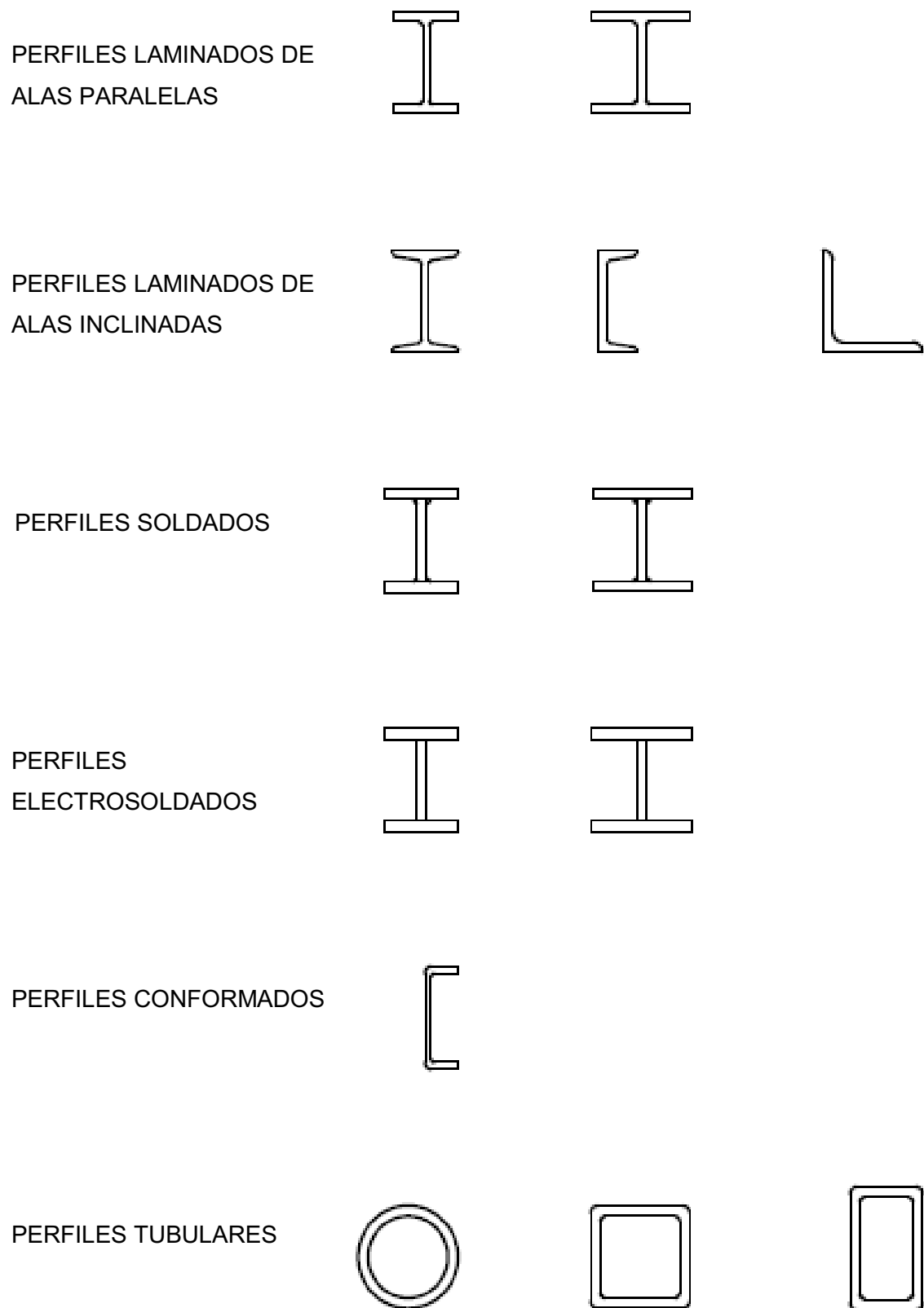


Figura 1.12. Tipos de perfiles utilizados como vigas, traveses y columnas.

1.7.1.1.2 Pórtico

También se lo denomina marco. Es un pórtico plano formado por vigas y columnas unidas rígidamente. Es un elemento estructural flexible. La deformación, para el caso de cargas laterales, está dada principalmente por la flexión de columnas y vigas y, globalmente, se deforma en un modo de corte. Las distorsiones de piso dependen del esfuerzo de corte global en cada piso son mayores en los pisos inferiores.

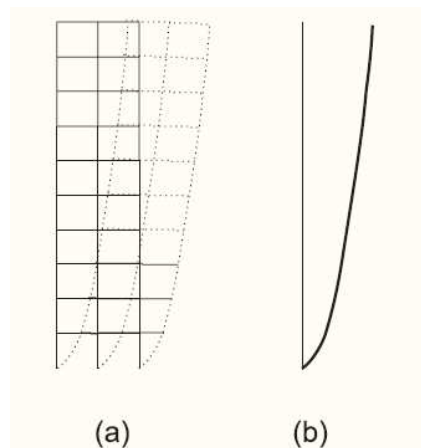


Figura 1.13. Pórtico (a) Deformado; (b) Modo de deformación de corte.

1.7.1.1.3 Tabique

También denominado pared, muro de corte o pantalla. Es un voladizo de alma llena. Su deformación frente a cargas horizontales, se produce en modo de flexión. La curvatura en cada sección depende del valor del momento flector y es máxima en la base,

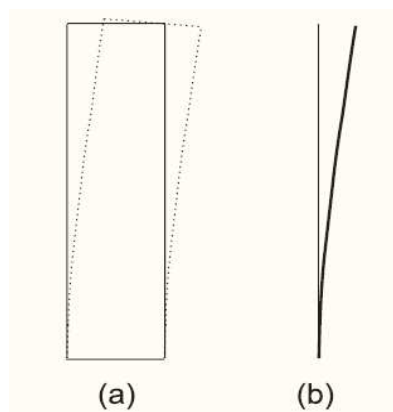


Figura 1.14. Tabique (a) Deformado; (b) Modo de deformación de flexión.

1.7.1.1.4 Tubo

Esta estructura consiste en un conjunto de vigas traveseras y columnas dispuestas sobre la periferia formando una especie de tubo perforado. La distribución de tensiones entre sus elementos se aparta de la correspondiente a una viga de alma llena. La deformación de este elemento es indeterminada a las deformaciones de flexión y de corte mencionadas anteriormente.

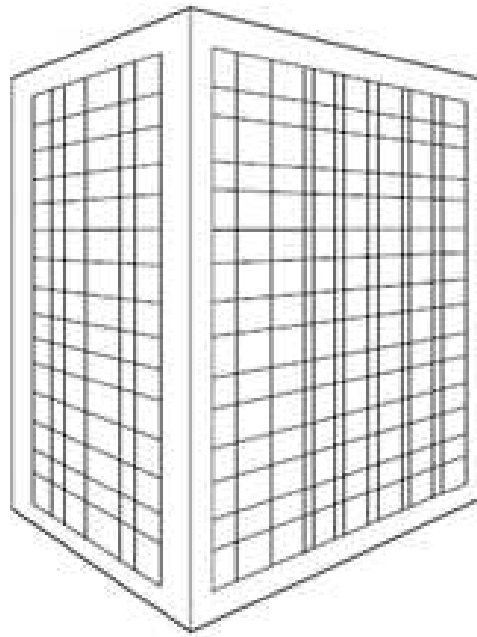


Figura 1.15. Tubo estructural.

1.7.1.2 Elementos de distribución

Son elementos que vinculan a los elementos principales. El caso típico es el de las losas de un edificio. Estas trabajan solicitadas por fuerzas en su plano y establecen una vinculación entre los desplazamientos de los diferentes elementos principales. Deben poseer adecuada resistencia y rigidez. La rigidez de estos elementos es fundamental para efectuar la distribución de fuerzas en la estructura principal.

1.7.1.3 Muros

Los muros portantes soportan los forjados de los edificios. Por este motivo, en los edificios que se emplean muros de carga, éstos se sitúan en al menos dos de las fachadas, lugar donde, dado su mayor grosor, son además particularmente

adecuados como barrera térmica y acústica. De existir más muros de carga, éstos se dispondrán paralelos a los de fachada. Es relativamente fácil distinguirlos de los tabiques no estructurales por su mayor grosor.

Sin embargo, en edificios mal contruidos, especialmente si son antiguos, no es inusual que la estructura se deforme y se asiente, terminando por apoyar en la tabiquería interior, con lo que ésta pasa a formar parte activa de la estructura.

Los muros de relleno sirven tan solo para dividir los espacios dentro del edificio, estos no cumplen ninguna función de soporte en la estructura.

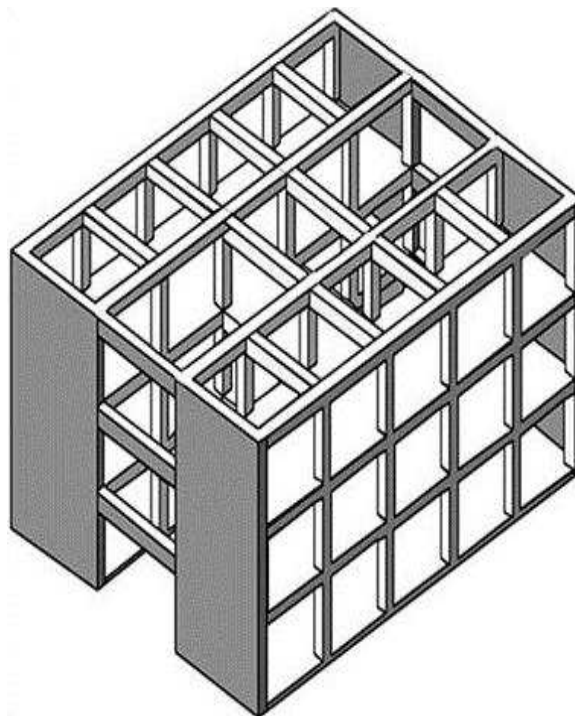


Figura 1.16. Muros dentro de la estructura de un edificio.

1.7.1.4 Placa base

Las placas base son elementos estructurales de conexión que constituyen la interface entre las columnas de acero y la cimentación de concreto. Una placa base recibe las cargas de la columna de acero y las distribuye en un área mayor del concreto localizado bajo dicha placa. El área de distribución debe ser lo suficientemente grande para impedir que el concreto se sobreesfuerce y se fracture por aplastamiento.

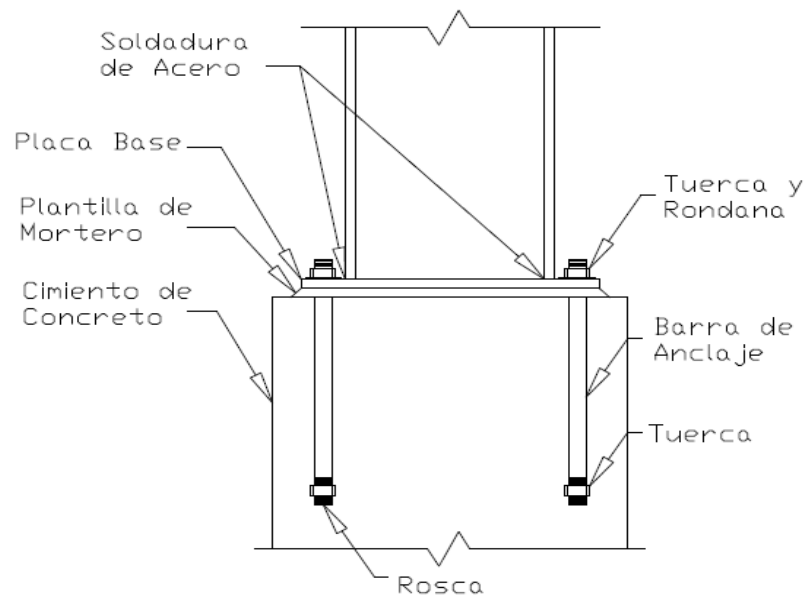


Figura 1.17. Conexión de la base de una columna de acero.

Entre la placa base y la cimentación de concreto, existe una plantilla de mortero que sirve como conexión para transmitir adecuadamente las fuerzas compresivas y también sirve para nivelar la placa base.

1.7.1.5 Arriostramientos

Los arriostramientos son arreglos estructurales que se utilizan cuando un modelo de sólido no es estable y se desea convertirlo en uno. En esencia ante cambios en la configuración teórica de la estructura generan fuerzas que tienden a restituirla.

Una estructura está adecuadamente arriestrada cuando cualquier cambio arbitrario de su configuración implica la deformación de elementos que generan fuerzas suficientes como para resistir la configuración original.

La estabilidad de un edificio depende de que en el caso de cualquier alteración de la geometría o de las cargas teóricas se generan fuerzas suficientes para restituir la posición primitiva (en el caso de un edificio teóricamente perfecto o para limitar el crecimiento de la deformación en el caso de un edificio real).

El arriostramiento más simple y el más utilizado en los edificios es la cruz de San Andrés, que consiste en 2 tirantes que pueden trabajar alternativamente en tracción aunque hay otras alternativas que precisan barras que puedan trabajar alternativamente a compresión.

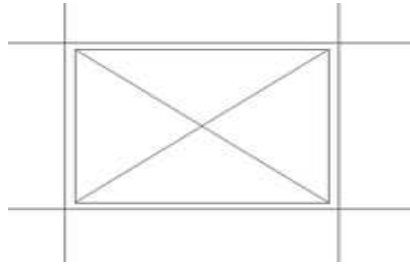


Figura 1.18. Arriostramiento cruz de San Andrés.

1.7.2 SISTEMAS ESTRUCTURALES

Los elementos estructurales descritos anteriormente se agrupan dando lugar a distintos sistemas estructurales. Cada uno de estos sistemas puede resultar adecuado para determinados rangos de alturas de edificios. Al aumentar la altura del edificio se llega a un punto en el cual la rigidez y no la resistencia pasa a ser el limitante. Debe tomarse en cuenta que basta con estudiar el comportamiento del edificio para acciones que lo solicitan según dos direcciones principales en su planta.

1.7.2.1 Los sistemas de pórticos

Este sistema está estructurado exclusivamente con pórticos. Es un sistema flexible. Si se desea incrementar la rigidez debe incrementarse la sección (el momento de inercia a flexión) de las vigas o columnas, o disminuir la longitud de las vigas) por interposición de más columnas). Este sistema es eficiente para alturas no mayores de 15-20 pisos.

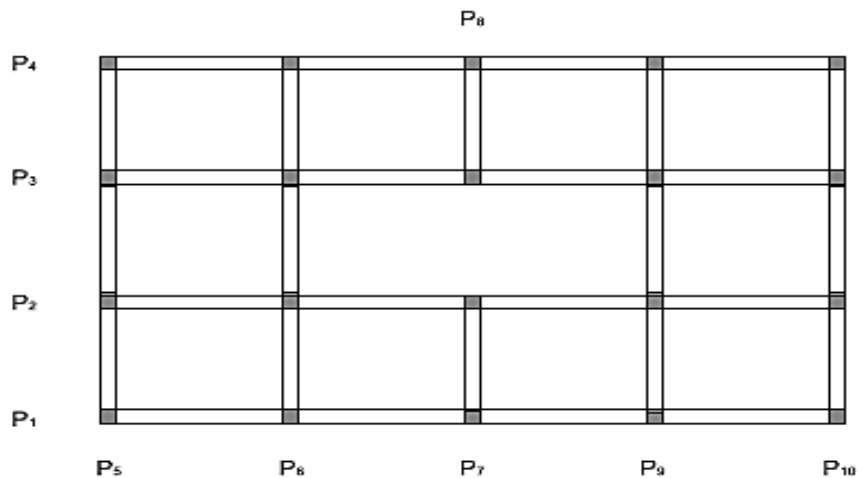


Figura 1.19. Sistemas de pórticos.

1.7.2.2 Sistema de tabiques y tabiques acoplados

En este sistema la resistencia a cargas horizontales está confinada exclusivamente a tabiques. El caso de tabiques acoplados se da cuando dos (o más) tabiques coplanares son conectados entre sí por medio de vigas (dinteles) a nivel de cada losa. El acoplamiento de los tabiques confiere a éstos una mayor rigidez y mejora su comportamiento.

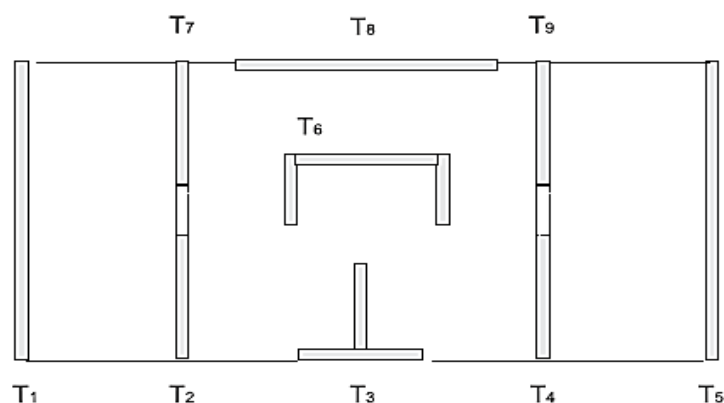


Figura 1.20. Sistemas de tabiques y tabiques acoplados.

1.7.2.3 Sistema de pórticos y tabiques

Es un sistema de buen comportamiento. En él coexisten pórticos y tabiques actuando en la misma dirección. Cada uno de ellos contribuye a suplir las falencias del otro. La deformación del pórtico es del tipo de corte y la del tabique, de flexión. Bajo la suposición de diafragmas rígidos en cada piso, las deformaciones de ambos tipos de estructuras están obligados a igualarse y así la deformada será en un modo intermedio. En los pisos inferiores el pórtico se deforma mucho y el tabique muy poco. Este último absorberá la mayor parte del esfuerzo cortante de las cargas externas en esos pisos y el pórtico se “apoya” en el tabique. En los pisos superiores, por el contrario, la deformación relativa del pórtico es pequeña y la del tabique grande. En este caso el esfuerzo cortante externo es soportado por el pórtico y el tabique se “cuelga” de él. Se ha logrado construir edificios de hasta 40 pisos con este sistema.

1.7.2.4 Sistema de viga-pared escalonada

Este es un sistema relativamente nuevo, de utilización en caso de construcciones prismáticas alargadas como pueden ser edificios públicos, monoblocks, etc.

En cada piso hay tabiques que se van alternando tanto en planta como en altura. La deformación de ellos está limitada por su conexión a través de diafragmas rígidos. Por ejemplo en la planta baja el plano resistente k es muy flexible al tener solamente dos columnas trabajando a flexión, pero el plano $k+1$ es muy rígido pues está lleno con un tabique. Como resultado ese piso se deformará muy poco. Para el resto de los pisos vale un análisis similar. Debe destacarse que este sistema precisa diafragmas rígidos y que el trabajo de éstos en la transmisión de esfuerzos entre los diferentes planos resistentes es crucial para el funcionamiento del sistema. Los diafragmas horizontales deben por lo tanto ser adecuadamente dimensionados para trabajar bajo cargas en su plano. La ventaja de este sistema es la posibilidad de obtener grandes luces libres (del orden del 7 a 20 m). Se han construido edificios de hasta 40 pisos con este tipo de estructuras.

1.7.2.5 Sistemas de tubos estructurales

Este sistema tiene la ventaja de poder disponer de columnas más próximas entre sí y tener mayor sección de vigas y columnas que en el caso de pórticos. La separación entre columnas es del orden de 1.5 m a 3 m y la altura de vigas puede ser de 0.60 a 1.50 m.

Entre las ventajas de este sistema pueden mencionarse:

- Presenta mejor distribución de la estructura, al ubicarla en el perímetro (mayor momento de inercia de la sección global); a la vez que confiere una buena resistencia y rigidez a la torsión del edificio.
- Las columnas y vigas interiores son solamente para resistir las cargas gravitacionales. Esto posibilita una tipificación de la construcción.
- Puede darse mejor aprovechamiento al interior

Con este sistema, y sus variantes: tubos incluidos (tube-in-tube), tubos combinados o tubos con diagonales en fachada, se han construido los edificios más altos en las décadas de 1970-1980: con alturas de entre 50 y 100 pisos.

1.7.2.6 Sistemas de tabiques centrales con vigas de transferencia a columnas

Los edificios más altos que se han proyectado, poseen una estructura que consiste en un gran tabique (usualmente un tubo estructural) ubicado en el centro de la planta del edificio, y una cantidad de mega columnas ubicadas en la periferia. Hay una cantidad pequeña de grandes vigas de transferencia (usualmente 3 o 4 para un edificio de más de 100 pisos) que conectan el tabique con las columnas. De esta forma éstas últimas colaboran con el tabique en la absorción del momento flector global, y el tabique se encarga de resistir el esfuerzo de corte global. Con este sistema se han proyectado edificios del orden de 125 pisos.

1.8 SOLICITACIONES EN LA ESTRUCTURA

1.8.1 SOLICITACIONES GLOBALES

Un edificio bajo fuerzas de viento o sismo se puede mirarse globalmente como un voladizo con cargas transversales. La estructura principal del edificio será interpretada como un conjunto de planos resistentes, o elementos estructurales, trabajando cada uno de ellos como voladizos y conectados entre sí por losas o diafragmas en cada piso. Puede haber pórticos coplanares o cada uno pertenecer a un plano distinto. La fuerza que ejerce el viento se la analiza en cada piso así como las fuerzas debidas a sismos. Con los valores antes mencionados de fuerzas se pueden calcular fácilmente para cada piso los valores de esfuerzo cortante y momento flector globales sobre el edificio.

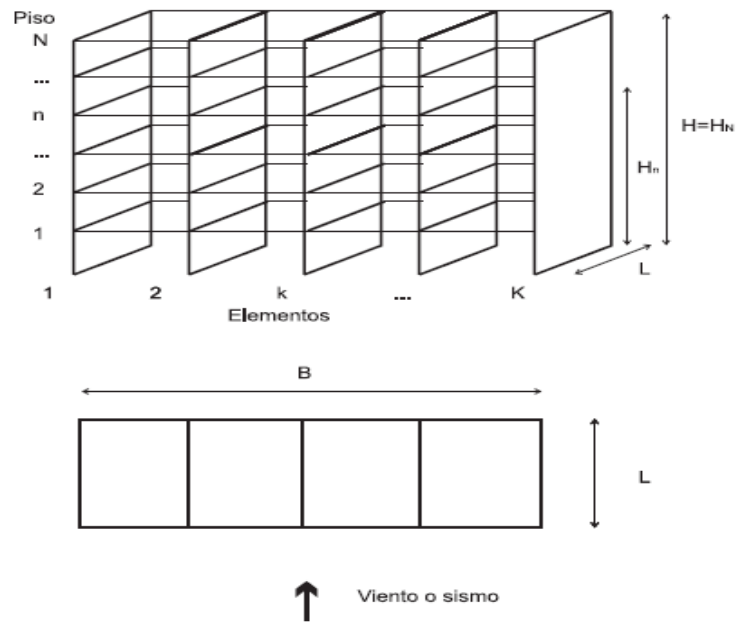


Figura 1.21. Estructura de un edificio.

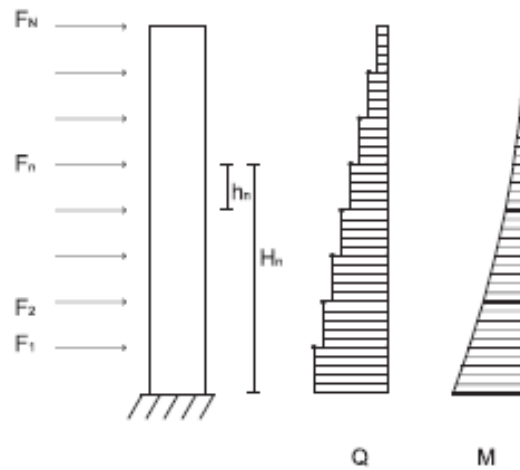


Figura 1.22. Diagrama de solicitaciones para fuerzas de viento.

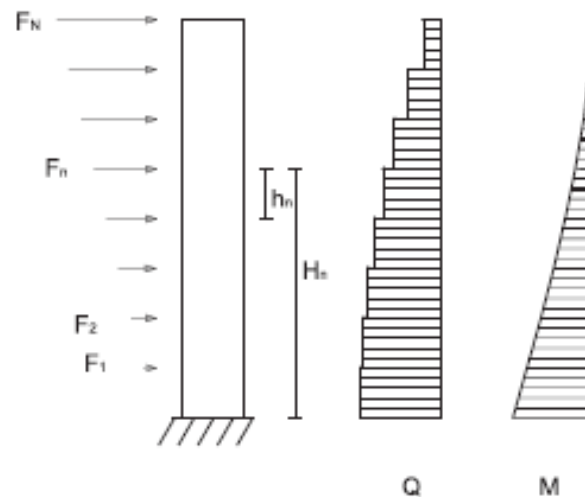


Figura 1.23. Diagrama de solicitaciones para fuerzas de sismo.

1.8.2 TIPOS DE CARGA QUE SOPORTA EL EDIFICIO

1.8.2.1 CARGA MUERTA

Con el objeto de calcular las cargas muertas de un edificio, debe hacerse un croquis preliminar del mismo, mostrando las características estructurales y arquitectónicas. Puede estimarse entonces la carga muerta como sigue:

- Multiplicando las áreas de los muros y paneles divisorios por su peso por metro cuadrado.
- Multiplicando el área de los pisos por su peso por metro cuadrado.
- Estimando el peso de la estructura, incluyendo vigas, columnas y armaduras de techo, como entre 32 y 48 kg/m³ de volumen comprendido en el edificio.
- Tomando en cuenta los conceptos varios, como escaleras y cubos de elevadores.

Para calcular el peso de armaduras de acero se usan a menudo las siguientes fórmulas:

$$W_s = C \left(\frac{wL}{f} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$W_s = C' \left(\frac{wL}{f} \right)^{\frac{2}{3}}$$

\$W_s\$ = peso de acero en las armaduras y arriostramientos, en kg/m² del área proyectada del techo

w = carga total, viva y muerta, sobre la armadura, incluyendo su peso propio, en kg/m^2 de área proyectada del techo.

L = claro de la armadura, en metros, entre centros de apoyo.

f = esfuerzo permisible en tensión, en kg/m^2

C = constante numérica, del orden de 8.39 a 11.9

C' = constante numérica, del orden de 1.63 a 2.18⁸

Dependiendo del tipo de construcción que se desea, la protección contra el fuego podría aumentar el peso de la carga muerta debido a que dependiendo del material que se usa para este fin.

1.8.2.2 CARGA VIVA

Las estructuras para techo se diseñan por lo general para cargas uniformemente distribuidas, ocasionadas por nieve, viento o granizo. La magnitud de esta carga de diseño depende de la localización de la estructura, su orientación con respecto a la luz del sol y a la dirección del viento, así como de la pendiente del techo.

La mayoría de los códigos de construcción especifican que los pisos y sus estructuras se diseñan para las cargas vivas que se esperan llegarán a soportar durante su vida útil, y los mismos indican las cargas vivas mínimas que deben usarse en el diseño de ciertos tipos de edificios.

En general, puede decirse que para apartamentos, hospitales y casas habitación, las cargas vivas varían de 195 a 340 kg/m^2 ; para hoteles y edificios de oficina 245 a 490 kg/m^2 ; para edificios públicos de 365 a 610 kg/m^2 . Las salas de reunión y corredores de edificios públicos se diseñan para 490 a 980 kg/m^2 .

De acuerdo a las normas establecidas se observa que las cargas para el diseño de pisos de edificios están generalmente del lado de la seguridad, especialmente en grandes áreas.

Es muy poco probable que todos los pisos de un edificio estén cargados simultáneamente en valores totales de diseño en un área grande de cada piso; por lo tanto, para el diseño de las columnas y cimentaciones de edificios de varios pisos es permisible, por lo general, una reducción de la carga viva total.

⁸ BRESLER, L. y SCALZI; Diseño de Estructuras en Acero; Limusa, Noriega Editores; 1997; pág.636; Ec. 12-1 y 12-2

1.8.2.3 CARGA DE VIENTO

La presión del viento en una superficie depende de la velocidad del viento, de la pendiente de la superficie, de la forma de ésta, de la protección contra el viento proporcionada por otras estructuras y de la densidad del aire, la cual disminuye con la altitud y la temperatura. Si el resto de los factores permanecen constantes, la presión debida al viento puede expresarse como:

$$p = C_d q = \frac{C_d \rho}{2V^2} d$$

p= presión sobre la superficie kg/m²

d= densidad del aire kg/m³

C_d= Coeficiente de empuje

q= presión dinámica

V= velocidad del viento⁹

Las velocidades del viento pueden alcanzar valores de hasta 240 km/h, pero este valor es excepcional; comúnmente se utilizan valores de 100 a 150 kg/m², para las cargas de viento sobre edificios.

Este estudio se lo realiza para edificios en los cuales las presiones de succión en el techo pueden despreciarse, además que sean no muy altos puesto que si no se cumple pueden variar las condiciones de confort en aquellos pisos.

El ente dedicado a la medición de las velocidades del viento en el Ecuador es el INHAMI el mismo que de acuerdo al sector ubicado presenta la siguiente tabla para las mismas.

Tabla 1.3. Velocidades del viento en el Ecuador.¹⁰

Wind Ecuador				
ID	No Est	NOMBRE	INAMHI	Wind_Vel (m/s)
1	1	San Cristóbal	M221	15
2	2	El progreso Socavón	M193	14
3	3	Cayapas	M154	3
4	4	Esmeraldas-Inocar(Las palmas)	M269	16

⁹ BRESLER, L. y SCALZI; Diseño de Estructuras en Acero; Limusa, Noriega Editores; 1997; pág.641; Ec. 12-4

¹⁰ INAMHI; Velocidades del Viento en el Ecuador; PDF [en línea]; [Fecha de consulta: 03 diciembre 2011];

5	5	Muisne	M153	12
6	6	San Gabriel	M103	8
7	7	Cahuasqui-FAO	M107	4.5
8	8	El Angel	M102	16
9	9	El Caramelo	M101	8
10	10	Inguincho	M001	18
11	11	Otavalo	M105	14
12	12	Olmedo-Pichincha	M023	18
13	13	La concordia	M025	10
14	14	San Antonio de Pichincha	M115	10
15	15	Tomalón-Tabacundo	MA2T	20
16	16	Tumbaco	M114	12
17	17	Jama	M167	12
18	18	El Cármen	M160	6
19	19	La tola	M002	16
20	20	Quito-Iñaquito	M024	10
21	21	Palmoriente-Huashito	M293	12
22	22	Izobamba	M003	9.8
23	23	Papallacta	M188	12
24	24	Puerto ILA	M026	8
25	25	Chone	M162	6
26	26	San Lorenzo	M224	5
27	27	Inmoriec-El Vergel	M283	4
28	28	Manta Inocar	M047	12
29	29	Rocafuerte	M165	10
30	30	Pilalo	M122	10
31	31	Rumipamba - Salcedo	M004	13
32	32	Tena	M070	10
33	33	Nuevo Rocafuerte	M007	8
34	34	Portoviejo	M005	3.7
35	35	Pichilingue	M006	6
36	36	El corazón	M123	8
37	37	Pillaro	M127	10
38	38	Julcuy	M169	8
39	39	Olmedo-Manabí	M166	8
40	40	Vinces-INAMHI	M466	6
41	41	Pueblo Viejo	M172	8
42	42	Caluma	M169	10

43	43	Urbina	M390	20
44	44	Pedro Fermín Cevallos	M120	10
45	45	Querochaca-UTA	M258	20
46	46	Baños	M029	20
47	47	Puyo	M008	6
48	48	Pungales	M243	14
49	49	Camposano 2	M171	14
50	50	Babahoyo UTB	M051	4
51	51	San Pedro de Atenas	M131	10
52	52	Guaslan	M133	10
53	53	Sangay (P.Santa Ana)	M041	6
54	54	Chillanes	M130	14
55	55	Milagro Ingenio Valdez	M037	7
56	56	Ancon	M174	10
57	57	Guayaquil Inocar	M075	10
58	58	Ingenio San Carlos	M218	5
59	59	Bucay	M039	6
60	60	Chunchi	M136	18
61	61	Ingenio La Troncal	MA2U	10
62	62	Cañar	M031	12
63	63	Playas Gral. Villamil	M173	14
64	64	Naranjal	M176	8
65	65	El Labrador	M141	12
66	66	Biblian	M137	10
67	67	Paute	M138	8
68	68	Gualaceo	M139	5
69	69	Puná	M228	6
70	70	Pagua	M184	6
71	71	Machala-UTM	M185	8
72	72	Granja Santa Ines-UTM	M292	6
73	73	Yanzatsa	M190	8
74	74	Chacras	M482	6
75	75	Saraguro	M142	14
76	76	Zaruma	M180	8
77	77	Gualaquiza-INAMHI	M189	8
78	78	La Argelia-Loja	M033	17
79	79	Celica	M148	20
80	80	Gonzanama	M149	20

81	81	Malacatos	M143	10
82	82	Vilcabamba	M144	12
83	83	Cariamanga	M146	12
84	84	Zapotillo	M151	10
85	85	Yangana	M147	20

1.8.2.4 CARGA DE SISMO

Existen dos razones principales por las que el estudio de este factor es importante: uno es el de proteger al público de la pérdida de vidas y de heridas serias, y evitar que los edificios se derrumben o sufran de daños peligrosos bajo un sismo de intensidad leve o máxima. Las cargas de sismo se especifican de modo tal que se logren estos dos objetivos dentro de límites razonables y sin costo excesivo.

La resistencia a los sismos requiere de capacidad de absorción de energía o ductilidad, más que resistencia únicamente. Si un edificio es capaz de deformarse horizontalmente una cantidad varias veces mayor que a la correspondiente a la carga sísmica de diseño y mantener aun así su capacidad de carga vertical, será capaz de absorber temblores considerablemente mayores que el de diseño.

Además de la carga sísmica debe considerarse debidamente la ductilidad y la plasticidad de los edificios.

Las cargas sísmicas que actúan sobre la estructura durante un terremoto son efectos internos de inercia, que resultan de las aceleraciones a que se sujeta la masa del sistema. Las cargas reales dependen de los siguientes factores:

- a) Intensidad y carácter del movimiento del suelo, en el lugar en que se origina el temblor, y forma de transmisión al edificio.
- b) Propiedades dinámicas del edificio, tales como sus modos o períodos de vibración y sus características de amortiguamiento.
- c) Masa de edificio como un todo, o de sus componentes.

Se han hecho muchos avances en la ingeniería sísmica pero siguen existiendo algunas dudas como la intensidad probable y el carácter del sismo de diseño, las características de amortiguamiento de los edificios reales, los efectos de la

interacción entre el suelo y la estructura y los efectos de las deformaciones inelásticas.

Para conveniencia de diseño, el efecto de un sismo se considera como una carga estática equivalente que actúa horizontalmente sobre el edificio.

El cálculo mediante el cual se obtiene la carga de sismo obedece a la siguiente ecuación:

$$W_{ss} = \%V \cdot W_{pp}$$

$\%V$ = factor de amplificación de sismo

W_{pp} = carga de peso propio de diseño¹¹

En el Anexo 2 se presenta tablas para el factor de amplificación en el Ecuador proporcionados por el CEC.

1.9 ARMADURAS PARA TECHO EN EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

Una armadura es una estructura reticulada conformada generalmente por triángulos en los cuales todos sus elementos están sometidos principalmente a fuerzas axiales.

Los elementos de una armadura son generalmente rectos, se encuentran unidos por sus extremos y las cargas se aplican únicamente en los puntos de unión. Las armaduras pueden ser planas o espaciales.

1.9.1 COMPONENTES DE UNA ARMADURA

Una armadura está compuesta por:

1.9.1.1 Cuerda superior

Constituida por todos los elementos unidos en la parte superior de la armadura. Estas generalmente soportan las cargas ejercidas por la cubierta del techo, las mismas que deben estar concentradas en los nudos mediante la correcta disposición de los largueros.

¹¹ CEC; Código Ecuatoriano de la Construcción; Sección 4.3

1.9.1.2 Cuerda inferior

Constituida por todos los elementos unidos en la parte inferior de la armadura. Estas generalmente soportan las cargas ejercidas por las instalaciones eléctricas, hídricas, de aire acondicionado, iluminación, entre otras.

1.9.1.3 Elementos secundarios o miembros de alma

Son todos los elementos unidos en la parte interna de la armadura, los mismos que ayudan a soportar las cargas ejercidas sobre las cuerdas superior e inferior, es más, muchas veces algunos de estos elementos están sometidos a fuerza axial nula, únicamente se los coloca por razones estéticas, de simetría, rigidez y construcción. Dependiendo de su posición se denominan verticales o diagonales.

1.9.1.4 Nudos

Se denominan nudos a los puntos en donde se unen los miembros de alma con las cuerdas superior e inferior.

1.9.1.5 Tirantes

Son aquellos elementos secundarios sometidos a tensión.

1.9.1.6 Puntales

Son aquellos elementos secundarios sometidos a compresión.

1.9.1.7 Junta de talón

Es aquella junta en el apoyo de la armadura.

1.9.1.8 Cumbre

Es aquella junta en el pico más alto de la armadura.

1.9.1.9 Larguero

Es una viga apoyada sobre dos armaduras en las cuerdas superiores de las mismas.

1.9.2 TIPOS DE ARMADURAS PARA TECHO

El tipo de armadura de techo escogido para un edificio determinado depende en gran parte de la pendiente requerida del techo y de las condiciones de iluminación.

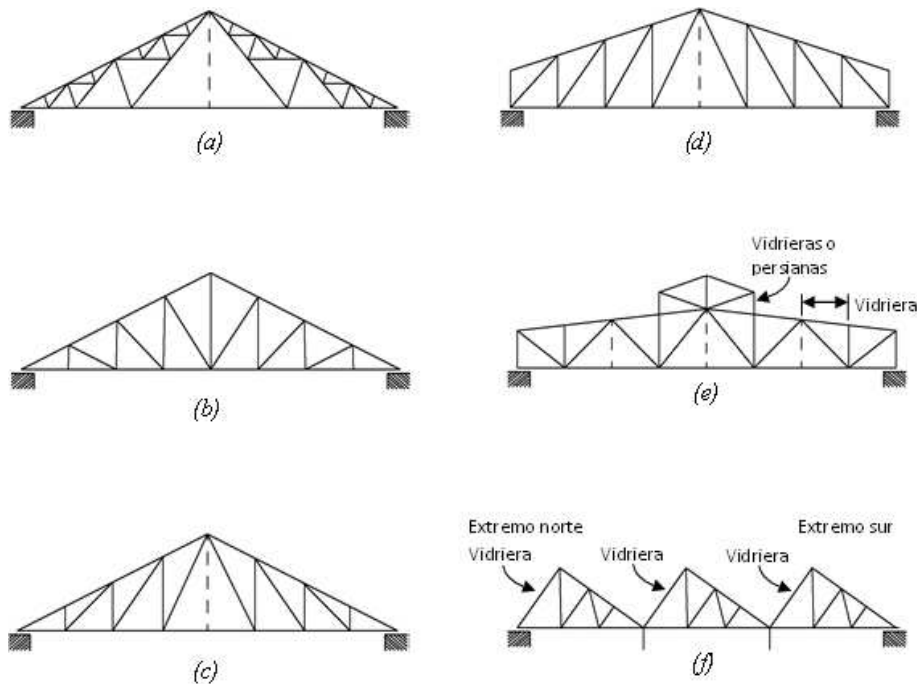


Figura 1.24. Armaduras de techo: (a) armadura Fink, (b) armadura Howe, (c) y (d) armadura Pratt, (e) armadura Warren con linternilla, y (f) diente de sierra.

1.9.2.1 Armadura Fink

Es adecuada para pendientes grandes, con declives mayores a los 15° . Este tipo de armaduras pueden dividirse en un gran número de triángulos, en función del espaciamiento de los largueros ya que es recomendable localizarlos en los vértices de los triángulos.

1.9.2.2 Armadura Howe

Es adecuada para pendientes medianas. En este tipo de armaduras los elementos verticales trabajan a tracción y los diagonales a compresión.

1.9.2.3 Armadura Pratt

Es adecuada para pendientes medianas. A diferencia de las armaduras Howe, los elementos inclinados se encuentran dispuestos en sentido contrario, es así que los verticales trabajan a compresión y los diagonales a tracción.

1.9.2.4 Armadura Warren

Es adecuada para pendientes pequeñas. Se caracterizan por formar triángulos isósceles ya que están formadas por elementos inclinados en sentidos alternados.

Cuando se desee, pueden montarse tragaluces o linternillas en la parte alta de la mayoría de las armaduras. A menudo se emplea una estructura en “**diente de sierra**” para diseños asimétricos que deban recibir iluminación natural.¹²

1.10 CONEXIONES EN EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

Una estructura está compuesta por un conjunto de elementos sometidos a diversos tipos de esfuerzos, los mismos que se transmiten de un elemento a otro a través de las uniones en sus extremos. Por tanto, la resistencia y seguridad de una estructura depende en forma directa de las conexiones de sus miembros. Muy pocas veces el colapso de una estructura se produce por una falla del miembro en sí, generalmente se presenta a causa de un deficiente diseño de las uniones entre elementos estructurales.

Un adecuado diseño contempla la producción de una junta segura considerando principalmente la complejidad de construcción y el costo de la misma.

1.10.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CONEXIONES

Básicamente se consideran tres tipos de conexiones:

- Atornilladas o empernadas
- Remachadas
- Soldadas.

Los principios de diseño de las uniones remachadas son muy similares a los de las empernadas, diferenciándose principalmente en los esfuerzos permisibles. La baja resistencia mecánica de las uniones roblonadas o remachadas imponía la necesidad de mano de obra especializada, la instalación era lenta y la inspección complicada. Por todo esto las uniones remachadas han sido remplazadas casi en su totalidad (en el caso de edificaciones) por las

¹² BRESLER, LIN y SCALZI; Diseño de Estructuras en Acero; Limusa, Noriega Editores; 1997; pág.653

atornilladas y soldadas.

1.10.1.1 La rigidez de la conexión

1.10.1.1.1 Conexiones simples

En una conexión simple o conexión tipo PR se ignora la restricción, se supone completamente flexible y libre para rotar y por ello, sin capacidad resistente a momentos.

1.10.1.1.2 Conexiones semirrígidas

Una conexión semirrígida es una conexión tipo PR cuya resistencia a la variación de los ángulos formados por los elementos conectados queda entre las de los tipos simple y rígida.

1.10.1.1.3 Conexiones rígidas

O conexiones tipo FR, en estas se supone un grado de restricción tal, que los ángulos originales entre los miembros conectados permanecen virtualmente sin cambio bajo cargas, considerando incluso la rotación de la junta.

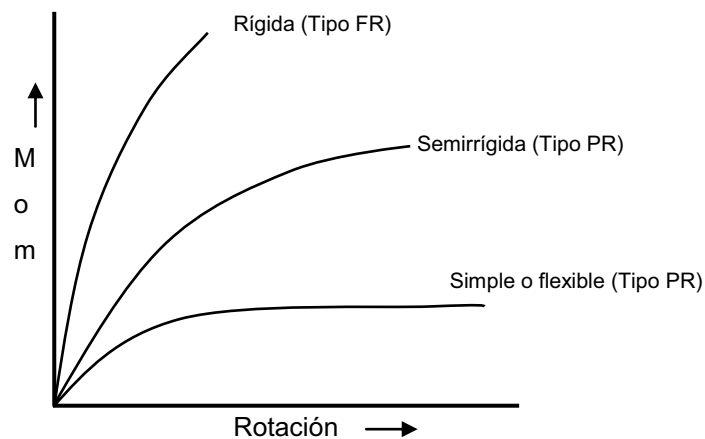


Figura 1.25. Curvas típicas momento-rotación para conexiones.¹³

Puesto que no se pueden alcanzar los extremos es decir que es utópico obtener conexiones perfectamente rígidas o completamente flexibles, todas las

¹³ McCORMAC, J.; Diseño de Estructuras de Acero: Método LRFD; Ed. Alfaomega; México; 2003; 2ª edición; pág. 494

conexiones son parcialmente restringidas PR en mayor o menor grado.

1.10.1.2 La geometría de la conexión

- Conexiones a base de angulares, utilizadas para unir las viguetas de piso y los largueros a las vigas y columnas.
- Conexiones soldadas que utilizan angulares y placas.
- Placas terminales en vigas.
- Angulares o placas utilizadas al costado de una vigueta de piso o viga.
- Angulares de asiento con o sin atiesadores.

1.10.1.3 La resistencia de la junta

1.10.1.3.1 Conexiones de aplastamiento

Conexiones donde la resistencia de la junta se toma como una combinación de la resistencia a cortante del conector y el aplastamiento del material conectado contra el conector¹³. Este tipo de comportamiento se desarrolla según ocurre suficiente deslizamiento para poner material conectado con la proyección trasera del conector, cerca de la carga de trabajo o diseño, como el cortante del conector es parte de la resistencia en el análisis de la conexión de aplastamiento, el área reducida para cortante de que se dispone para los conectores roscados cuando la rosca esté en cualquiera de los planos de deslizamiento requiere una reducción de carga de diseño, en la práctica, la presencia de la rosca en el plano de cortante dará por resultado un esfuerzo permisible de diseño más bajo, para el cortante en el sujetador¹⁴.

1.10.1.3.2 Conexiones de fricción

En las conexiones que se diseñan como conexiones de fricción se supone que su resistencia primaria se desarrolla como cortante en los conectores (tornillos o remaches) en el plano potencial de deslizamiento entre las partes conectadas. No se desarrollará ningún movimiento relativo entre las partes conectadas hasta que no se exceda sustancialmente la carga de diseño¹⁵.

1.10.2 CONEXIONES REMACHADAS¹⁶

Durante muchos años, los remaches eran el único medio práctico de producir

¹⁴ BOWLES, J.; Diseño de Acero Estructural; Ed. Limusa; México; 1996; 1º edición, pág. 399

¹⁵ BOWLES, J.; Diseño de Acero Estructural; Ed. Limusa; México; 1996; 1º edición, pág. 397

¹⁶ BOWLES, J.; Diseño de Acero Estructural; Ed. Limusa; México; 1996; 1º edición, pág. 399 - 401

conexiones metálicas fáciles y prácticas. El proceso requería punzonar o barrenar agujeros con una sobre medida de aproximadamente 1/16 pulg. (1.5 mm), se armaban las partes usando pasadores para alinear los agujeros, y usando uno o más tornillos para mantener juntas las partes temporalmente. Los remaches se calentaban en un fogón (portátil para usarlo en el lugar) hasta el rojo cereza (aproximadamente 980°C) y se insertaban en el agujero alineado a través de las varias partes que había que conectar. Un miembro de la cuadrilla de remachadores aplicaba entonces una butrola con un dado de cabeza a la cabeza manufacturada del remache para mantener el remache en su lugar y mantener la forma. Otro miembro de la cuadrilla usaba una pistola neumática con un dado de cabeza para forjar la parte proyectante de la espiga del remache y producir la otra cabeza. La operación de forja simultáneamente relaboraba el metal y producía un aumento de la espiga hasta llenar casi completamente el agujero a sobre medida. Esta relaboración y aumento en la espiga, junto con la contracción del remache caliente, producía la mayor parte de las veces una junta sustancial. La contracción del remache durante el enfriamiento es resistida por el material de la junta, y desarrolla tensión en el remache, de manera que una junta remachada ocupa una posición intermedia entre una conexión a fricción y una de aplastamiento (usualmente se supone una conexión del tipo de aplastamiento). Esta junta transmite la carga de diseño, principalmente por fricción entre las placas engrapadas que forman la junta.

La combinación de ajustar bien el remache más la contracción adicional que trata de efectuar conforme se enfría, produce esfuerzos de tensión los que en remaches bien colocados se acercan al F_y del metal del remache. Sin embargo, ocurren algunos problemas, los cuales incluyen el del sobrecalentamiento ocasional de los remaches, que tiene un efecto deletéreo en la resistencia. Si se enfría un remache muy por debajo de 540°C antes de que se complete la instalación, el metal no es tan resistente, puesto que el forjado es más bien un proceso de "formado en frío", y la elaboración en frío tiende a hacer frágil el metal. Si el remache no se aprieta bien al colocarlo, quedará flojo después de frío, y se puede detectar esto golpeándolo con un martillo. Un remache flojo no se puede volver a remachar para que quede apretado y es preciso extraerlo manualmente (cortarle la cabeza). La extracción de un remache es un trabajo lento y se requiere una cuidadosa inspección para asegurarse que la cuadrilla de remachadores no remate el borde de la cabeza del remache con un cincel y martillo para que parezca que está apretado cuando el inspector lo golpee con su martillo.

En la actualidad, y por varias razones, no se usa el remachado en las

estructuras de ingeniería, ni en los talleres de fabricación, ni en el campo:

- Los costos de mano de obra asociados con las grandes cuadrillas de remachadores.
- La cuidadosa inspección que se requiere en las juntas remachadas y los considerables costos para extraer remaches mal colocados.
- El desarrollo y la alta confiabilidad de los tornillos de alta resistencia.
- El desarrollo y la alta confiabilidad de la soldadura.
- El alto nivel de ruido asociado con el remachado, el que sería inaceptable, en las presentes normas ambientales, en la mayoría de las áreas urbanas.

1.10.3 CONEXIONES EMPERNADAS

Un perno es elemento de unión roscado externamente, el cual se inserta a través de agujeros en piezas ensambladas y destinado a ser apretado o aflojado mediante el giro de una tuerca.

Los pernos están formados por tres partes: cabeza perno o vástago y rosca. A pesar de identificárselos por su diámetro nominal, su resistencia a la tracción es función del diámetro efectivo, por lo que el área efectiva es la sección transversal que pasa por la rosca, que equivale a cerca de un 75% del área nominal¹⁷.

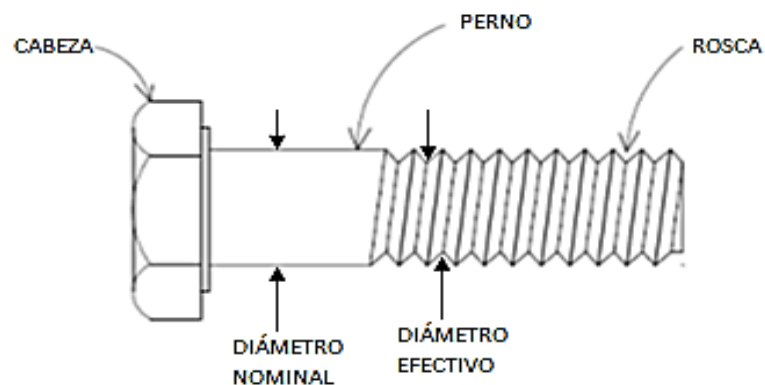


Figura 1.26. Partes de un tornillo.

1.10.3.1 Pernos comunes

Tienen baja resistencia mecánica, los más empleados se encuentran de acuerdo a las especificación norteamericana ASTM A-307, de 41.5 KN/cm^2 (4.150 kgf/cm^2) de resistencia a la falla por tracción.

Son utilizados solo para piezas secundarias, tales como parapetos, barandas y

elementos poco solicitados¹⁷.

1.10.3.2 Pernos de alta resistencia

Están destinados a utilizarse en las conexiones importantes; los más utilizados obedecen a los fabricados según la especificación norteamericana ASTM A-325, la misma que indica una resistencia a la ruptura de 82.5 KN/cm^2 (8.250 kgf/cm^2) para pernos con un diámetro menor o igual a 25,4mm y para pernos con un diámetro mayor a 25,4mm, establece un valor de 72.5 KN/cm^2 (7.250 kgf/cm^2).

Se usan también pernos de acuerdo a la especificación ASTM A-490, estos son aleados, tratados térmicamente y con una resistencia última a la ruptura de 103.125 KN/cm^2 (10.3125 kgf/cm^2).

Cuando es requerido un diámetro mayor a los 38.1mm se fabrican pernos de alta resistencia a partir de acero ASTM A-449.

1.10.4 CONEXIONES CON ESPÁRRAGOS SOLDADOS

Es muy común utilizar vástagos roscados, soldados por un extremo a un elemento de acero, particularmente a una placa o a un angular de conexión, aunque también son empleados como anclajes para conectar madera, mampostería u hormigón al acero.

Estos conectores de construcción compuesta son una aplicación ampliamente empleada en la construcción de edificios.

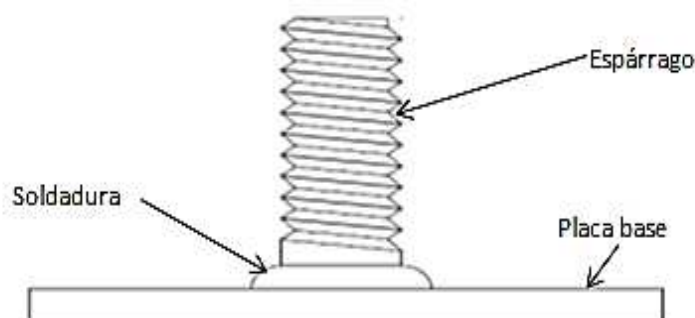


Figura 1.27. Espárrago soldado.

1.10.5 CONEXIONES SOLDADAS

La soldadura es la técnica empleada para la unión de dos o más componentes de

¹⁷ ANDRADE DE MATTOS DÍAS, L; Estructuras de Acero: Conceptos, Técnicas y Lenguaje; Ed. Zigurate Editora e Comercial Ltda. ILAFA; 2006, pág. 73

un elemento estructural, conservando la continuidad del material y sus propiedades mecánicas y químicas.

Las ventajas del uso de conexiones soldadas son: mayor rigidez de las conexiones; reducción de costos de fabricación (elimina perforaciones); menor cantidad de acero, pues las conexiones son más compactas que las conexiones atornilladas, permitiendo una mejor limpieza, pintura y ejecución en estructuras ya existentes¹⁸.

Una desventaja de las conexiones soldadas es la variación de medidas a causa de la expansión y contracción del material debidas a la gran cantidad de calor necesaria para la soldadura. Esto es especialmente importante en estructuras grandes donde existe un efecto acumulativo.

La soldadura por gas es muy poco utilizada, la mayoría de procesos utilizados en soldadura estructural son por arco eléctrico.

1.10.5.1 Tipos de soldadura

Los más comunes son:

- Soldadura de entalladura o penetración, en la que el metal de aporte es depositado entre los elementos a ser unidos. Este método es el mejor en cuanto a estética, tiene baja tolerancia de ajuste de los elementos y un costo elevado de preparación de la superficie.
- Soldadura de filete, en la que el metal de aporte es depositado externamente a los elementos a ser unidos. En lo que respecta a la construcción de edificios, la soldadura de filete es más sencilla y por ende la más empleada.

1.10.5.2 Especificaciones para la soldadura

Las juntas precalificadas, los procedimientos de soldadura y los procedimientos para calificar a soldadores están cubiertos por las Normas AWS D1.1 y D1.5. Según las normas, por lo general una soldadura de 8 milímetros se considera el tamaño máximo para un solo pase.

El costo de la preparación para la soldadura puede oscilar entre cerca de 1/3 y varias veces el costo del soldeo.¹⁹

1.10.5.3 Materiales de soldadura

Los aceros estructurales soldables permitidos en edificios se presentan en una lista

¹⁸ ANDRADE DE MATTOS DÍAS, L.; Estructuras de Acero: Conceptos, Técnicas y Lenguaje; Ed. Zigurate Editora e Comercial Ltda. ILAFA; 2006, pág. 75

con los electrodos requeridos, los cuales deben cumplir con las Normas AWS 5.1, 5.5, 5.17, 5.18, 5.20, 5.23, 5.25, 5.26, 5.28 o 5.29 o las provisiones aplicables de AWS D1.1 y D1.5.¹⁹

1.10.5.4 Procesos de soldadura

En el caso de estructuras para edificaciones, los procesos de soldadura por arco eléctrico más utilizados son:

- Soldadura por electrodo revestido SMAW, en el que el electrodo consiste en un alambre de acero consumible cubierto con un revestimiento que se funde bajo la acción del calor generado por el arco eléctrico. El alambre fundido constituye el metal de aporte, mientras que el revestimiento se transforma en escoria después de la fusión. Este proceso permite gran versatilidad en las posiciones de soldadura. Por todo esto es el proceso de preferencia en la obra, aunque hay que tener presente que por ser manual es susceptible a defectos.
- Soldadura por arco sumergido SAW, en el que se emplea un electrodo desnudo asociado a un dispositivo inyector de fundente. Gracias al calor generado por el arco eléctrico el alambre se funde soldando las partes, mientras que el fundente es depositado sobre la soldadura para protegerla del medio. Al ser un proceso automático permite obtener cordones de gran calidad. Este proceso presenta dificultades de movilidad y posición de soldadura, por esto está destinado a operaciones de fábrica.

1.10.6 CONEXIONES CON COMBINACIÓN DE SOLDADURAS Y PERNOS

Pueden presentarse ocasiones en las que es necesario usar pernos trabajando en combinación con soldaduras, este es el caso de reparaciones de estructuras viejas, o en su defecto en obras nuevas cuando los espacios de trabajo y las holguras son mínimos.

Al hacerse modificaciones utilizando soldadura, puede suponerse que los remaches existentes, así como los pernos de alta resistencia apretados adecuadamente, soportarán los esfuerzos causados por las cargas muertas

¹⁹ Elaborado por GARCÉS D.; ZALDUMBIDE J.

existentes y que la nueva conexión soldada soportará todos los esfuerzos adicionales.

En obras nuevas en las cuales se utilicen conexiones empernadas por apoyo o por aplastamiento, no puede hacerse ninguna combinación con soldadura para soportar la carga total. Las soldaduras son más rígidas y por ende evitan que las cargas se transmitan a los pernos, hasta después de que dichas soldaduras hayan fluido. Si se utilizan soldaduras, deben diseñarse para soportar la totalidad de los esfuerzos en la conexión. En obras nuevas, cuando la instalación de pernos de alta resistencia en conexiones por fricción se realiza de una manera adecuada, se puede considerar que las soldaduras compartan la carga con los pernos, es entonces que, dichos pernos suministran una resistencia al deslizamiento suficiente para considerar que actúan simultáneamente con las soldaduras.

1.11 PROTECCION DEL ACERO ESTRUCTURAL CONTRA EL FUEGO

Aunque el acero es incombustible, su resistencia se reduce considerablemente cuando se ve expuesto a las temperaturas alcanzadas normalmente durante los incendios.

El acero es un excelente conductor de calor y los elementos de acero no protegidos contra fuego pueden transmitir suficiente calor, desde una zona incendiada, para inflamar los materiales con los que están en contacto dichos elementos en zonas adyacentes del mismo edificio.

1.11.1 RECUBRIMIENTOS PROTECTORES

La resistencia al fuego de los elementos de acero estructural puede incrementarse considerablemente con la aplicación de cubiertas protectoras de:

- Concreto,
- Placas de yeso acartonado,
- Mantas o paneles rígidos de lana de roca,
- Argamasas o paneles rígidos de vermiculita,

- Mantas de fibra cerámica,
- Pintura intumescente,
- Argamasas con recubrimiento fibroso.

El espesor y la selección del material de protección obedecen al tipo de estructura, a la probabilidad de que se dé un incendio y a factores económicos.

1.11.1.1 Concreto

Aunque el concreto no es un material aislante lo bastante bueno, es muy efectivo cuando se aplica en espesores de 38 a 50 mm. Es más, el agua en el concreto mejora mucho sus cualidades protectoras contra el fuego. Para que se dé la evaporación del agua del concreto se requiere una gran cantidad de calor. Al escapar el agua o el vapor, se reduce considerablemente la temperatura del concreto. Solamente bajo fuego muy intenso, la evaporación del agua puede causar grandes grietas y desmoronamientos del concreto.

Aunque el concreto es un material de construcción muy común y aunque en función de su masa es un material protector muy satisfactorio, su costo de instalación es extremadamente alto y su peso es considerable. Como consecuencia, en la mayoría de las estructuras de acero, los materiales de protección rociados o lanzados han remplazado casi por completo al concreto²⁰.

1.11.1.2 Placas de yeso acartonado

Estas a parte del yeso están compuestas por fibra de vidrio y vermiculita, materiales que aseguran un recubrimiento incombustible y resistente al fuego. En casos particulares, cuando se requiere un edificio de cielos rasos enyesados, es posible colgarlos por medio de alambres anclados en el sistema de piso superior y usar este enyesado como protección contra el fuego.

1.11.1.3 Mantas o paneles rígidos de lana de roca

A base de rocas basálticas y malla de alambre galvanizado, se obtienen mantas con densidades de hasta 96 kg/m³ para su aplicación como contorno

²⁰ McCORMAC, J.; Diseño de Estructuras de Acero: Método LRFD; Ed. Alfaomega; México; 2003; 2ª edición, pág. 630

de perfiles metálicos.

Los paneles rígidos son aglomerados que resultan de la pulverización de resinas endurecidas térmicamente.

1.11.1.4 Argamasas o paneles rígidos de vermiculita

Son agregados livianos a base de vermiculita, que pertenecen al grupo de los minerales micáceos, la vermiculita está compuesta básicamente por silicatos de aluminio, magnesio y de hierro. Su forma natural es la de una mica de color pardo y estructura laminar, conteniendo agua ínter laminada, con un punto de fusión es de alrededor de 1370°C. Al calentarla pierde agua, se entumece y expande alcanzando de ocho a veinte veces su volumen original. Pesa entre 100 y 130 kg/m³, en comparación con la arena la cual pesa cerca de los 1600 kg/m³.

1.11.1.5 Mantas de fibra cerámica

Son productos flexibles y están formadas por un aglomerado de fibras sílico-luminosas, obtenidas por electro fusión de sílice y alúmina, posee una densidad de 64 kg/m³. Estas mantas poseen una elevada resistencia a la manipulación como a la erosión.

Estas mantas no son resistentes a la humedad ni a la abrasión y por ende deben ser empleadas en lugares cubiertos y protegidos por algún tipo de acabado superficial.

1.11.1.6 Pintura intumescente

Esta posee la propiedad de retardar la propagación de las llamas, está constituida por polímeros capaces de reaccionar con el fuego, aumentando su volumen y formando así una capa aislante.

Esta pintura es degradable en presencia del agua y en aplicaciones a la intemperie debe ser aplicada sobre una pintura de base y recibir una pintura de acabado. La principal desventaja de esta es su costo elevado.

1.11.1.7 Argamasas con recubrimiento fibroso

Son argamasas aplicadas mediante chorro o spray, su costo es relativamente económico, presentan una superficie rugosa, más adecuados para revestir

elementos que no se encuentran a la vista. Se las puede dividir en dos tipos: Argamasas a base de fibras y argamasa cementicia.

Las argamasas a base de fibras están compuestas por agregados , fibras minerales de lana de roca y aglomerantes en tanto que la argamasa cementicia se compone básicamente de un 80% de yeso y de 20% de cemento con algunos minerales inertes como fibras de celulosa o lana de roca.

1.12 SISTEMAS DE PISO

Las losas de concreto para piso se utilizan casi universalmente en los edificios con estructura de acero, estas son fuertes, resisten perfectamente el fuego y tienen una gran capacidad de absorción acústica. Por otra parte, los pisos de concreto son pesados, necesitan algún tipo de refuerzo, y requieren ser impermeabilizados contra el agua.

1.12.1 Lozas de concreto sobre viguetas de acero de alma abierta

Son las indicadas para edificios de poca altura. Las viguetas son pequeñas armaduras de cuerdas paralelas construidas comúnmente de perfiles laminados. Este tipo de piso de concreto es muy ligero y uno de los más económicos.

Estas son las más convenientes para pisos de edificios con cargas relativamente ligeras y para estructuras donde no exista demasiada vibración. Se emplean para soportar losas de piso y techos de escuelas, casas departamentales, hoteles, edificios de oficinas, restaurantes y otras construcciones de poca altura.

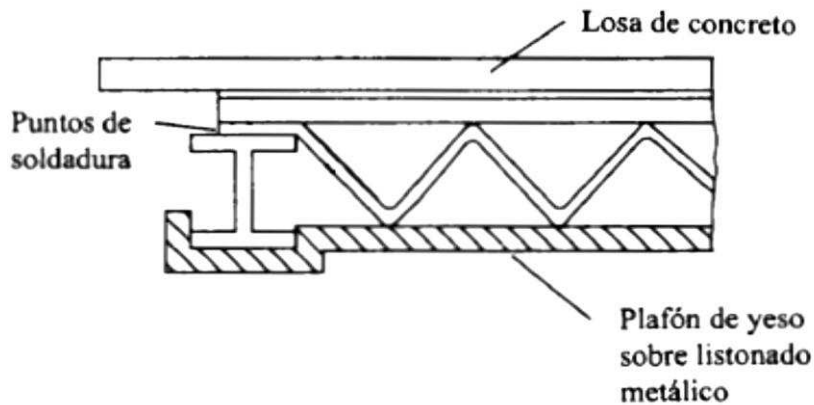


Figura 1.28. Viguetas de alma abierta.²¹

1.12.2 Lozas de concreto reforzadas en una y en dos direcciones

Las losas reforzadas en una dirección se usan cuando el lado largo de la losa es de dos o más veces la longitud del lado corto; en tal condición el lado corto es mucho más rígido que el claro largo y, consecuentemente, casi toda la carga la soporta el claro corto²².

Las losas reforzadas en dos direcciones se utilizan cuando existen configuraciones cuadradas o casi cuadradas. El refuerzo principal se coloca en ambas direcciones.

1.12.3 Pisos compuestos

Son aquellos donde las vigas de acero se unen con las losas de concreto para que ambos actúen como una unidad y resistan las cargas totales, las mismas que de otra manera serían soportadas únicamente por las vigas.

²¹ McCORMAC, J.; Diseño de Estructuras de Acero: Método LRFD; Ed. Alfaomega; México; 2003; 2ª edición, pág. 618

²² McCORMAC, J.; Diseño de Estructuras de Acero: Método LRFD; Ed. Alfaomega; México; 2003; 2ª edición, pág. 619

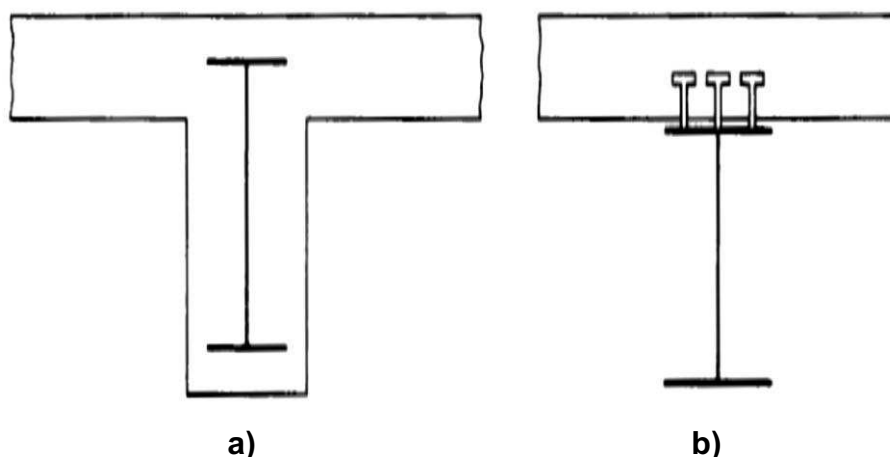


Figura 1.29. Pisos compuestos. a) Viga de acero ahogada en concreto (muy costoso). b) Viga de acero ligada a losa de concreto con conectores de cortante.²³

1.12.4 Pisos de losa reticular

Se construyen colando el concreto por la parte superior de moldes removibles llamados casetones. Las hileras de casetones se acomodan sobre el encofrado generándose así a un piso del tipo de viga T.

1.12.5 Pisos con tableros de acero

Están constituidos por una lámina acanalada de acero con un recubrimiento de concreto. Estos pisos son muy utilizados en edificaciones donde las cargas no son muy grandes como edificios de oficinas, departamentales, hoteles, entre otros.

1.12.6 Losas planas

Una losa plana es una losa que está reforzada en dos o más direcciones, y transfiere sus cargas a las columnas de soporte sin usar vigas y trabes que sobresalgan hacia abajo. Las vigas y trabes de concreto que sirven de apoyo se hacen tan anchas que tienen el mismo espesor que la losa²³.

Las losas planas son muy valiosas cuando los paneles son aproximadamente cuadrados, cuando se desea mayor altura libre que la que se logra con los pisos normales de vigas y trabes, cuando se prevén cargas pesadas y cuando es conveniente colocar las ventanas tan cerca de la parte superior de los muros como

²³ McCORMAC, J.; Diseño de Estructuras de Acero: Método LRFD; Ed. Alfaomega; México; 2003; 2ª edición, pág. 621

sea posible ²⁴.

1.12.7 Pisos de losas precoladas

No son más que sistemas prefabricados de concreto para pisos y techos, se montan rápidamente y reducen la necesidad de encofrar. Su resistencia depende básicamente de la calidad del concreto y de la geometría del precolado.

1.13 CORROSION

La corrosión es un proceso espontáneo, natural y continuo que afecta a un material como una serie de alteraciones físico químicas. En general, los metales se encuentran en la corteza terrestre en forma de minerales, óxidos y/o sales. Para transformarlos en metales se requiere energía y mientras más energía demanda el proceso metalúrgico, mayor es la tendencia del metal a volver a su condición original.

El hierro puro, no se encuentra libre en la naturaleza ya que reacciona fácilmente con el oxígeno para formar óxido de hierro. El acero está constituido en su mayoría por hierro, es entonces que este tipo de estructuras se ven afectadas por la corrosión, dando lugar a su debilitamiento y en caso de no tomarse medidas su destrucción.

1.13.1 Clasificación de la corrosión

Se puede clasificar a la corrosión según el medio y según su forma:

1.13.1.1 Según el medio

- **Química.**- Cuando se tienen reacciones a causa la acción del medio ambiente. Las estructuras expuestas a ambientes con agua, ambientes marinos, gases industriales, etc., sufren efectos corrosivos debido a la acción de cloruros, que se depositan en el acero, los mismos que con ciclos alternados de humedad facilitan la reacción de celdas galvánicas.

²⁴ McCORMAC JACK C., Diseño de Estructuras de Acero: Método LRFD, Ed. Alfaomega, México, 2003, 2º edición, pág. 625

- **Electroquímica.-** En un mismo metal hay áreas muy próximas de diferente potencial eléctrico. La corrosión electroquímica establece una migración de electrones desde aquella zona de potencial de oxidación más elevado, llamado área anódica hacia aquella de potencial de oxidación más bajo, llamado área catódica, por medio de un electrolito.

1.13.1.2 Según la forma

- **Uniforme.-** Es la corrosión química o electroquímica que actúa uniformemente sobre toda la superficie del metal.
- **Localizada.-** Esta se presenta en algunos sectores del metal, es la más peligrosa.
- **Intergranular.-** Se localiza en los límites de grano, originando disminución de la resistencia del material. Común en aceros inoxidable.
- **Por picadura.-** Es un tipo de corrosión altamente localizada que frecuentemente se observa en superficies con poca o ninguna corrosión general. En esta se producen hoyos o agujeros por agentes químicos, en un proceso de disolución local anódica donde la pérdida de metal es aumentada por la presencia de un ánodo pequeño y un cátodo grande.
- **Por esfuerzo.-** Se refiere a las tensiones internas luego de una deformación en frío. Puede ser causado por esfuerzos internos, producidos por remaches, pernos.
- **Por fatiga.-** Se refiere a la fractura que se produce a causa de un medio corrosivo en combinación con un esfuerzo mecánico fluctuante en el tiempo.
- **Por fricción.-** Se produce por el roce entre dos metales produciendo así un daño material de los mismos. El movimiento genera una serie de picaduras en la superficie.
- **Selectiva.-** Es el proceso donde es eliminado un elemento debido a una interacción química. Es la corrosión preferente de un elemento en una aleación.
- **Bajo tensión.-** Esta ocurre cuando el metal es sometido a tensiones, presentándose como fisuras.
- **Atmosférica.-** Se presenta a causa de una acción agresiva del ambiente sobre los metales.

- **Galvánica.**- Se da cuando dos metales diferentes son puestos en contacto, mientras mayor sea la distancia en la serie galvánica, más rápidamente aparecerá la corrosión en el elemento de menor potencial. En presencia de un electrolito se cierra el circuito y comienza el movimiento de electrones.
- **Por erosión.**- Ocurre cuando existe el movimiento de un agente corrosivo sobre una superficie de metal, acelerando los efectos destructivos debido al desgaste mecánico y a la corrosión.

1.14 INVENTARIO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO EN EL PAIS

Según la Encuesta Anual de Edificaciones realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la cantidad de edificaciones con estructura de acero existente a nivel de país hasta el año 2009 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.4. Porcentaje de Edificaciones por Material utilizado en la estructura, según Provincia.²⁵

	ESTRUCTURA PREDOMINANTE					
	Total	No Aplica	Hormigón Armado	Metálica	Madera	Otros
NACIONAL	25840	1380	23457	867	81	55
01 AZUAY	2586	31	2408	132	2	13
02 BOLIVAR	264	1	257	5	0	1
03 CAÑAR	702	1	680	17	0	4
04 CARCHI	313	0	301	6	0	6
05 COTOPAXI	819	0	801	17	0	1
06 CHIMBORAZO	705	0	690	13	0	2
07 EL ORO	1458	7	1430	21	0	0
08 ESMERALDAS	392	0	343	42	6	1
09 GUAYAS	5587	864	4698	24	1	0
10 IMBABURA	1353	2	1280	64	1	6
11 LOJA	1404	24	1297	83	0	0

²⁵ ENCUESTA ANUAL DE EDIFICACIONES 2009; Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC); Unidad de Procesamiento; Dirección de Estudios Analíticos Estadísticos (DESAE); Galo López Lindao

12 LOS RIOS	806	59	666	81	0	0
13 MANABI	1735	16	1710	8	1	0
14 MORONA	212	1	196	10	5	0
15 NAPO	349	1	287	60	1	0
16 PASTAZA	235	2	197	25	7	4
17 PICHINCHA	2.898	3	2.688	186	6	15
18 TUNGURAHUA	1.242	1	1.208	33	0	0
19 ZAMORA	265	0	258	5	2	0
20 GALAPAGOS	265	10	255	0	0	0
21 SUCUMBIOS	409	1	394	7	6	1
22 ORELLANA	161	1	157	3	0	0
23 SANTO DOMINGO	639	1	626	11	0	1
24 SANTA ELENA	1.041	354	630	14	43	0

En la provincia de Pichincha, específicamente en el cantón Quito, la cantidad de edificaciones con estructura de acero hasta el año 2009 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.5. Porcentaje de Edificaciones por Material utilizado en la estructura, Cantón Quito.²⁶

	ESTRUCTURA PREDOMINANTE					
	Total	No Aplica	Hormigón Armado	Metálica	Madera	Otros
NACIONAL	25840	1380	23457	867	81	55
QUITO	2243	3	2078	147	3	12

De acuerdo a la investigación realizada por los desarrolladores de la presente tesis, se establece que la mayor cantidad de edificios con estructura de acero en la provincia de Pichincha se encuentran ubicados en la ciudad de Quito principalmente. En las cabeceras cantonales y otros lugares, este tipo de construcciones no es común debido a que en ellas las edificaciones son de poca elevación, por lo que no refleja una gran diferencia en el costo entre uno y otro tipo.

²⁶ ENCUESTA ANUAL DE EDIFICACIONES 2009; Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC); Unidad de Procesamiento; Dirección de Estudios Analíticos Estadísticos (DESAE); Galo López Lindao

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

2.1 MANTENIMIENTO

La Ingeniería del mantenimiento actualmente comprende una serie de funciones de: aplicación de los procesos creativos científicos-técnicos, de planificación y gestión empresarial, que permiten alcanzar el mayor grado de confiabilidad en sus sistemas, máquinas, equipos, instalaciones, procesos e infraestructura.

En el caso de edificios permite mantener la seguridad de la funcionalidad total del sistema y asegurar su operatividad.

Actualmente se puede definir el mantenimiento como el conjunto de acciones emprendidas en una organización a efectos de preservar adecuadamente sus equipos e instalaciones.

Cuando se analizan los objetivos de las tareas de mantenimiento realizadas durante un proceso de mantenimiento, es posible enumerarlos de la siguiente manera:

1. Reducción del cambio de condición, con lo que se consigue un alargamiento de la vida operativa del sistema. Ejemplos típicos son: lavado, pintura, filtrado, ajuste, lubricación, calibración, etc.
2. Garantía a la fiabilidad y seguridad exigidas, lo que reduce la presencia de fallos. Las actividades más comunes de este tipo son: inspección, detección, exámenes, pruebas.
3. Consecución de una tasa óptima de consumo para elementos como combustible, lubricantes, neumáticos, etc. Lo que contribuye al coste-eficacia del proceso de operación.
4. Recuperación de la funcionalidad del sistema, una vez que se ha producido el mantenimiento. Las actividades más frecuentes realizadas para recuperar la funcionalidad son: sustitución, reparación, restauración, renovación, etc.

Es necesario hacer hincapié que se necesitan ciertos recursos para facilitar este proceso. Como el fin principal de estos recursos es facilitar el proceso de mantenimiento, se les da el nombre de recursos de mantenimiento. Los recursos necesarios para la realización con éxito de toda tarea de mantenimiento pueden agruparse en las siguientes categorías:

- a) Abastecimiento o aprovisionamiento: es un nombre genérico que incluye al suministro de todos los repuestos, elementos de reparación, consumibles, suministros especiales y artículos de inventario necesario para apoyar a los procesos de mantenimiento.
- b) Equipos de prueba y apoyo: incluye todas las herramientas, equipos especiales de vigilancia de la condición, equipos de comprobación, metrología y calibración, bancos de mantenimiento, y equipos auxiliares de servicio necesarios para apoyar a las tareas de mantenimiento asociadas al elemento o sistema.
- c) Personal: se incluye el necesario para la instalación, comprobación, manejo y realización del mantenimiento del elemento o sistema y de los equipos necesarios de prueba y apoyo. Debe considerarse la formación específica del personal necesario para cada tarea de mantenimiento.
- d) Instalaciones: incluye las instalaciones especiales precisas para la ejecución de las tareas del mantenimiento.
- e) Datos técnicos: procedimientos de comprobación, instrucciones de mantenimiento, procedimientos de inspección y calibración, procedimientos de revisiones generales, instrucciones de modificación, información sobre las instalaciones, planos y especificaciones que son necesarios para realizar las funciones de mantenimiento del sistema. Tales datos no solo se refieren al sistema, sino también al equipo de prueba de apoyo, transporte y manejo del equipo, equipo de instrucción e instalaciones.
- f) Recursos informáticos: comprende los ordenadores y su software, discos de programas, bases de datos, etc., necesarios para realizar las funciones de mantenimiento. Incluye tanto la vigilancia de la condición como el diagnóstico.

Los procesos de mantenimiento, como otros, tienen sus propias restricciones. Las más frecuentes en los procesos de mantenimiento son:

1. Presupuesto
2. Programación, tiempo disponible
3. Reglamentaciones de seguridad
4. Entorno, clima
5. Lenguas extranjeras
6. Cultura/costumbres tradicionales

Cuando se analiza un proceso de mantenimiento es imperativo considerar tanto los recursos como las restricciones, a fin de conseguir un óptimo control de unas operaciones tan complejas, que tienen un gran impacto en la seguridad, fiabilidad, coste, prestigio y otras características decisivas para la conducción competitiva de las operaciones.

2.2 EL MANTENIMIENTO Y LA DISPONIBILIDAD

La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un elemento.

La mayoría de los usuarios afirman que necesitan disponibilidad del equipo tanto como seguridad, porque no se puede tolerar tener un equipo fuera de servicio. Hay varios medios para lograrlo. Uno es construir las cosas extremadamente fiables y, consecuentemente costosas. El segundo es suministrar un sistema que, cuando falle, sea fácil de recuperar.

2.3 EL MANTENIMIENTO Y LA SEGURIDAD

La realización de cualquier tarea de mantenimiento esta asociada con cierto riesgo, tanto respecto de la realización incorrecta de una tarea de mantenimiento específica, como de las consecuencias que la realización de la tarea acarrea con otro componente del sistema, esto es, la posibilidad de inducir un fallo en el sistema durante el mantenimiento.

2.4 EL MANTENIMIENTO Y LA ECONOMÍA

La realización de cualquier tarea de mantenimiento está asociada con unos costes, tanto en términos de coste de recursos de mantenimiento, como de coste de las consecuencias de no tener el sistema disponible para la operación.

2.5 POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

2.5.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Consiste en esperar que se produzca una falla, a fin de corregirla, es decir, en el caso de edificios permitir su uso hasta que se produzca una falla en cualquier lugar de su estructura y luego reparar o reemplazar. Este se basa en la imprevisión y representa el más alto costo a la industria.

2.5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es una estrategia en la cual se programan periódicamente las intervenciones en la estructura, con el objeto principal de inspeccionar, reparar y/o reemplazar componentes. Las intervenciones se realizan aun cuando el sistema está operando satisfactoriamente. Se basa en programar el mantenimiento basado en estimaciones de vida útil o tiempo entre fallas esperadas.

El objeto principal de esta estrategia de mantenimiento es la de reducir al mínimo posible las paradas imprevistas.

Tiene costos escalonados con pendientes de poca envergadura debido a las intervenciones menores realizadas periódicamente y con algún escalón mayor cuando es necesario el remplazo de partes y piezas.

Se reemplaza la documentación antigua usada en para este fin por bases de datos que reúnen los datos necesarios para la programación del mantenimiento. Por lo que es necesario el uso de herramientas informáticas para manejar la gran cantidad de información relacionada.

2.5.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Este tipo de estrategia de mantenimiento permite detectar y monitorear parámetros operativos de los sistemas, máquinas y equipos para realizar un seguimiento del desgaste de los mismos y determinar o “predecir” el punto exacto de cambio o reparación. La determinación de este punto trae como resultado,

índices ideales de prevención de fallas, tanto en el aspecto técnico como el económico.

Tiene costos escalonados debido a los monitoreos. Los acontecimientos de rotura resultan nulos o reducidos a una mínima expresión. Este monitoreo además debe tener un costo relativamente bajo, pospone o aún suprime algunas intervenciones preventivas y elimina la mayoría de las reparaciones de elevado costo.

2.5.4 MANTENIMIENTO PROACTIVO

Es una estrategia de mantenimiento dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla del sistema.

Los costos de este tipo de mantenimiento son similares y complementarios a los del mantenimiento predictivo.

Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas no se debe permitir que continúen presentes en el sistema, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos.

2.5.5 MANTENIMIENTO TOTAL

Es un sistema orientado a lograr: cero accidentes, cero defectos y cero averías.

Las características del mismo son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Es observado como una estrategia global de operación en lugar de mantener el sistema funcionando tan solo.

2.5.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

Esta estrategia de mantenimiento se propone preservar el estado original de diseño o normal de operación. Es evidente que para que esto sea posible el sistema debe ser capaz de cumplir con las funciones para las cuales fueron diseñados y que el diseño haya tenido en cuenta las condiciones operacionales reales.

Este tipo de mantenimiento se caracteriza por:

- Considerar la fiabilidad inherente o propia del sistema.
- Asegurar de la continuidad del desempeño en su función.

- Si se desea aumentar la capacidad, mejorar el rendimiento, incrementar la fiabilidad se necesita realizar un rediseño y el refuerzo del sistema.
- Tener en cuenta la condición operacional: dónde y cómo se está usando.

2.6 DESGASTE Y FALLA

Cualquier cambio en el tamaño, la forma o las propiedades de una estructura que la haga incapaz de realizar la función para la que fue diseñada se denomina falla. También se entiende como el cambio desde una condición satisfactoria de operatividad hacia una condición por debajo de un estándar aceptable.

Se tiene como fallas a las siguientes:

- Por deformación elástica inducida por fuerza, temperatura, o por ambas causas.
- Por fluencia.
- Por compenetración o brinelado.
- Por ruptura para condición dúctil.
- Por fractura o ruptura en condición frágil.
- Por fatiga.
- Por corrosión: ataque químico directo, corrosión galvánica, corrosión en resquicios, corrosión por picadura, corrosión intergranular, decapado selectivo, corrosión por erosión, corrosión por cavitación, daño por hidrógeno y corrosión biológica.
- Por impacto
- Por escurrimiento o flujo plástico
- Por relajación térmica
- Ruptura por esfuerzo
- Por choque térmico
- Por astilladura
- Daño por radiación
- Por pandeo

El desgaste se define como el cambio acumulativo e indeseable en el tamaño, forma o propiedades de una estructura ó sistema que conduce a una falla.

Se tiene como tipos de desgaste a las siguientes:

- Adhesivo
- Abrasivo
- Corrosivo
- Por fatiga superficial
- Por deformación
- Por impacto

2.7 VIBRACIONES

Una vibración es un movimiento oscilatorio de pequeña amplitud. Todos los cuerpos presentan una señal de vibración en la cual plasman cada una de sus características. De acuerdo a esto los sistemas, en condiciones normales de trabajo, presentan su propia señal de vibración y en ella se encuentra la información de cada uno de sus componentes.

La amplitud desde el punto de vista de las vibraciones es cuanta cantidad de movimiento puede tener una masa desde su posición neutral.

Una señal compuesta es una sumatoria de varias señales sinusoidales que comprenden cada uno de los componentes que se encuentran en el sistema, más todos los golpeteos y vibraciones adicionales.

2.7.1 IMPORTANCIA DE LAS VIBRACIONES EN EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

Debido a que la estructura de un edificio soporta cargas de diferente magnitud, dirección y sentido, las vibraciones producidas por las mismas deben ser tomadas en cuenta en edificaciones que excedan los 10 pisos. La carga de viento no es constante en el transcurso del tiempo así como la de sismo, estas dos fuerzas variantes en el tiempo principalmente producen vibraciones dentro de la estructura que pueden dañarla; los principales problemas se tienen en las uniones de los elementos estructurales, los mismos que no son diseñados para desplazarse grandes longitudes.

Un edificio debe ser a la vez flexible y rígido debido a que debe resistir cargas de diferente naturaleza. Las vibraciones y su frecuencia pueden provocar grandes

desastres dentro de la estructura si no es tomada en cuenta durante el diseño de la misma.

2.8 MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

Se consideran obras, trabajos y actividades de mantenimiento a todas las acciones dirigidas a la conservación estructural y funcional de un edificio a lo largo del ciclo de vida útil del mismo.

Tabla 2.1. Vida útil nominal de los diferentes tipos de estructura.²⁷

Tipo de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años

²⁷ MINISTERIO DE FOMENTO DE ESPAÑA; Instrucción de Hormigón Estructural; PDF [en línea]; [Fecha de consulta: 11 enero 2012]; Disponible en: <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/1594DF24-7A58-4FA9-8638-23DAD7B60609/37455/CAPITULOIborde.pdf>

El procedimiento de mantenimiento de este tipo de estructuras se enfoca principalmente en dos características:

- El edificio presenta daños que necesitan ser reparados inmediatamente. El mantenimiento correctivo comprende las operaciones necesarias para hacer frente a las situaciones inesperadas. Las reparaciones y sustituciones físicas y/o funcionales son operaciones típicas de este tipo de mantenimiento.
- El edificio debe mantener condiciones óptimas de operatividad para lo cual se necesita desarrollar un sistema de mantenimiento que se anticipe a las fallas en un tiempo prudencial. El mantenimiento preventivo esta destinado a la prevención, teniendo como objetivo el control a priori de las deficiencias y problemas que se puedan plantear en el edificio debidos a su uso natural.

2.9 DISTRIBUCION DEL MANTENIMIENTO

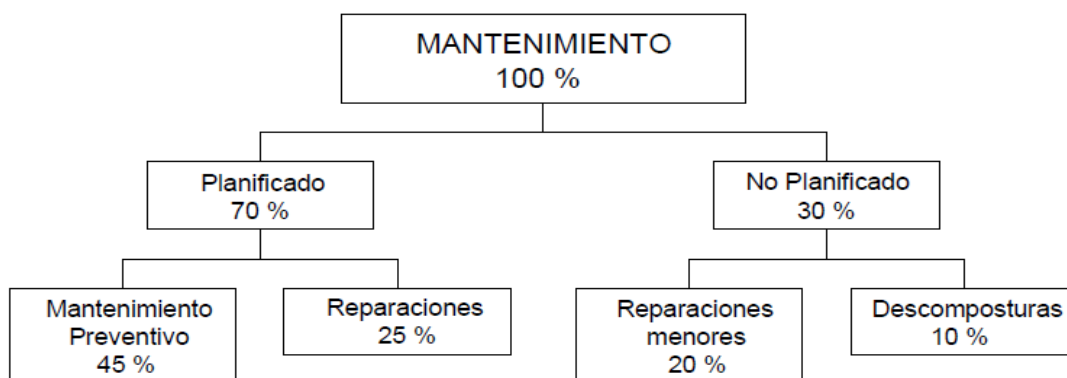


Figura 2.1. Distribución del Mantenimiento.²⁸

2.10 PARAMETROS FUNCIONALES Y DE SEGURIDAD DE LOS EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

2.10.1 PARAMETROS FUNCIONALES

2.10.1.1 Parámetros Principales

- Cimentación
- Columnas

²⁸ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 20 enero 2012]; Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com>

- Trabes
- Vigas
- Arriostramientos
- Contraventeos
- Conexiones

2.10.1.2 Parámetros Secundarios

- Muros
- Losas
- Techo
- Recubrimientos anticorrosivos
- Fontanería y saneamiento
- Distribución eléctrica
- Calefacción y suministro de gas.

2.10.2 PARAMETROS DE SEGURIDAD

- Recubrimientos, dispositivos y protecciones contra incendios
- Escaleras y sistemas elevadores
- Pasamanos
- Señalización

2.11 DISEÑO EFICAZ DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

2.11.1 RAZONES PARA EL DISEÑO DE UN PROCESO DE MANTENIMIENTO

- Seguridad
- Por economía. Si no se acomete el mantenimiento preventivo adecuado, cuando llegue la inevitable falla, no habrá forma aceptable de soportar el gasto generado. Una instalación mal conservada produce mayores gastos.
- Un edificio mal conservado se deprecia considerablemente.
- La falta de mantenimiento puede invalidar los seguros contratados y las garantías con que cuente la vivienda y el edificio.
- Higiene y salud

- Confort

2.11.2 PLANIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento de emergencia o correctivo
- Mejoramiento de la confiabilidad de la estructura
- Reducción de costos

2.12 MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

2.12.1 DEFINICIÓN

Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseña con la idea de prever y anticiparse a los fallos de los sistemas estructurales, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas, sub-sistemas e inclusive partes.

Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario para la realización de cambios, reparaciones, ajustes y valoraciones.

Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componenetes de conservación, confiabilidad, mantenibilidad.

Haciendo uso de los datos se realiza la planeación esperando con ello evitar las fallas en la estructura y obtener con ello una alta efectividad del sistema de mantenimiento.

2.12.2 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los beneficios que se espera alcanzar con el uso de este tipo de mantenimiento son los siguientes:

- Reduce las fallas en la estructura.
- Incrementa la vida de la estructura y sus instalaciones.
- Mejora la utilización de los recursos.
- Reduce los niveles de inventario de bodega, en este caso los insumos necesarios para la reparación de la estructura.
- Ahorro de dinero debido a que se reduce el número de intervenciones correctivas.

2.12.3 DESVENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Representa una inversión inicial considerable
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento
- Este mantenimiento cuando se prolonga en el tiempo se vuelve rutinario, es importante convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso.

2.12.4 ESQUEMA GENERAL DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Metas y objetivos
- Área de acción del mantenimiento preventivo
- Listado integral de componentes
- Inspección física preliminar
- Listado de materiales y repuestos a utilizarse en caso de cambios y/o reparaciones
- Tablas de criterios y valoración de elementos
- Inspección física detallada
- Recolección y organización de datos
- Procedimientos detallados de mantenimiento.
- Selección de actividades principales
- Frecuencias de inspección, toma de datos e intervenciones del programa de mantenimiento preventivo
- Implementación del programa de mantenimiento preventivo.
- Valoración del mantenimiento preventivo

2.12.5 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El plan de mantenimiento preventivo contempla en su esencia una serie de rutinas de mantenimiento, que se resumen en la revisión de soldaduras, apriete de juntas, tornillos, tuercas en general, el chequeo de vibraciones, ruidos anormales, rutinas de inspección de fallas con tintas penetrantes y ultrasonido, verificación de recubrimientos, análisis de corrosión, etc.

Las rutinas se realizan en períodos de tiempo preestablecidos, el plan de mantenimiento también contempla la ejecución de rutinas no tan complejas, como por ejemplo, el chequeo visual, auditivo entre otros; generando así una conducta de prevención y mayor familiarización con el desempeño adecuado de la estructura. Esto solo es alcanzable a través de un seguimiento consciente de estas rutinas preventivas.

El plan de mantenimiento preventivo actualiza las actividades de mantenimiento generando una serie de rutinas esenciales para la prevención de futuros problemas.

2.12.6 IMPLEMENTACIÓN

La implementación de un programa, no es más que la culminación de un largo tiempo de recolección, análisis, rutinas, inspecciones e investigaciones relacionadas con el mantenimiento. Cuando se va a generar un programa de mantenimiento, se prevé que los resultados a obtener se verán vinculados fuertemente con una mejora sustancial o en el menor de los casos, con la constancia de las condiciones anteriores al mantenimiento.

El objetivo principal de la implementación del mantenimiento preventivo es unir las necesidades con los recursos. Es entonces que la implementación propiamente dicha consiste básicamente en:

- Determinar los recursos necesarios
- Determinar una estructura organizacional
- Asignar horarios y cargas de trabajo
- Retroalimentación y reportes

2.13 MANTENIMIENTO CORRECTIVO APLICADO A EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

2.13.1 DEFINICION

Se entiende por mantenimiento correctivo a la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras un fallo.

2.13.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Existen dos tipos de mantenimiento correctivo: el programado y el no programado.

2.13.2.1 Mantenimiento Correctivo no Programado

El no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse

2.13.2.2 Mantenimiento Correctivo Programado

El mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios.

2.13.3 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- No genera gastos fijos
- No es necesario programar ni prever actividades
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico
- Hay ocasiones en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como en los dispositivos electrónicos

2.13.4 DESVENTAJAS DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- La estructura se vuelve impredecible y poco fiable. Los fallos pueden producirse en cualquier momento.
- Supone asumir riesgos económicos importantes
- La vida útil se acorta
- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora.
- Las aseguradoras suelen excluir los riesgos derivados de la no realización del mantenimiento preventivo
- Una falla contempla riesgos para las humanas
- Basar el mantenimiento en la corrección de fallos supone contar con técnicos muy cualificados, con un stock de repuestos importante, con medios técnicos muy variados, etc.

2.14 PATOLOGÍAS EN EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

2.14.1 FALLAS EN LA CIMENTACIÓN

Las fallas en cimentaciones se deben especialmente a las siguientes causas:

- Las que se derivan de un defecto del proyecto.
- Las originadas por un defecto de ejecución.
- Las derivadas de una variación en las condiciones del entorno de la estructura.
- Las motivadas por variaciones en las hipótesis con arreglo a las que se proyectó originalmente la estructura.

La principal falla que se presenta en las cimentaciones es la llamada falla por capacidad de carga la misma que se produce como producto de una rotura por corte del suelo de desplante de la cimentación. Éstas se presentan en tres tipos clásicos y son las siguientes:

2.14.1.1 Falla por corte general

Se caracteriza por la presencia de una superficie de deslizamiento continua dentro del terreno, que se inicia en el borde de la cimentación y que avanza hasta la superficie del terreno. Este tipo de fallas se presenta principalmente en arenas densas y arcillas rígidas.

Esta forma de falla es usualmente súbita y catastrófica, y al menos que la estructura misma no permita la rotación de las zapatas, ocurre con cierta visible inclinación de la cimentación, provocando un hinchamiento o bufamiento del suelo a los lados de la cimentación aunque el colapso final del mismo se presenta en un solo lado.

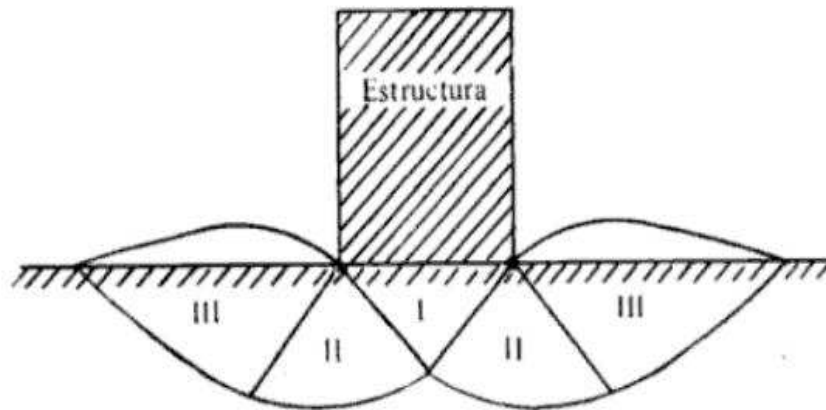


Figura 2.2. Falla por corte general.

2.14.1.2 Falla por punzonamiento en cimentaciones

Se caracteriza por un movimiento vertical de la cimentación mediante la compresión del suelo inmediatamente debajo de ella. La rotura del suelo se presenta por corte alrededor de la cimentación y casi no se observan los movimientos de éste junto a la cimentación, manteniéndose el equilibrio tanto vertical como horizontal de la misma.

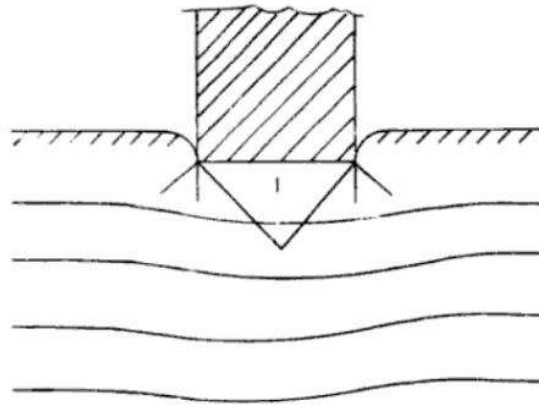


Figura 2.3. Falla por punzonamiento en cimentaciones.

2.14.1.3 Falla por corte local

Representa una transición entre las dos anteriores, pues tiene características tanto del tipo de falla por corte general como del punzonamiento. En este tipo de falla existe una marcada tendencia al bufamiento del suelo a los lados de la cimentación, y además la compresión vertical debajo de la cimentación es fuerte y

las superficies de deslizamiento terminan en algún punto dentro de la misma masa del suelo. Solamente cuando se llega a presentar un caso de deslizamiento vertical muy grande (del orden de la mitad del lado o del diámetro de la zapata) puede suceder que las superficies de deslizamiento lleguen a la superficie del terreno, pero aun en este caso no se produce una falla catastrófica ni inclinación de la zapata. Este tipo de falla se tiene en arenas medias y flojas además de arcillas suaves.

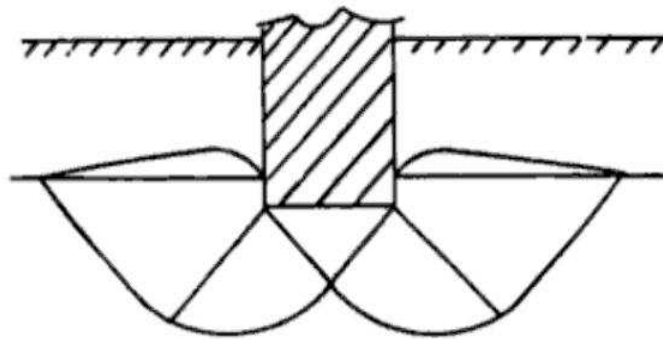


Figura 2.4. Corte por falla local.

Aunque son bastante bien conocidas las diferencias entre los tipos de falla, no existe un criterio numérico general que permita predecir el tipo de rotura que se presentará, aunque puede decirse que el tipo de falla dependerá de la compresibilidad del suelo en cuanto a las condiciones geométricas y de carga existentes. En un tipo de suelo prácticamente incompresible el tipo de falla será por corte general. Sin embargo, si el suelo es muy compresible en relación con su resistencia al corte el tipo de falla será por punzonamiento.

2.14.1.4 Fisuración del hormigón

2.14.1.4.1 Tensiones mecánicas

El hormigón tiene como principal causa para su fisuramiento la restricción de la retracción por el secado en el tiempo de fraguado del mismo. La retracción es provocada por la pérdida de humedad de la pasta cementicia la misma que puede contraerse hasta un 1%. La retracción por secado se puede reducir aumentando la cantidad de agregado y reduciendo el contenido de agua.

2.14.1.4.2 Tensiones de origen térmico

Las diferencias de temperatura dentro de la estructura de hormigón pueden ser provocadas por partes de la estructura que pierden calor de hidratación a diferentes velocidades, o por condiciones climáticas que enfrían o calientan una parte de la estructura hasta una mayor temperatura o con una mayor velocidad que otra.

2.14.1.4.3 Reacciones químicas

Algunas reacciones químicas pueden fisurar el hormigón. Estas reacciones pueden ser producto de los materiales utilizados para preparar el hormigón, o de los materiales que están en contacto con el hormigón una vez endurecido.

2.14.1.5 Corrosión de las armaduras en cimentaciones

La corrosión de un metal es un proceso electroquímico que requiere un agente oxidante, humedad y flujo de electrones dentro del metal; se producen una serie de reacciones químicas en la superficie del metal y cerca de la misma.

La clave para proteger un metal contra la corrosión es detener o invertir las reacciones químicas. Esto se puede lograr cortando los suministros de oxígeno o de humedad, o evitando la formación de los iones metálicos (protección catódica).

Además de las circunstancias antes citadas, el acero de las armaduras se puede corroer si la alcalinidad del hormigón se reduce por carbonatación o si la pasividad de este acero es destruida por iones agresivos. La corrosión del acero produce óxidos e hidróxidos de hierro, cuyo volumen es mucho mayor que el hierro metálico original. Este aumento de volumen provoca tensiones radiales de estallido alrededor de las barras de la armadura, y la consiguiente aparición de fisuras radiales localizadas. Estas fisuras radiales se pueden propagar a lo largo de la barra, provocando la formación de fisuras longitudinales o provocando el descascaramiento del hormigón.

Las fisuras permiten que el oxígeno, la humedad y los cloruros ingresen fácilmente; por lo tanto las pequeñas fisuras causan un proceso continuo de corrosión de las armaduras, siempre que el hormigón posea una baja permeabilidad.

2.14.1.6 Errores de diseño

Debido a una mala apreciación de la magnitud de la carga que va a soportar y la distribución de la misma, se puede producir la fisuración del hormigón. El cálculo de la posición, espesor, materiales y aditivos es decisivo para el correcto diseño de los mismos.

2.14.2 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLAS EN CIMENTACIONES

La intervención en la cimentación tiene básicamente dos objetivos. Detener y corregir las deformaciones y eliminar o controlar las causas que las originan.

La eliminación de las causas de los fallos es una operación inevitable, para que nuevos problemas no vuelvan a aparecer, aunque no siempre se puede realizar de manera total. Otra operación es la de restituir el edificio a su posición original, aunque se trata de un método complicado y costoso, con lo que se limita a casos extremos.

La elección de la solución que se adopte está íntimamente relacionada con la forma de ejecución de la misma, la cual debe estar correctamente proyectada y calificada. Hay que saber que las reparaciones en cimentaciones son un proceso delicado y que pueden presentar complicaciones imprevistas durante su ejecución que alarguen los plazos o encarezcan la intervención.

2.14.2.1 Intervenciones sobre el terreno

Las actuaciones sobre el terreno tienen como objetivo mejorar o corregir la capacidad portante del terreno u otras características.

Al contrario que los anteriores casos, este tipo de operaciones operan sobre el terreno directamente, no sobre los cimientos. Puede ser una manera complementaria a las intervenciones sobre los cimientos o una técnica exclusiva.

La decisión suele requerir una investigación cuidadosa y una valoración detallada de las diversas soluciones tecnológicas y de sus posibilidades de éxito. Las soluciones son muy diversas. Inyecciones de cemento (lechada de cemento, gel de sílice, resinas), de relleno (bentonita, cemento, poliuretanos), o de compactación (morteros viscosos). Técnicas de jet-grouting, drenaje, y otras.

2.14.2.1.1 Inyecciones

Son intervenciones mediante las cuales se inyectan determinados productos en el interior de un suelo a fin de obtener mejoras, tales como, la reducción de la compresibilidad, el aumento de la resistencia o la disminución de la permeabilidad.

Los productos utilizados se inyectan en forma líquida y luego se solidifican. Habitualmente se trata de lechada de cemento, a veces con adición de bentonita, en dosificaciones agua/cemento de 1/2. Son las denominadas inyecciones convencionales. Cuando las características del terreno y/o la operación lo requieran, se puede recurrir a las inyecciones químicas, usando resinas orgánicas diluidas en agua o geles de sílice.

Se realizan bombeando el producto a través de pequeños taladros dispuestos en la superficie lateral o en el extremo de un trépano o bien en las paredes de un tubo que se introduce en el interior de una perforación previamente realizada.

Estas operaciones son muy costosas por lo que su utilización debe ser sopesada cuidadosamente. Las inyecciones requieren del estudio previo de parámetros como la estabilidad, la viscosidad, el tiempo de fraguado, la resistencia a compresión y la durabilidad. También intervienen la naturaleza del terreno a tratar, el grado de mejora que se quiere lograr y los pasos a seguir para conseguirlo. En general la difusión y penetración de las inyecciones en el terreno es muy irregular y difícilmente controlable, concentrándose en las zonas más abiertas o permeables.

La efectividad de estos métodos no está totalmente asegurada dado que no se conoce a priori la calidad exacta del resultado ni el coste de la operación.

2.14.2.1.2 Inyección de cementación

Estas inyecciones consisten en hacer penetrar en el terreno, a través de taladros de pequeño diámetro, la correspondiente solución, formando con el terreno un material de alta resistencia y cohesión.

Las aplicaciones de este método son variadas. Se pueden crear macizos consolidados debajo del edificio. Se pueden mejorar las cimentaciones existentes, solidarizándolas o mejorando su apoyo. También construir pantallas o elementos

rígidos alrededor del edificio, o cortar afluencias de aguas. En general se mejoran las capacidades mecánicas del terreno, se cementa, y se colmatan sus poros reduciendo la permeabilidad.

Las inyecciones de cemento son apropiadas en materiales granulares gruesos (zahorras, gravas arenosas, arenas gruesas). Si se trata de limos, arenas finas o arcillosas hay que recurrir a la impregnación de tipo química con gel de sílice o resinas, productos mucho más caros que la lechada de cemento.

Para determinar la profundidad y separación de los taladros se estima la amplitud del bulbo inyectado en correspondencia con un cierto volumen de inyección. La profundidad de la inyección dependerá de la presión y de la viscosidad del producto inyectado. Es muy importante el control de estas presiones ya que puede producirse la rotura hidráulica del terreno. Esta operación siempre produce algunos asientos del terreno más importantes cuanto más cargado esté el cimiento y más flojo o abierto esté el terreno.

2.14.2.1.3 Inyecciones de relleno

Estas inyecciones, parecidas a las de cementación, se utilizan para colmatar y sellar capas de terreno o rellenos flojos en las que existen huecos importantes. La idea es que el conjunto resultante del terreno con los huecos rellenos soporte las cimentaciones en condiciones adecuadas de seguridad y con pequeños asientos posteriores.

Se utilizan mezclas con gran capacidad de absorción de agua como las lechadas de bentonita-cemento, o productos químicos con estructura alveolar como los poliuretanos.

2.14.2.1.4 Inyecciones de compactación

Estas inyecciones consisten en la introducción en el terreno de un mortero plástico a elevadas presiones. Este mortero más viscoso de lo habitual, desplaza el terreno en lugar de rellenar los huecos, densificándolo y creando una estructura final mucho más resistente.

Se usa para la recuperación de asientos diferenciales, levantamiento o rectificación de rasantes en soleras, reforma de apoyos de zapatas o mejora de la resistencia del terreno en torno a cimentaciones por pilotaje.

Los suelos más indicados para este tipo de inyección son los arenosos compresibles en los que el efecto de la inyección se transmite rápidamente, y los menos adecuados son los arcillosos, dada la lentitud de la transmisión.

La extensión de la zona afectada por la inyección depende de la rigidez del suelo, y puede alcanzar los 10 metros en terrenos blandos. El producto a inyectar ha de ser fluido, como las lechadas de cemento. Al quedar los productos muy próximos al punto de inyección, los efectos se controlan mejor y ello permite localizar con exactitud las presiones y producir desplazamientos en las zonas deseadas.

2.14.2.1.5 Técnica del jet-grouting

Se trata de un sistema de inyección que utiliza presiones muy altas. Las altas velocidades con las que sale el producto consiguen romper el suelo, desplazan las partículas hacia afuera y mezclan el suelo adyacente con una lechada de cemento. El resultado final es un nuevo suelo, más o menos cilíndrico, cuya resistencia y permeabilidad son diferentes a las del suelo original. Esta serie de columnas de nuevo suelo, y el espacio confinado entre ellas, originan un terreno mejorado para efectuar la cimentación o corregir defectos.

En la primera fase se perfora el terreno con toberas de diámetros comprendidos entre 8 y 11 cm y posteriormente se inicia el tratamiento, realizado de abajo hacia arriba, mediante esta tobera o tubo inyector. Esta operación exige un alto grado de control en la ejecución

La primera ventaja de este método es que permiten atravesar todo tipo de terrenos por el sistema de perforación con que se realiza. Otra ventaja es que sus dimensiones son muy reducidas, lo que posibilita el acceso a espacios mínimos. La puesta en carga se realiza sin impactos y vibraciones. En cambio su puesta en obra requiere muchos medios con lo cual es necesario un determinado volumen de obra para ser rentable.

Las aplicaciones son múltiples y se utiliza el método en recalces de diversos elementos estructurales, refuerzo y protección de terrenos y excavaciones, redistribución de cargas, etc.

2.14.2.1.6 Armado del terreno

Este método consiste en atravesar el terreno, en la zona de influencia de las cimentaciones, por un entretejido de barras metálicas, consiguiéndose así una trabazón que, a efectos prácticos, equivale a una cohesión del mismo.

2.14.2.1.7 Sustitución del terreno

La sustitución es otra intervención previa a la cimentación, indicada para terrenos de apoyo conformados por materiales no aptos para cimentar, rellenos de baja calidad, arcillas con alto contenido en agua, etc.

La operación consiste en vaciar esas capas de suelo y sustituirlas por un terreno granular adecuadamente extendido y compactado de mejores características.

2.14.2.1.8 Compactación del terreno

La compactación es el aumento de la densidad de un terreno y se realiza para disminuir la compresibilidad del mismo y por lo tanto los posibles asentos.

2.14.2.2 Intervenciones en cimentaciones superficiales

En el caso de las cimentaciones superficiales existen tres tipos básicos de actuación: refuerzo, ampliación y sustitución.

2.14.2.2.1 Refuerzo mediante inyección

Consiste en rellenar con mortero de cemento los huecos en el macizo de la cimentación.

Este sistema es adecuado en edificios antiguos que poseen macizos de cimentación de mampostería en seco, grava o incluso cascote, que como mucho pueden tener aglomerante degradado y bajo en dosificación.

El refuerzo por inyección tiene la ventaja de que la puesta en carga queda hecha en la misma operación. El mayor problema se halla, en que es una operación ciega y no se puede saber si ha quedado correctamente inyectada toda la masa. Si el terreno colindante es permeable a la inyección, esta puede perderse en huecos innecesarios y no ser efectiva.

Para evitar este accidente, la inyección debe comenzar en el fondo y el contorno de la cimentación, esperar su fraguado para conseguir una franja impermeable y terminar la operación, siempre de abajo hacia arriba, controlando el volumen de

mortero usado. Si existe la posibilidad de fugas se puede solucionar hincando tablestacas o construyendo muretes auxiliares alrededor del cimiento.

2.14.2.2.2 Refuerzo mediante introducción de armaduras

Este tipo de refuerzo consiste, en introducir armaduras adicionales taladrando el cimiento lateralmente. Posteriormente se tensan las armaduras y se inyectan con resinas produciendo un post-tensado en la zapata. Esta es una operación delicada y ya que los taladros deben tener gran precisión de ejecución.

Es una solución utilizada cuando hay zapatas compuestas por un hormigón de calidad suficiente pero con una sección de acero insuficiente para soportar los esfuerzos de flexión y solo es válida si la zapata no presenta rotura alguna.

2.14.2.2.3 Ampliación lateral de la cimentación

Este método de reparación consiste en ampliar la zapata para aumentar la superficie de contacto con el terreno. Si es posible se aumenta también el canto por encima de la zapata, ya que no es recomendable que la nueva zapata tenga un canto demasiado pequeño en relación con su vuelo.

Existen dos tipos de ampliación. El ensanche del cimiento en su plano, cuya trabazón puede conseguirse mediante bulones, resinas, el dentado de la junta de contacto o el acuñamiento de forma y el punteo del cimiento por encima, transmitiendo las cargas a un anillo que contornea y ensancha la cimentación.

Este método se utiliza cuando la superficie de apoyo de las zapatas resulta insuficiente por trabajar a tensiones muy altas o porque los materiales que la conforman se han degradado.

Para lograr una buena unión entre los hormigones hay que preparar la superficie de contacto, picando y limpiando la zapata antigua, y conseguir un perfil de contacto óptimo entre ambas partes. Una buena adherencia puede obtenerse, también, impregnando la superficie de contacto del hormigón viejo con resinas epoxi antes de hormigonar. El hormigón nuevo debe tener una resistencia característica igual o ligeramente superior a la del existente.

Aun así la puesta en carga no está asegurada. Por este motivo, se produce un asiento para que la zona ampliada funcione a pleno rendimiento. Este descenso de la cimentación debe ser valorado y controlado.

Este tipo de ampliación tiene la ventaja de la seguridad en la ejecución, puesto que las zapatas no son descalzadas en ningún momento. Los problemas principales son la adherencia del hormigón nuevo con el antiguo y que la puesta en carga del conjunto se consiga sin asientos excesivos.

2.14.2.2.4 Ampliación por debajo de la cimentación

Esta operación consiste en construir una zapata debajo de la existente para soportar la carga que realmente actúa o que se prevé que va a actuar.

La operación de ampliación comienza con la descarga total del cimiento, o dejando como máximo actuar sobre el mismo el peso propio del muro o pilar de la primera planta. Incluso con la descarga total del cimiento, es prudente realizar la operación por puntos sucesivos, es decir por bataches. Lo correcto siempre es emplear morteros expansivos en la junta horizontal entre los macizos nuevo y viejo para su puesta en carga. También se pueden utilizar gatos hidráulicos, normales o planos, para conseguir una puesta en carga gradual y controlada.

Es una solución muy efectiva ya que no precisa adherencia entre hormigones ni taladros. El problema es que hay que minar la zapata existente, en fases sucesivas, por lo que es necesario descargar mediante apeos la cimentación existente.

Su realización es más sencilla y segura en cimentaciones de zapatas corridas que en zapatas aisladas. Esto es porque el recalce de la cimentación de un pilar necesita mayor cuidado en su puesta en carga que el del cimiento de un muro.

2.14.2.2.5 Sustitución de zapatas aisladas

Este método consiste en la construcción de una nueva cimentación que sustituya a la anterior, conservando o no la cimentación existente y sin contar con su colaboración estructural

En muros la sustitución se realiza por bataches, con descalce parcial de la cimentación y bajando hasta un nivel de terreno resistente. Si el muro se halla en buenas condiciones y no tiene muchos huecos no es necesaria la descarga total de este. Normalmente se realiza también un aumento del área de contacto de la nueva cimentación. En algunos casos el recalce se hace con fábrica de ladrillo, similar al muro recalzado, sobre una zapata de hormigón pero en general se construye con hormigón todo el recalce.

La sustitución por bataches es muy usada para el recalce de muros con zapata corrida ya que la propia rigidez estructural permite puentear los sucesivos huecos creados.

Los problemas fundamentales asociados con este tipo de recalces son la excavación de los bataches y la puesta en carga del nuevo cimiento.

2.14.2.2.6 Sustitución de zapatas continuas o corridas

La sustitución de zapatas continuas o corridas consiste en la demolición completa de la zapata existente antes de la ejecución de la nueva. Esto hace que sea mucho más comprometida que la de una zapata corrida, que se puede realizar a partes parciales.

Siempre será necesaria la descarga mediante apeos, y en el caso de la zapata aislada el apuntalamiento deberá ser de máxima calidad.

La cimentación de pilastras de fábrica, con un área de apoyo sobre el cimiento relativamente amplia, aunque se trata de zapatas aisladas, puede ser sustituida por puntos en la mayoría de los casos. La puesta en carga debe hacerse con un mortero expansivo.

Por otro lado, la sustitución de la cimentación de pilares de acero u hormigón deberá hacerse de una sola vez, dada la escasa sección del apoyo, y el apeo deberá ser total incluyendo el peso propio del pilar desde su arranque. El apeo de la estructura es la parte más comprometida de la operación, ya que luego el procedimiento de la sustitución es sencillo: simplemente demoler el viejo cimiento y construir el nuevo. La puesta en carga se realiza con morteros expansivos o con cuñas metálicas.

2.14.2.2.7 Sustitución mediante punteado

Consiste en construir la nueva cimentación en los laterales o el perímetro de la existente y dirigir las cargas a la nueva cimentación mediante puentes de acero u hormigón armado.

Es un método similar a la ampliación lateral de la cimentación, pero aquí no se tiene en cuenta la colaboración del cimiento antiguo. Se trata de un procedimiento más caro que los anteriores, pues añade a los materiales empleados las piezas que deben trabajar a flexión y cuya flecha de cálculo deberá ser muy estricta. Sin

embargo, es una solución más segura, puesto que la cimentación existente se mantiene durante la ejecución.

Para que funcione correctamente las vigas deben estar bien niveladas y posicionadas. La puesta en carga se realiza con morteros expansivos o con cuñas metálicas.

2.14.2.3 Intervenciones en cimentaciones profundas

Las intervenciones en profundidad siguen dos métodos básicamente.

El primero es la sustitución de la cimentación por otra nueva, generalmente dejando la antigua pero sin función alguna. El segundo tipo de actuación es el refuerzo de la cimentación existente con nuevos pilotes, casi siempre de mejores características resistentes, pero encepados conjuntamente con los primeros.

Las reparaciones en profundidad se utilizan en diversos casos. Para sustituir un pilotaje deficiente por otro correcto o mejorar la resistencia del primero; para variar el estrato de apoyo de la cimentación por otro con una capacidad portante superior; por la presencia de terrenos inestables o niveles freáticos cerca de la superficie; porque se vayan a construir plantas por debajo del edificio; o porque se realicen obras en el entorno cercano que pueden afectar la estabilidad de las cimentaciones existentes.

Hay tres variantes principales de ejecución de los pilotes: ejecutados desde bataches abiertos bajo las cimentaciones; atravesando las cimentaciones existentes; o adosando los pilotes a las cimentaciones y transmitiendo las cargas con elementos puente.

2.14.2.3.1 Recalces por pozos profundos

Es un método empleado tradicionalmente en la consolidación de cimentaciones de muros. El sistema no es válido para zapatas aisladas ya que ofrece más riesgo en su ejecución y requiere la presencia de agua en cantidades apreciables en la excavación.

El recalce profundo por pozos se realiza por puntos, de forma similar a los recalces superficiales en la sustitución de las zapatas corridas, pero con excavación de pozos hasta alcanzar el firme. Los pozos se elaboran de un ancho de 1 a 2 metros, que es el mínimo necesario para poder trabajar, y la entibación

será cuajada o no según la calidad del terreno. Posteriormente, se construye la nueva cimentación y el muro de recalce, retirándose la entibación de abajo a arriba si la seguridad lo permite. Para mayor seguridad, es apropiado el empleo de un mortero expansivo para la puesta en carga del recalce. Las últimas hiladas o el retacado deberán realizarse una vez transcurrido un tiempo prudencial para dejar fraguar y retraer a las fábricas construidas.

2.14.2.3.2 Recalce mediante pilotes que rodean la cimentación

Esta técnica se utiliza para transferir las cargas de grandes macizos a firmes muy profundos, sobre todo cuando hay que atravesar estratos débiles o con agua.

Es muy importante que no se produzcan fuertes vibraciones o impactos en la ejecución de los pilotes, para no afectar al edificio, con lo cual solo podrán ser excavados con herramienta helicoidal. Este método se puede utilizar tanto para zapatas aisladas como para zapatas corridas.

Para asegurar la transferencia entre la antigua cimentación y la nueva se tallan perfiles dentados en la zapata original. En el caso de las zapatas aisladas el encepado perimetral hace un efecto de zunchado, en las continuas es necesario que los encepados estén atados mediante bulones o que exista una unión por debajo de la zapata, ya que no existe un zunchado efectivo.

2.14.2.3.3 Recalces mediante pilotes especiales debajo de la cimentación.

Esta operación consiste en reparar la cimentación actuando por debajo la misma. Es como el caso de los pozos de ejecución manual pero en vez de éstos se utilizan pilotes.

Los pilotes son metálicos y se empalman por tramos. Estos se hincan con la ayuda de gatos hidráulicos que se traban en la cimentación existente y empujan los tramos de pilote, cuando esta hincado en la longitud del recorrido de los gatos y estando éstos extendidos se retiran para la colocación de una nueva sección del pilote. Se procede así hasta que se produce el rechazo. Finalmente se introduce un pequeño pilar metálico y se retiran los gatos y se hormigona y rellena la zona.

El recalce mediante pilotes bajo la cimentación es una técnica segura, pero no es apta para cualquier tipo de terreno. La puesta en carga se realiza durante la propia ejecución lo cual puede ser muy útil.

2.14.2.3.4 Recalces mediante la ampliación del número de pilotes

Esta técnica consiste en la construcción de pilotes del mismo tipo, a la misma o mayor profundidad que la de los existentes.

Los pilotes se deben situar de forma simétrica y a una distancia mínima de los antiguos dejándose una holgura suficiente para la introducción de un mortero expansivo.

La colaboración entre las cimentaciones está asegurada, pero no se sabe si el reparto de las cargas es el deseado. Por este motivo, en el caso de pilares que transmiten una carga muy grande es conveniente no contar con la colaboración de los pilotes existentes y confiar toda la carga a los nuevos.

2.14.2.3.5 Pilotes que atraviesan las cimentaciones existentes

El micropilote es un pilote de pequeño diámetro, entre los 100 y 300 mm y es un elemento estructural de empleo muy generalizado en la actualidad para tareas de recalce y consolidación de cimentaciones. Pueden ser hormigonados por gravedad o a presión, con vaina recuperable o perdida, y su capacidad portante varía, según el diámetro y tipo, entre las 10 y las 100 toneladas.

La transmisión de cargas de la cimentación antigua a la nueva suele realizarse normalmente por adherencia, si el macizo existente lo permite. Para ello la cimentación debe tener suficiente canto y resistencia. La distancia al terreno firme debe ser inferior a 20 metros dado que es difícil asegurar la integridad estructural de micropilotes tan largos. Hay que asegurarse de que el terreno atravesado no sea demasiado flojo y la hincada de los micropilotes no produzca esfuerzos no deseados. Es recomendable formar grupos numerosos de micropilotes porque se mejora notablemente la resistencia frente a la del micropilote aislado.

2.14.2.3.6 Pilotes adosados mediante cabezales de unión posteriores

Se trata de pilotes verticales, con diámetros entre 30 y 60 cm, adecuados para el recalce de muros o zapatas corridas con cargas importantes, y cuando la obra permite introducir maquinaria relativamente pesada y de bastante altura.

La unión con la cimentación antigua puede conseguirse de las siguientes formas: mediante vigas pasantes que encepán los pilotes colocados a ambos lados; o con

vigas longitudinales, atirantadas posteriormente, encepando los pilotes de cada lado. En ambos casos las vigas pasantes pueden ser metálicas, de hormigón armado o de hormigón pretensado.

Es importante que las reacciones de la viga sobre el cimiento sean las admisibles para los materiales adjuntos a ella, sobre todo si son mamposterías. También hay que comprobar que las flechas resultantes sean admisibles.

2.14.3 FALLAS EN MUROS

Por lo general estas fallas pueden deberse a:

- a) Inadecuada resistencia al cortante de los entrepisos debido a la escasez de elementos tales como columnas y muros. Es decir debido a una falla en el diseño del edificio.
- b) Grandes esfuerzos de cortante y tensión diagonal en columnas y vigas.
- c) Falla por adherencia del bloque de unión en las conexiones viga-columna debido al deslizamiento de las varillas ancladas, o falla de cortante.
- d) Grandes esfuerzos en muros de cortante, sin o con aberturas, solos o acoplados.
- e) Vibración torsional causada por la falta de coincidencia en planta del centro de masas del centro de rigidez.
- f) Punzonamiento de la losa de edificios construidos a base de losas planas.
- g) Variación brusca de la rigidez a lo largo de la altura del edificio.
- h) Golpeteo entre edificios.
- i) Amplificación de los desplazamientos en la cúspide de los edificios.
- j) Grandes esfuerzos de cortante entre columnas acortadas por el efecto restrictivo al desplazamiento causado por elementos no estructurales.

Debe mencionarse que el momento flector, la carga axial y la fuerza cortante, actúan de manera simultánea en la estructura del edificio, y que sus valores máximos tienen lugar en los primeros pisos del edificio, por lo que es allí donde tienden a presentarse las fallas, que inclusive pueden darse por una combinación de las tres fuerzas de sección mencionadas.

2.14.3.1 Falla por flexión

Este tipo de falla se presenta cuando la capacidad de resistencia a la fuerza cortante (proporcionada por el refuerzo horizontal y el concreto) supera a la flexión (generada por el refuerzo axial y la carga axial). Esta falla se caracteriza por el balanceo del muro entorno a sus extremos, Transmitiéndose gran parte de la carga vertical por el extremo comprimido, lo que puede originar la trituración del concreto en el subsiguiente pandeo del refuerzo vertical, en caso de que no exista confinamiento en los extremos.

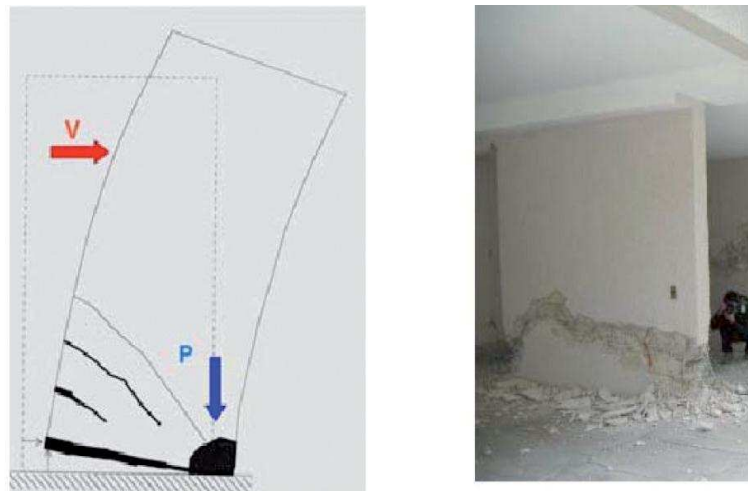


Figura 2.5. Falla de muro de concreto por flexión.

Sólo los bordes libres (sin muros transversales) necesitan ser confinados con estribos a corto espaciamiento, puesto que en el extremo con muros transversales largos, el área flexocomprimida se incrementa notoriamente, aparte que los muros transversales proporcionan confinamiento al muro en análisis.

La falla por flexión trata de concentrarse en las zonas más débiles del muro, por ejemplo, donde hay una reducción significativa de su longitud, evidentemente porque la capacidad resistente a flexión en la zona más larga del muro es mayor que la existente en la zona de menor longitud.

2.14.3.2 Falla por corte

La falla por corte se produce en los muros de concreto cuando su capacidad resistente a fuerza cortante es inferior a la de flexión. Esta falla se caracteriza por

la presencia de grietas diagonales; al igual que en una falla por flexión, los talones del muro pueden triturarse con el subsiguiente pandeo del refuerzo vertical, si es que el extremo carece de estribos de confinamiento.

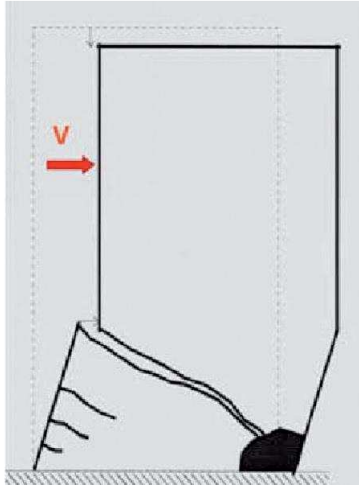


Figura 2.6. Falla de muro de concreto por corte.

2.14.3.3 Falla por corte-cizalle (Deslizamiento)

Este tipo de falla es una derivación de falla por flexión, producida al conectarse las dos grietas formadas por flexión en ambos extremos del muro. Esta falla se produce generalmente en las juntas de construcción del muro; se agrava cuando existe segregación del concreto, cuando las juntas son lisas o cuando los traslapes del refuerzo vertical son realizados en la misma sección transversal. También. Cuando se diseña el refuerzo vertical sólo por flexión, sin considerar que en simultáneo actúa la fuerza cortante.

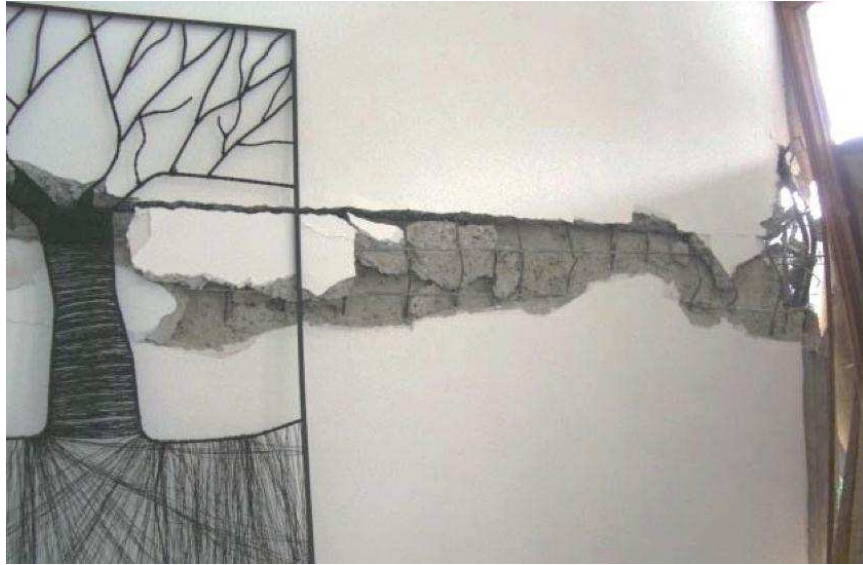


Figura 2.7. Falla de muro de concreto por deslizamiento.

2.14.4 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLAS EN MUROS

De acuerdo a la función que desempeña el muro se tiene principalmente:

- **Muros de carga.-** Cuando el muro recibe y soporta la carga de la viga principal. Este tipo de muros tienen una estructura definida que le permite soportar cargas de compresión principalmente además de otras cargas que puedan surgir.
- **Muros de relleno.-** Los muros de relleno tan solo sirven para dividir los espacios dentro de cada uno de los pisos del edificio. No soporta carga y solo está confeccionado por elementos de mampostería.

2.14.4.1 Corrección de fallas en muros de carga.

Las reparaciones en muros de carga se deben realizar con sumo cuidado debido a que de él dependen otros elementos estructurales del sistema. Antes de proceder a la separación del mismo se debe hacer un estudio exhaustivo de las características de la falla del muro y tomar una decisión entre corregir la falla ó remplazarlo completamente.

Para un muro de carga se hace necesario su remplazarlo completo cuando las fisuras que se encuentran en el mismo son de gran magnitud, para lo que se debe seguir los siguientes pasos:

1. Hacer un estudio de las cargas que actúan en el edificio y en el lugar que el muro falló, además de conocer exactamente la razón por la que surgió.

2. Realizar el apuntalamiento, es decir utilizar otros elementos de soporte para las cargas que el muro se encontraba soportando.
3. Derribar completamente el muro eliminando todo el sistema estructural.
4. Con las características del fallo anterior, diseñar un nuevo muro de carga capaz de soportar las fuerzas que actuarán sobre este.
5. Construir el nuevo muro de carga.
6. Ensayar el nuevo muro bajo las condiciones límites.
7. Mantener bajo observación por 3 meses.

Los muros de carga están diseñado con elementos metálicos en conjunción con otros elementos como bloque y cemento que le permiten ser apto para soportar las cargas que sobre el son aplicadas.

2.14.4.2 Corrección de fallas en muros de relleno

Cuando se trata de muros de relleno, se debe conocer las características del material del cual se encuentra formado. Si es el caso y el material es de bajo costo, se procede a su remplazo cuando presenta un fallo. Pero, cuando se trata de muros de bloque y cemento se tienen varias técnicas que permiten corregir el fallo. Dentro de estas se consideran la inyección de resinas epoxi, la cicatrización, el ocratizado y el grapado entre otras.

2.14.5 FALLAS EN LOSAS

Las losas son elementos estructurales bidimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña comparada con las otras dos dimensiones básicas. Las cargas que actúan sobre las losas son esencialmente perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión.

El principal indicador de falla en una losa es la aparición de grietas y fisuras, las mismas que pueden deberse a varias causas tales como:

- Las losas, junto con las vigas trabes, cimientos, columnas y muros constituyen un sistema estructural en el cual la falla de cualquiera de estos puede afectar a los demás componentes, es así que las grietas y fisuras en

una losa, no solo son el resultado de la falla de la misma sino que también pueden evidenciar la falla de un elemento estructural adyacente.

- Diseño inadecuado.
- Sobrecargas no previstas.
- Mala calidad del concreto.
- Cambios bruscos de humedad y temperatura.
- Vibraciones.
- Sismos.
- Incendios.

Una losa, ensayada hasta la falla, en el centro del claro, tiene el comportamiento mostrado en la siguiente figura, en la que se distinguen:

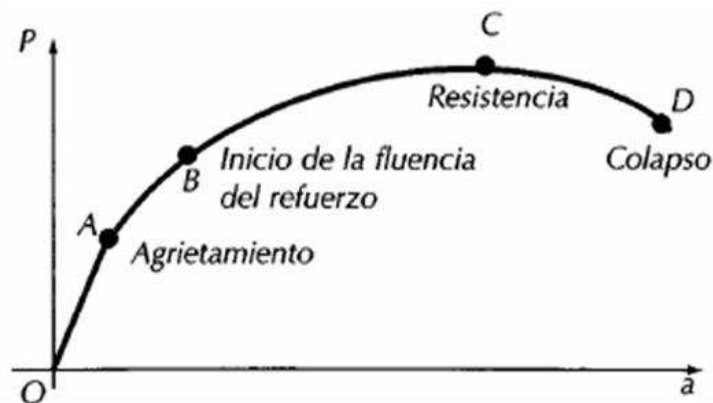


Figura 2.8. Carga vs deflexión de una losa.²⁹

- Una etapa lineal desde 0 hasta A, en la que el agrietamiento del concreto en la zona de esfuerzos de tensión es despreciable, donde el agrietamiento del concreto por tensión, representado por el punto A, ocurre bajo cargas relativamente altas. Las cargas de servicio de las losas se encuentran generalmente cerca de la carga correspondiente al punto A.
- La etapa A-B, en la que existe agrietamiento del concreto en la zona de carga y los esfuerzos en el acero de refuerzo son menos que el límite de fluencia. La transición de la etapa 0-A a la etapa A-B es gradual, puesto que el

²⁹ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 27 enero 2012]; Disponible en: <http://www.slideshare.net/travisagustin/losas>

agrietamiento del concreto se desarrolla paulatinamente. Por esta razón, la pendiente de la gráfica esfuerzo deformación en el tramo A-B, disminuye poco a poco.

- La etapa B-C en la que los esfuerzos en el refuerzo sobrepasan el límite de fluencia. Al igual que el agrietamiento del concreto, la fluencia del acero de refuerzo empieza en las zonas de momentos flexionantes máximos y se propaga paulatinamente hacia las zonas de momentos menores.
- Por último, la rama descendente C-D, cuya amplitud depende, del sistema de aplicación de cargas.

El avance del agrietamiento y de la fluencia del refuerzo en distintas etapas de carga empieza en el centro de la losa, que es en la zona de momentos flexionantes máximos y continúa hacia las esquinas a lo largo de las diagonales.

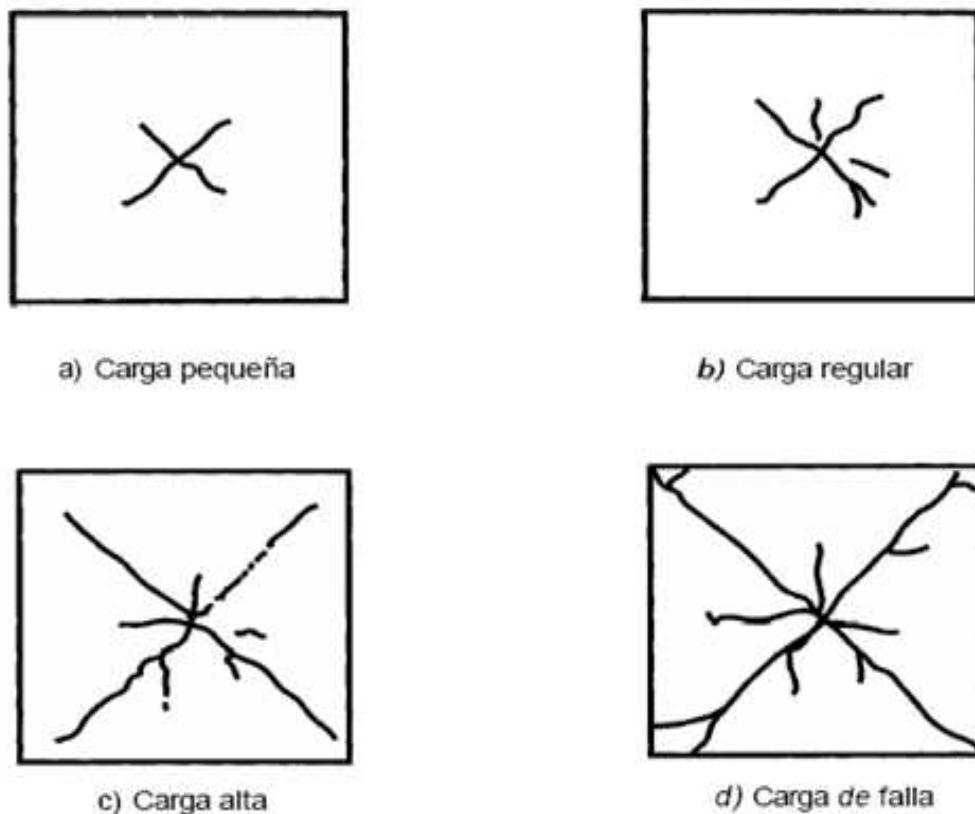


Figura 2.9. Configuraciones de agrietamiento para distintos valores de carga.³⁰

³⁰ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 27 enero 2012]; Disponible en:

<http://www.slideshare.net/travisagustin/losas>

2.14.5.1 Punzonamiento en losas

Se produce un esfuerzo de punzonamiento cuando un pilar se apoya sobre una losa, o una losa se apoya sobre un pilar.

Si la losa no está armada convenientemente, se produce una rotura con forma de cono característica. Es como si el pilar se clavara o punzonará la losa.

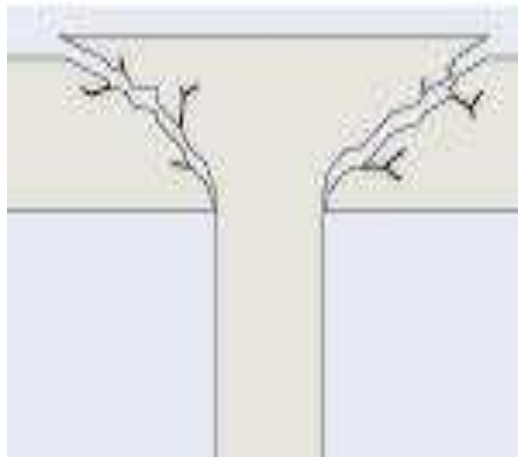


Figura 2.10. Rotura por punzonamiento.³¹

Puede producirse en el encuentro de un pilar con la losa, o en cimentaciones superficiales. Este efecto puede aparecer en los forjados reticulares y en losas macizas.

La superficie crítica de punzonamiento es la superficie de rotura, que abarca el perímetro donde se apoya la losa y se eleva con un ángulo entre 30° y 45° .

La rotura aparece de improviso, bruscamente y sin aviso. En algunos edificios han llegado a producirse hundimientos de varios pisos, muchas veces originados por no haber sido detectada ninguna fisura por quedar oculta tras recubrimientos.

2.14.5.2 Reparación de fallas en losas

Una vez detectada la falla, se debe evaluar la situación del elemento y determinar la intervención requerida, la misma que puede ser:

³¹ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 29 enero 2012]; Disponible en:

<http://www.geohidrol.es/punzonamiento.php>

- Reparación de grietas y fisuras mediante inyección de resina epoxi u otras técnicas de reparación.
- Refuerzo del elemento, para esto primero se debe verificar armaduras o refuerzos existentes para luego determinar el tipo de refuerzo requerido.
- Eventual demolición y remplazo

En base a una cuidadosa evaluación de la magnitud y las causas de la fisuración es posible seleccionar procedimientos para lograr uno o más de los siguientes objetivos:

- Restablecer y aumentar la resistencia
- Restablecer y aumentar la rigidez
- Mejorar la funcionalidad
- Lograr impermeabilidad
- Mejorar la apariencia superficial del concreto
- Mejorar la durabilidad
- Impedir colapsos estructurales y pérdidas humanas.

Dependiendo de la naturaleza de los daños se puede seleccionar un solo método de reparación o varios.

2.14.5.2.1 Reparación de daños a causa de esfuerzos de punzonamiento.

En caso de detectarse grietas o fisuras se debe:

- Si son de mínimas extensión y dimensiones se puede resolver el problema mediante inyección epoxi u otras técnicas de reparación de fisuras.
- Reducir concentración de tensiones mediante aumentos de sección de la columna y capiteles.
- Traspasar carga a elementos inferiores.

Si se detecta una rotura por punzonamiento se debe:

- Realizar un apuntalado de urgencia
- Analizar el estado y la posible reparación

- Si la reparación no es factible se debe proceder con la demolición y remplazo de la losa.

2.14.6 MECANISMO DE REPARACIÓN DE FISURAS Y GRIETAS EN CIMENTACIONES, MUROS Y LOSAS.

Una fisura es una abertura pequeña, que tan solo es superficial, en tanto que una grieta es una abertura mas profunda de mayor dimensión que generalmente afecta todo el espesor de la losa.

2.14.6.1.1 Inyección de resinas epoxi

Es importante tener en cuenta que una fisura viva (fisura que continúa abriéndose) o evolutiva no puede ser reparada sin antes eliminar el fenómeno que la produce.

Los pasos generales a seguirse en la reparación de grietas y fisuras mediante la inyección de resina epoxi son los siguientes.

- Determinar si son vivas o muertas
- Analizar y resolver la patología que la produjo.
- Seleccionar la resina epoxi adecuada, cuanto mayor sea la fisura mayor debe ser la viscosidad
- Preparar la superficie

Húmeda	——>	Aire Caliente
Sucia	——>	Limpiarla
Grasa	——>	No puede inyectarse
- Colocar boquillas de inyección cada 20 a 50 cm, dependiendo del espesor del elemento a inyectar y de la abertura de la grieta, fijándolas con una masilla epóxica.
- Inyección de resina. Se suele utilizar una pistola de doble entrada que mezcla con precisión la resina y el endurecedor. Es necesario tapar la superficie de la fisura antes de inyectar y colocar las boquillas de inyección. Se inicia la inyección por el punto más bajo hasta que rebose por el siguiente. Se tapa a boquilla inferior. Se continúa la inyección desde la boquilla que ha rebosado. Se repite el proceso hasta que toda la fisura esté completamente inyectada.

Mediante la inyección de este tipo de resinas se pueden adherir fisuras de muy poca abertura; hasta 0.05 mm. Son elementos que se polimerizan en presencia de un catalizador. Presentan una buena adherencia a la piedra, cerámica, hormigón y acero. Tienen retracciones menores que las que presenta el hormigón.

Como es un elemento controlable, es óptimo para su inyección en grietas y fisuras, pegados de hormigones de diferentes edades, pegado de acero a hormigón y además del pegado de elementos metálicos.



Figura 2.11. Reparación de fisuras en una losa mediante la inyección de resina epoxi.³²

2.14.6.1.2 Perfilado y sellado

Este procedimiento se puede aplicar en condiciones que requieren una reparación inmediata y cuando no es necesario efectuar una reparación estructural. Este método consiste en agrandar la fisura a lo largo de su cara expuesta y rellenarla y sellarla con un sellador adecuado.

³² IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 04 febrero 2012]; Disponible en: <http://www.ecosat.cl/reparacion-de-fisuras.htm>

Los selladores pueden ser de diferentes materiales, incluyendo resinas epoxi, uretanos, siliconas, polisulfuros, materiales asfálticos o morteros de polímeros.

El procedimiento consiste en preparar en una superficie una ranura de profundidad variable, generalmente 6 a 25 mm. Se limpia la ranura con chorro de aire o agua a presión y se seca. Se coloca el sellador en la ranura y se permite su curado.

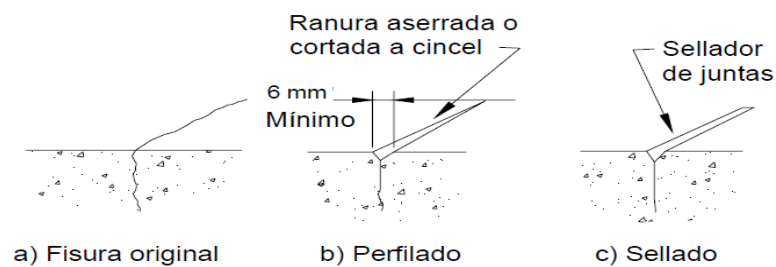


Figura 2.12. Reparación de una fisura mediante perfilado y sellado.

2.14.6.1.3 Costura de fisuras

Los pasos del procedimiento de costura son perforar orificios a ambos lados de la fisura, limpiar los orificios y anclar las patas de las grampas en los orificios, utilizando un mortero que no se contraiga, o bien un sistema adhesivo en base a resina epoxi.

Se pueden utilizar costuras cuando es necesario restablecer la resistencia a la tracción en fisuras importantes. Al coser una fisura la estructura tiende a ser más rígida.

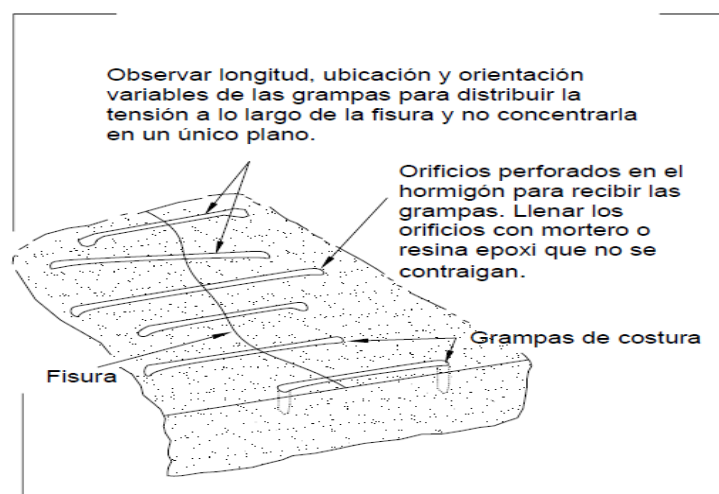


Figura 2.13. Reparación de una fisura mediante costura.

En este método de reparación se debe tener muy en cuenta la disposición de las grapas respecto a la grieta, la misma que debe ser simétrica. Si es posible, se debe evitar que los extremos de las grapas estén en una misma alineación, para evitar una nueva línea de fractura.

Las perforaciones para anclar las grapas deben tener un diámetro igual al doble de la barra utilizada. Los extremos doblados de las grapas deben introducirse por completo en los orificios antes de sellarlos.

2.14.6.1.4 Acero de pretensado

A menudo el pretensado es la mejor solución disponible cuando se debe reforzar una parte importante del elemento, o cuando se deben cerrar las fisuras que se han formado. Esta técnica emplea barras o cables de pretensado para aplicar una fuerza de compresión. El acero de pretensado se debe anclar adecuadamente, y es necesario realizar el procedimiento cuidadosamente para evitar que el problema simplemente se traslade a otras partes de la estructura.

2.14.6.1.5 Impregnación con polímero

Para reparar algunas fisuras se pueden usar sistemas monoméricos. Los monómeros adecuados poseen diversos grados de volatilidad, toxicidad e inflamabilidad, y no son aptos para ser mezclados con agua. Tienen muy baja viscosidad y penetran el hormigón seco llenando las fisuras, tal como lo haría el agua. El monómero más frecuentemente utilizado para este propósito es el metacrilato de metilo.

2.14.6.1.6 Cicatrización

Es un proceso que se produce espontáneamente en grietas muertas, saturadas de agua que no circula. Este sellado ocurre por carbonatación del CaO y de Ca(OH)₂ del cemento por acción del CO₂ del aire y del agua. Con esto se forman cristales de CO₃Ca que cierran la fisura. El efecto dura unos 90 días.

2.14.6.1.7 Ocratizado

Se emplea para fisuras estrechas (menores a 0,2 mm). Este efecto se consigue aplicando vidrio líquido (fluosilicato de sodio y potasio) con pincel, el cual penetra por capilaridad. Este material reacciona con la cal y genera como producto fluosilicato cálcico, que presenta la característica de cerrar la fisura de adentro hacia afuera.

2.14.7 FALLAS EN TRABES, VIGAS Y COLUMNAS

Estos son elementos estructurales esbeltos que básicamente constituyen la columna vertebral del edificio, el colapso de cualquiera de ellos, en la mayoría de las veces, conlleva a grandes pérdidas económicas y en el peor de los casos a pérdidas humanas.

Estos miembros estructurales básicamente están solicitados a una combinación de momento y carga axial. Cuando la magnitud de alguna de ellas es relativamente pequeña, su efecto es despreciable y el elemento se diseña como una viga, una columna axialmente cargada o un miembro a tracción, pero en muchas otras situaciones ningún efecto puede despreciarse y el diseño debe considerar el comportamiento del miembro bajo carga combinada.

2.14.7.1 Modos de falla en trabes, vigas y columnas

Los modos de falla que en general afectan a estos componentes estructurales, son:

- Inestabilidad elástica (pandeo)
- Excesiva deformación elástica
- Excesiva deformación plástica (fluencia generalizada)
- Inestabilidad plástica (estricción, fractura dúctil rápida)
- Fatiga
- Creep y creep-fatiga
- Fractura (frágil, dúctil)
- Corrosión

Los cuatro primeros pueden ser atribuidos fundamentalmente a falencias en el diseño. Los cuatro modos mencionados en último término, obedecen muchas veces a factores introducidos durante las etapas de fabricación del elemento. En

particular los problemas de fatiga, corrosión y fractura rápida suelen estar estrechamente relacionados con las operaciones de soldadura que se hayan utilizado.

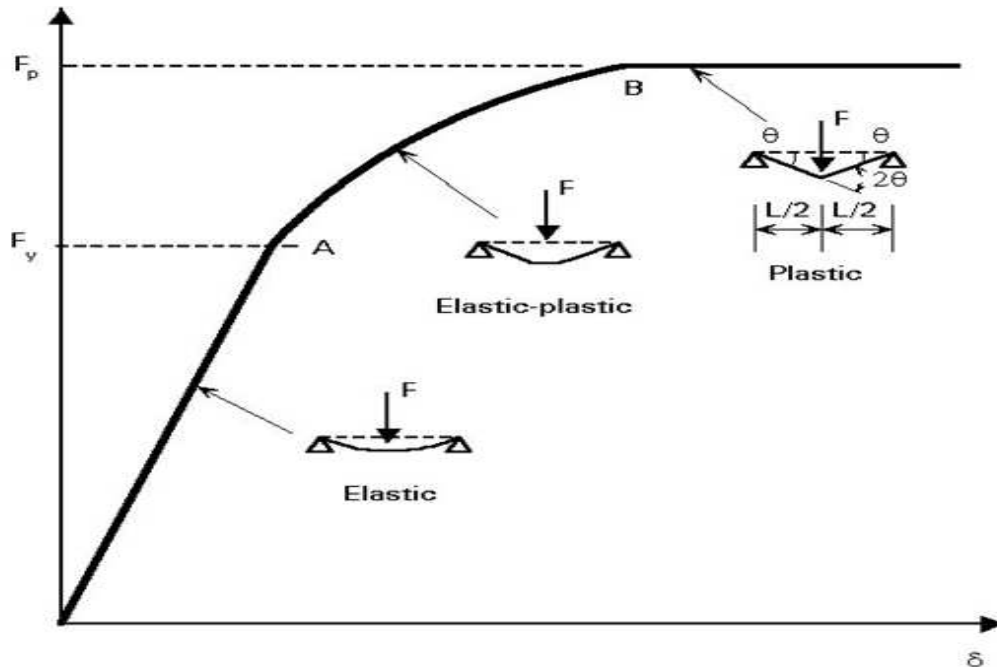


Figura 2.14. Relación entre la carga aplicada y la deformación central que se obtendría en una prueba a una viga de acero simplemente apoyada.³³

2.14.7.1.1 Excesiva deformación e inestabilidad elástica

Se produce cada vez que una pieza que debe mantener sus dimensiones dentro de ciertos límites, sufre una deformación elástica que hace que aquellas excedan el valor admisible, conduciendo a problemas tales deflexiones excesivas. En el caso de uniones soldadas, la recuperación elástica que sigue a la liberación de una pieza inmovilizada durante la soldadura, puede conducir a cambios dimensionales o distorsiones inadmisibles.

La forma más común del modo de falla por inestabilidad es el pandeo. Este se produce cuando un elemento estructural esbelto tal como una columna es sometido a una carga de compresión suficientemente alta como para deformarlo.

³³ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 08 febrero 2012]; Disponible en: <http://www.fgg.uni-lj.si/kmk/esdep/master/wg07/10820.htm>

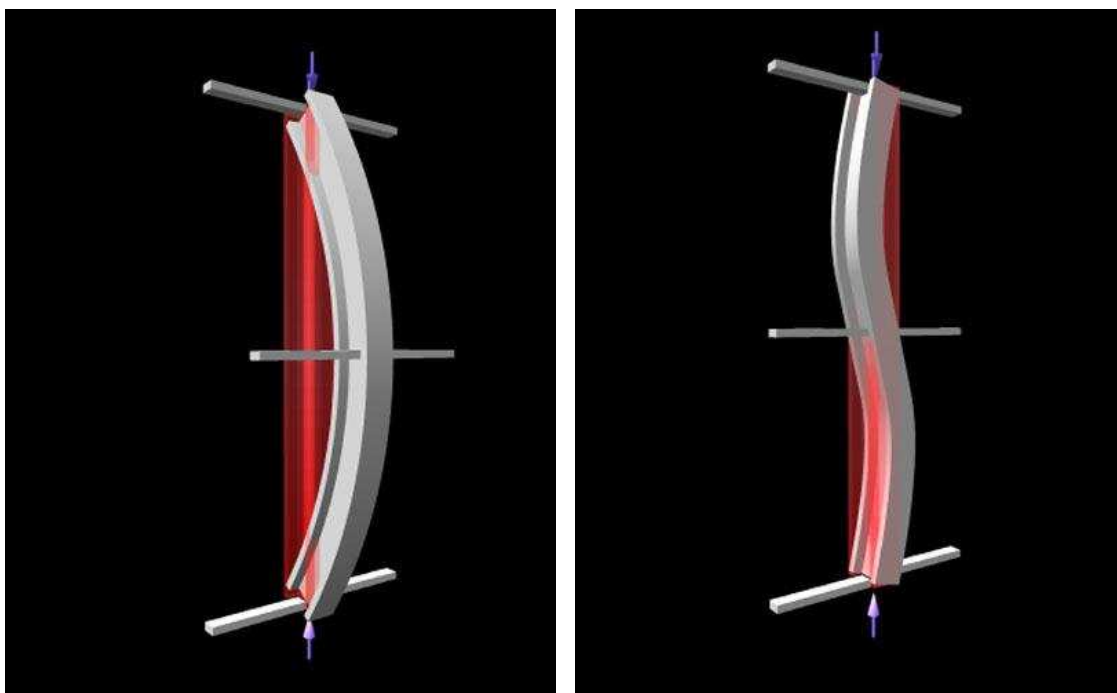


Figura 2.15. Excesiva deformación e inestabilidad elástica (pandeo generalizado).³⁴



Figura 2.16. Pandeo local de vigas.³⁵

³⁴ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 08 febrero 2012]; Disponible en: <http://www.arch.virginia.edu/~km6e/arch324/content/lectures/lec-12/pres.html>

2.14.7.1.2 Excesiva deformación plástica

Constituye el modo de falla mejor comprendido en un componente estructural, y es la base del diseño de componentes estructurales. En teoría ningún punto de una sección resistente debe alcanzar una condición de fluencia, es decir de deformación plástica. Sin embargo, en las estructuras reales, y muy particularmente en las estructuras soldadas, la presencia de concentradores de esfuerzos es inevitable y por ende también lo es la existencia de zonas plastificadas en el vértice de tales concentradores. En la medida que el tamaño de tales zonas plásticas sea despreciable en relación con las dimensiones de la sección resistente, puede considerarse que la sección se comportará de manera elástica. Por otro lado, si por un incremento de carga, las zonas plásticas se propagan hasta alcanzar una fracción significativa de la sección, tendrá lugar una falla por excesiva deformación plástica.

En caso de que la sección completa llegara a plastificarse se habla de una condición de fluencia generalizada.



Figura 2.17 Excesiva deformación plástica de una columna.³⁶

³⁵ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 08 febrero 2012]; Disponible en:
<http://911research.wtc7.net/mirrors/guardian2/fire/cardington.htm>

³⁶ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 08 febrero 2012]; Disponible en:
<http://911research.wtc7.net/mirrors/guardian2/fire/cardington.htm>

2.14.7.1.3 Inestabilidad plástica

Un material que ha alcanzado la condición plástica puede inestabilizarse y conducir rápidamente a un colapso plástico. Un ejemplo conocido de este fenómeno es la estricción que precede a la rotura en el ensayo de tracción de un material dúctil. La inestabilidad plástica puede ser responsable en otros casos de la propagación rápida de una fisura, dando origen a un fenómeno de fractura dúctil rápida.

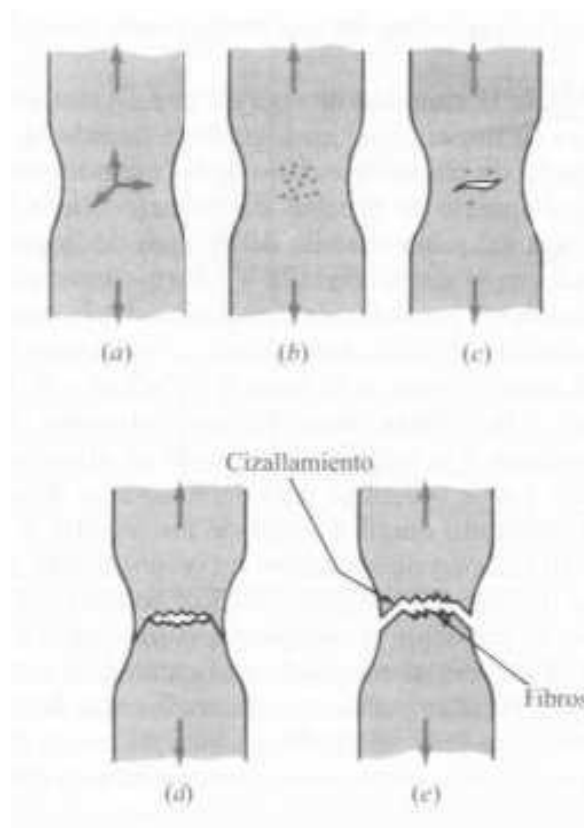


Figura 2.18. Proceso de fractura dúctil.³⁷

La fractura dúctil comienza con la formación de un cuello y la formación de cavidades dentro de la zona de estrangulamiento. Luego las cavidades se fusionan en una grieta en el centro y se propaga hacia la superficie en dirección perpendicular a la tensión aplicada. Cuando se acerca a la superficie, la grieta

³⁷ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 09 febrero 2012]; Disponible en:

<http://www.monografias.com/trabajos46/fracturas-mecanicas/fracturas-mecanicas2.shtml>

cambia su dirección a 45° con respecto al eje de tensión y resulta una fractura de cono y embudo.

2.14.7.1.4 *Fatiga*

El fenómeno de fatiga es responsable aproximadamente de más del 90% de las fallas por rotura de uniones soldadas y muchas veces precede a la fractura rápida. Una discontinuidad que actúa como concentrador de esfuerzos bajo cargas cíclicas puede iniciar una fisura por fatiga, la misma que puede propagarse lentamente hasta alcanzar un tamaño crítico a partir del cual crece de manera rápida pudiendo conducir al colapso casi instantáneo de la estructura afectada.

2.14.7.1.5 *Creep y creep-fatiga*

Las deformaciones elásticas y plásticas que sufre un material se suelen idealizar asumiendo que las mismas se producen de manera instantánea al aplicarse la fuerza que las origina. La deformación que puede desarrollarse posteriormente en algunas situaciones y que progresa en general con el tiempo, se conoce con el nombre de *creep*.

Para los materiales metálicos y los cerámicos, la deformación por creep se torna significativa por encima del rango de temperaturas $0.3/0.6 T_f$, donde T_f es la temperatura absoluta de fusión del materia

Cuando el fenómeno de creep se combina con el de fatiga, se tiene una situación conocida como creep-fatiga.

2.14.7.1.6 *Fractura*

Se puede definir la fractura como la culminación del proceso de deformación plástica. En general se manifiesta como la separación o fragmentación de un cuerpo sólido en dos o más partes bajo la acción de un estado de cargas.

La deformación plástica que precede a la fractura define a breves rasgos el tipo de fractura del que se trata, si esta es considerable se trata de una fractura dúctil y es característica de materiales del sistema cubico de caras centradas (fcc) en estado de alta pureza. Si la deformación plástica que precede a la rotura es mínima se trata de una fractura frágil, característica de muchos sólidos, particularmente metales cúbicos de cuerpo centrado (bcc) y cristales iónicos.

2.14.7.2 Métodos de inspección de fallas en traves, vigas y columnas

La detección prematura de fallas permite realizar reparaciones a bajos costos y evitar accidentes lamentables.

2.14.7.2.1 Inspección visual

La inspección visual, es sin duda una de las pruebas no destructivas más ampliamente utilizada, ya que gracias a esta, se puede obtener rápidamente información de la condición superficial de los elementos inspeccionados.

La utilización de dispositivos ópticos como lupas sirven para mejorar la percepción de las imágenes recibidas por el ojo humano, o bien un boroscopio para proporcionar contacto visual en áreas de difícil acceso.

2.14.7.2.2 Líquidos penetrantes

El método de líquidos penetrantes, consiste en la aplicación de un líquido, con buenas características de penetración en pequeñas aberturas, sobre la superficie limpia del material a inspeccionar. Una vez que ha transcurrido el tiempo suficiente, se realiza una remoción o limpieza del exceso de líquido penetrante, a continuación se aplica un revelador de color diferente al líquido penetrante, el cual absorberá el líquido que haya penetrado en las aberturas superficiales.

Las áreas en las que se observe la presencia de líquido penetrante después de la aplicación del líquido absorbente o revelador, son áreas que contienen discontinuidades superficiales como grietas o fisuras.

En general, existen dos principales técnicas inspección por líquidos penetrantes, en una se utilizan líquidos penetrantes que son visibles a simple vista ó con ayuda de luz artificial blanca y, en la segunda, líquidos penetrantes fluorescentes que solo son visibles al ojo humano cuando se les observa en la oscuridad y utilizando luz negra o ultravioleta.

2.14.7.2.3 Pruebas magnéticas

Cuando un metal es magnético, atrae en sus extremos o polos a otros metales igualmente magnéticos o con capacidad para magnetizarse. Es decir, si un material magnético presenta discontinuidades en su superficie, éstas actuarán

como polos, y por tal, atraerán cualquier material magnético que esté cercano a las mismas. De esta forma, un metal magnético puede ser magnetizado local o globalmente y se le pueden esparcir sobre su superficie, pequeños trozos o diminutas partículas magnéticas y así observar cualquier acumulación de las mismas, lo cual es evidencia de la presencia de discontinuidades.

Existen dos principales tipos de partículas magnéticas: aquellas que son visibles con luz blanca y aquellas fluorescentes, cuya observación debe ser bajo luz negra o ultravioleta.

2.14.7.2.4 Ultrasonido

Este método se basa en la generación, propagación y detección de ondas sonoras a través de los materiales. El equipo utilizado consiste en un sensor o transductor acústicamente acoplado en la superficie de un material. Este sensor, contiene un elemento piezo-eléctrico, cuya función es convertir pulsos eléctricos en pequeños movimientos o vibraciones, las cuales a su vez generan sonido, con una frecuencia en el rango inaudible al oído humano. El sonido se propaga a través del material hasta que pierde por completo su intensidad ó hasta que topa con una interface, es decir algún otro material tal como el aire, inclusiones, escorias o el agua y, como consecuencia, las ondas pueden sufrir reflexión, refracción, distorsión, etc. Lo cual puede traducirse en un cambio de intensidad, dirección y ángulo de propagación de las ondas originales.

Las principales características de los materiales que pueden ser detectadas mediante ultrasonido son:

- Velocidad de propagación de ondas.
- Tamaño de grano en metales.
- Presencia de discontinuidades (grietas, poros, escorias, etc.)
- Medición de espesores de pared.

2.14.8 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLAS EN TRABES, VIGAS Y COLUMNAS

2.14.8.1.1 Rehabilitación y Refuerzos

Es importante distinguir entre un refuerzo y una rehabilitación ya que, si bien en ambos casos se trata de acciones sobre edificios o construcciones ya existentes, la diferencia básica está en el objetivo que persiguen.

Cuando únicamente se pretende aumentar la resistencia, la rigidez o ambas propiedades simultáneamente de una estructura o de un elemento estructural, se trata de una intervención de refuerzo. Por otro lado, si el objetivo de la intervención es para que un edificio o construcción pueda emprender un nuevo ciclo de vida, estamos hablando de una rehabilitación.

La necesidad de rehabilitar surge por alguna de las siguientes razones:

- Como resultado de las inspecciones periódicas de los edificios, cuando se han observado lesiones, independientemente de las causas que las motiven.
- Cuando se detectan vibraciones en el edificio.
- Cuando se pretende cambiar el uso al que estaba destinado inicialmente el edificio.
- Cuando se pretenden mejorar las condiciones de uso del edificio.
- Cuando se pretende reformar el edificio.

Las causas que suelen motivar la necesidad de un refuerzo son:

- El incremento de los valores de las cargas a las que puede estar sometida la estructura, debido a un cambio de uso o bien al incremento de sobrecargas de uso con el paso del tiempo.
- La disminución de la resistencia de la estructura, por degradación del material estructural o bien por la pérdida de sección de alguno de sus elementos
- El efecto de acciones accidentales como un sismo, fuego, explosión, choque.
- Cambios en la geometría existente por reformas del edificio.



Figura 2.19. Perdida de sección por oxidación.³⁸

Básicamente se puede clasificar a los refuerzos en activos y pasivos.

- Los refuerzos activos están especialmente indicados cuando la estructura original no verifica los estados límites de servicio, es decir, cuando el refuerzo obedece a la necesidad de recuperar las deformaciones existentes, o bien cuando el refuerzo debe aportar un incremento importante de la capacidad de la estructura ante estados límites.
- El refuerzo pasivo obedece a la necesidad de aumentar el nivel de seguridad de la estructura hasta alcanzar los valores exigibles hoy en día, lo cual se consigue con un incremento de su resistencia última. En estos casos, si bien la estructura reforzada deberá ser capaz de desarrollar la resistencia última deseada, aportada a través del refuerzo, la movilización de éste no será necesaria salvo que se produzcan incrementos de carga.

Cualquiera que sea la solución de refuerzo adoptada, para que sea efectiva es necesaria su movilización, es decir, que el refuerzo entre en carga. Esta movilización puede realizarse en el mismo momento de la puesta en obra del refuerzo o bien posteriormente, al incrementar la carga que solicita al elemento reforzado.

³⁸ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 10 febrero 2012]; Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/20826108/Refuerzo-de-Estructura>

Tanto o más importante que el diseño del propio refuerzo es el diseño de la unión entre dicho elemento y la estructura original, ya que es a través de la unión que debe garantizarse la transmisión de esfuerzos, para que el refuerzo sea efectivo.

Desde el punto de vista de la unión, cabe diferenciar dos tipos de refuerzo.

- El refuerzo basado en la adición de un elemento a otro ya existente, como es el caso de la adición de pletinas, chapas o perfiles a una viga metálica.
- Otro tipo de refuerzo es el basado en la adición de un nuevo elemento resistente a la estructura original, orientado generalmente a la estabilización global o parcial de la misma.

La introducción de un sistema artificial de cargas en una estructura existente es una operación que requiere la utilización de gatos hidráulicos junto con otros medios auxiliares y controles muy costosos, lo cual puede ser un factor determinante de la viabilidad del refuerzo.

2.14.8.1.2 Cambio del elemento estructural, apeos.

El cambio del elemento estructural completo supone que la viga, el trabe o la columna han fallado y que en tal condición no pueden seguir cumpliendo con su función. Las operaciones de sustitución de elementos estructurales deben desarrollarse mediante apeos.

Apear es sostener provisionalmente el todo o parte de un edificio, mediante la utilización de armazones de madera, metálicos, cerámicos, hidráulicos o mixtos. Al ser construcciones auxiliares, básicamente se emplean para detener movimientos o colapsos de elementos estructurales, lesiones o edificaciones que amenazan ruina, que van a sufrir una reforma o que aun no tienen la resistencia estructural adecuada.

El planteamiento del apeo depende en mayor parte, del tiempo durante el que tenga que ejercer su acción y de la importancia o el riesgo de la misma.

Un buen apeo debe ser neutro, no puede introducir esfuerzos en el edificio por un excesivo apriete o acuñado de los elementos, ya que podría generar lesiones mas graves que las que trata de corregir. Una correcta operación de apeo debe considerar los siguientes puntos:

- Debe estar calculado para que ofrezca la resistencia y estabilidad adecuadas ante las cargas que debe transmitir, esto en si es lo mas importante ya que implica un garantía de seguridad para las personas y para la edificación.
- El apuntalamiento debe estar debidamente arriostrado y ejecutado con el menor material posible, persiguiendo siempre la mayor simplicidad y rapidez en el montaje y desmontaje.
- Los materiales y equipamientos a utilizarse deben estar en buen estado, sin fisuras, abolladuras, fracturas, o cualquier otro signo que comprometa la resistencia y estabilidad del apeo.
- La puesta en carga de los puntales debe hacerse con cuidado para no introducir acciones directas sobre al edificación.

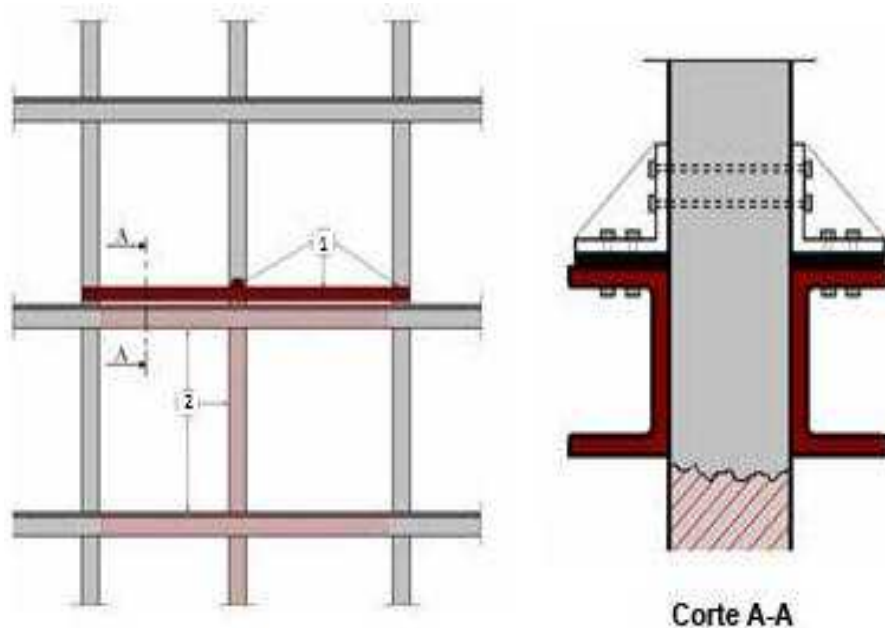


Figura 2.20. Supresión de un pilar mediante el refuerzo de la viga superior. 1) Colocación de perfiles metálicos, durmientes y puntos de apoyo. 2) Demolición de la zona considerada.³⁹

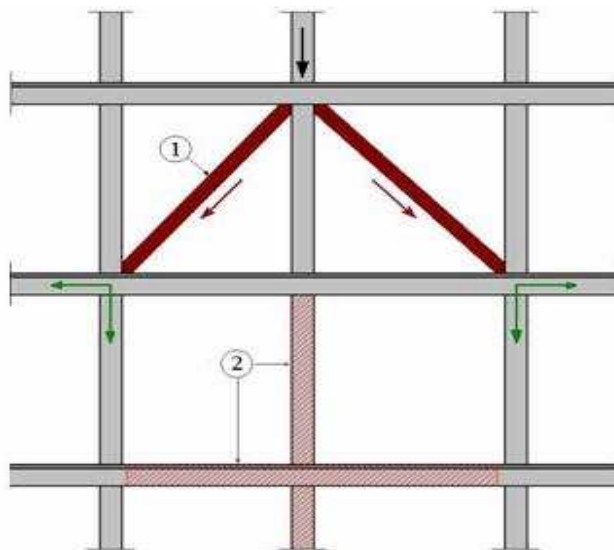


Figura 2.21. Supresión de un pilar mediante apeo con barras diagonales superiores. 1) Colocación de perfiles metálicos bloqueados por cuñas o gatos. 2) Demolición de la zona considerada.³⁹

2.14.9 FALLAS EN ARRIOSTRAMIENTOS Y CONTRAVENTEOS

Como se expresó anteriormente en el presente trabajo los arriostramientos como los contraventeos son sistemas estructurales adicionales que permiten a la estructura soportar el efecto de las fuerzas laterales por efecto del viento y brindar mayor rigidez a la estructura completa.

Estos dos tipos de arreglos están constituidos de perfiles estructurales unidos por conexiones sean estas atornilladas o soldadas. Las fallas que se presentan en estos sistemas son de la misma naturaleza que en la estructura principal, es decir los conformados por las columnas, trabes, vigas y pórticos principales.

2.14.10 FALLAS EN CONEXIONES ATORNILLADAS

Los siguientes cuatro tipos de falla ocurren usualmente en las conexiones atornilladas de perfiles laminados en frío.

- Corte longitudinal de la lámina a través de dos líneas paralelas
- Aplastamiento o acumulación de material en frente del tornillo

³⁹ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 11 febrero 2012]; Disponible en:

http://www.constructalia.com/espanol/rehabilitacion_con_acero/ii_tecnicas_generales_de_la_rehabilitacion_con_acero

- Desgarre de la lámina en la sección neta
- Corte del tornillo

2.14.10.1 Corte longitudinal de las láminas de acero

Cuando la distancia al extremo de la lámina de acero es relativamente pequeña, las conexiones usualmente fallan por corte longitudinal de la lámina a través de dos líneas paralelas. Este tipo de falla tiene que ver principalmente con los valores e/d de diseño.

2.14.10.2 Aplastamiento ó acumulación de lámina de acero

Cuando la distancia de extremo es lo suficientemente grande (para relaciones e/d grandes), la conexión puede fallar por aplastamiento o acumulación de lámina de acero frente al tornillo, como se muestra en la figura 2.8 (b). La resistencia al aplastamiento de conexiones atornilladas depende de varios parámetros, incluyendo la resistencia a la tensión, el espesor de las piezas conectadas, el uso de rondanas, la acción catenaria de las piezas conectadas y la rotación de los tornillos.

Tabla 2.2. Resistencia nominal al aplastamiento de conexiones atornilladas con arandelas bajo la cabeza y tuerca del tornillo.⁴⁰

Espesor de la lámina de acero	Tipo de Junta	Relación F_u/F_y de la lámina de acero	Esfuerzo último de aplastamiento σ_b (kg/cm^2)
<math> < 3/16 \text{ plg. (4.76 mm)} \geq 0.024 \text{ plg. (0.61 mm)} </math>	Lámina interior de conexiones sujetas a cortante doble	≥ 1.15	$3.5 F_u$
		< 1.15	$3.0 F_u$
	Conexiones de una sola lámina y láminas exteriores de conexiones sujetas a cortante doble	≥ 1.15	$3.0 F_u$
		< 1.15	$3.0 F_u$

Tabla 2.3. Resistencia nominal al aplastamiento de conexiones atornilladas sin rodela bajo la cabeza y tuerca del tornillo, o solo con una sola rodela.⁴⁰

Espesor de la parte conectada t (mm)	Tipo de Junta	Relación F_u/F_{sy} de la parte conectada	Ω (ASD)	Ω (LRFD)	Resistencia nominal P_n
--	---------------	---	----------------	-----------------	---------------------------

⁴⁰ DISEÑO DE CONEXIONES, PDF [en línea]; [Fecha de consulta: 15 febrero 2012]; Disponible en : ftp://soporte.uson.mx/publico/04_INGENIERIA%20CIVIL/ACERO%202/Texto%20Laminados%20en%20Frio/CAPITULO9.PDF

0.91 ≤ t ≤ 4.76	Lámina interior de una conexión sujeta a cortante doble	≥ 1.8	2.22	0.65	3.0 F _u dt
	Lámina simple y lámina exterior de una conexión sujeta a cortante doble	≥ 1.8	2.22	0.65	32.22 F _u dt
t ≥ 4.76	Consultar la especificación ASD o LRFD del AISC				

2.14.10.3 Desgarre de la lámina de la sección neta

Este tipo de falla esta relacionada con la concentración de esfuerzos causados por la presencia de agujeros y la fuerza concentrada local transmitida por los tornillos a la lámina.

Diversas pruebas realizadas para conexiones con rodela bajo las cabezas y tuercas de tornillos han indicado que la distribución plástica es capaz de eliminar las concentraciones de esfuerzos causadas por la presencia de agujeros, aun para aceros de baja ductilidad. Sin embargo, si la concentración de esfuerzos causada por la fuerza local transmitida por el tornillo a la lámina es severa, se conoce que la resistencia de la lámina en la sección neta se reduce para conexiones con separaciones entre tornillos relativamente grandes en dirección perpendicular a la de la fuerza transmitida.

Para conexiones con múltiples tornillos las concentraciones de esfuerzos severas se disipan cuando más de un tornillo en línea es usado.

2.14.10.4 Corte del tornillo

Este tipo de fallas se produce cuando el tornillo no se encuentra correctamente ajustado con el torque necesario. El principio de diseño de este tipo de uniones es la de trabajar a tensión, pero al presentarse el caso de cortante causa la falla del mismo.

Tabla 2.4. Resistencia nominal a tensión y cortante de tornillos.⁴¹

Descripción del Tornillo (d en mm)	Resistencia Nominal a Tensión			Resistencia Nominal a Cortante ^a		
	Ω (ASD)	ϕ (LRFD)	F_{nt} (kg/cm ²)	Ω (ASD)	ϕ (LRFD)	F_{nv} (kg/cm ²)
A307, Grado A, $6.4 \leq d < 12.7$ mm	2.25	0.75	2846	2.4	0.65	1686
A307, Grado B $d \geq 12.7$ mm	2.25	0.75	3162	2.4	0.65	1897
A325, rosca no excluida de los planos de corte	2.0	0.75	6325	2.4	0.65	3795
A325, rosca excluida de los planos de corte	2.0	0.75	6325	2.4	0.65	5060
A354 Grado BD $6.4 \leq d < 12.7$ mm, rosca no excluida de los planos de corte	2.0	0.75	7098	2.4	0.65	4146
A354 Grado BD $6.4 \leq d < 12.7$ mm, rosca excluida de los planos de corte	2.0	0.75	7098	2.4	0.65	6325
A449, $6.4 \leq d < 12.7$ mm, rosca no excluida de los planos de corte	2.0	0.75	5692	2.4	0.65	3303
A449, $6.4 \leq d < 12.7$ mm, rosca excluida de los planos de corte	2.0	0.75	5692	2.4	0.65	5060
A490, rosca no excluida de los planos de corte	2.0	0.75	7906	2.4	0.65	4743
A490, rosca excluida de los planos de corte	2.0	0.75	7906	2.4	0.65	6325

⁴¹ NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, Documento de Microsoft Word [en línea]; [Fecha de consulta: 16 febrero 2012]; Disponible en : http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CE0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fcgsej.servicios.df.gob.mx%2Fprontuario%2Fvigente%2F746.doc&ei=ps_WT_GzJZCk8gSY2snsAw&usg=AFQjCNFWRIEOnMA_3SLIHCz6vrLzDeyy_g&sig2=Y_H1VoJjU8xxMvzNsfECeQ

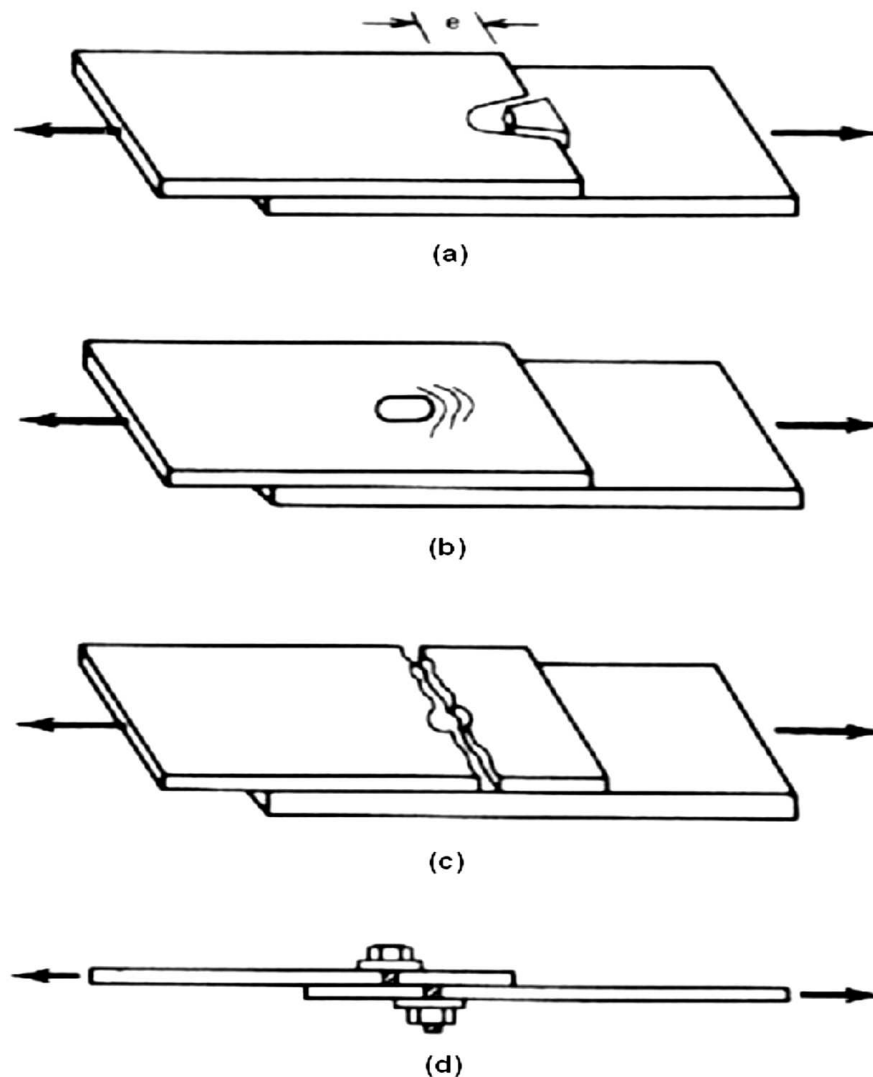


Figura 2.22. Tipos de falla en conexiones atornilladas. (a) Falla longitudinal por cortante de la lámina; (b) Falla por aplastamiento de la lámina; (c) Falla por tensión de la lámina; (d) Falla por cortante del tornillo.

2.14.11 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLAS EN CONEXIONES ATORNILLADAS

Cualquiera sea la naturaleza de la falla de la conexión, esta debe ser corregida inmediatamente siendo esta miembro de la estructura principal como arrostramientos y contraventeos.

En el momento de reconocer la falla se debe establecer que tipo de falla es y cuales son los motivos para que esta se produzca. Como se notó anteriormente existen varios modos de falla en este tipo de conexiones.

Luego de haber determinado estas dos características de la falla se debe aislar la región y tomar las precauciones debidas ya que la junta no se encuentra trabajando.

Después de asegurar el área se debe proceder a:

- Colocar nuevos elementos soportantes de la carga de la junta
- Establecer un estudio del modo de reparación de acuerdo a la falla de la junta teniendo en cuenta cual de los elementos de la misma fue el causante de la misma
- Retirar material y perfilería que se halla averiado
- Si es necesarios colocar nuevo material por medio de la soldadura a la placa anterior
- Determinar que tipo de tornillo es necesario utilizar luego de la falla teniendo en cuenta el tipo de falla que se originó y las causas del mismo
- Crear nuevamente la junta
- Retirar los elementos que estaban trabajando en lugar de ella
- Establecer un tiempo de observación para determinar si el arreglo de la avería fue realizado correctamente
- Realizar inspecciones periódicas a la junta para asegurar su completa funcionalidad

2.14.12 FALLAS EN CONEXIONES SOLDADAS

Una discontinuidad puede producirse en cualquier momento de la vida de una pieza metálica.

- **Discontinuidad inherente.-** Se crea durante la producción inicial desde el estado de fusión.
- **Discontinuidad de proceso.-** Se produce durante procesos posteriores de fabricación o terminado.
- **Discontinuidades de servicio.-** Se producen durante el uso del producto debido bien a circunstancias ambientales, o de carga, o ambas.

Las discontinuidades se pueden también clasificar en:

- **Superficiales.-** Se ven a simple vista, no importa su profundidad.

- **Internas.-** Se encuentran en el interior del material y no alcanza la superficie.

Por último se debe distinguir entre:

- **Indicaciones relevantes.-** Son aquellas indicaciones provenientes de fallas suficientemente serias como para afectar la aptitud para el servicio de la pieza.
- **Indicaciones no relevantes.-** Son aquellas indicaciones que provienen de discontinuidades que no afectarían la aptitud para el servicio de la pieza.
- **Indicaciones falsas.-** Son aquellas indicaciones causadas por interferencias eléctricas y electrónicas, superficiales muy rugosas, etc.

La forma más simple de clasificar las discontinuidades y defectos en soldadura es en superficiales e internas.

2.14.12.1 Discontinuidades superficiales

2.14.12.1.1 Exceso de penetración

Se produce por efecto de un movimiento que causa una penetración del electrodo dentro de los biselos, los cuales son distribuidos en esas áreas. Causa que el material choree al interior y puede retener escoria o no en su interior.

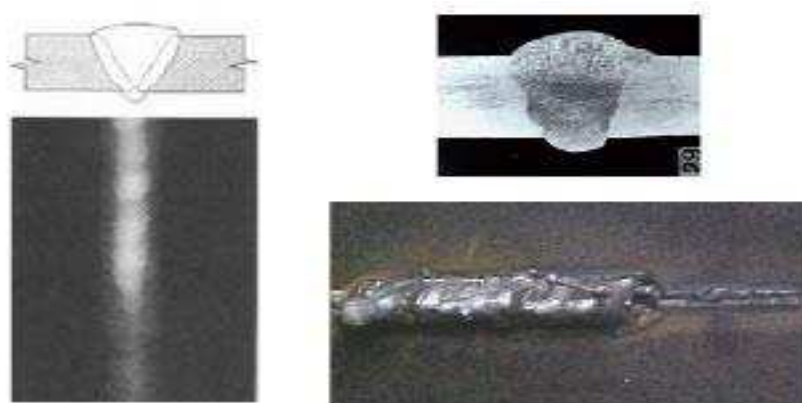


Figura 2.23. Exceso de penetración en soldadura.

2.14.12.1.2 Falta de penetración

Como las uniones en U o en V son visibles por la cara posterior. Esta imperfección puede considerarse superficial. A menudo la raíz de la soldadura no

quedará adecuadamente rellena con metal dejando un vacío que aparecerá en la radiografía como una línea negra oscura firmemente marcada, gruesa y negra, continua o intermitente remplazando el cordón de la primera pasada. Puede ser debida a una separación excesivamente pequeña de la raíz, a un electrodo demasiado grueso, a una corriente de soldadura insuficiente, a una velocidad excesiva de pasada, penetración incorrecta en la ranura. Este defecto por lo general no es aceptable y requiere la eliminación del cordón de soldadura anterior y repetición del proceso.

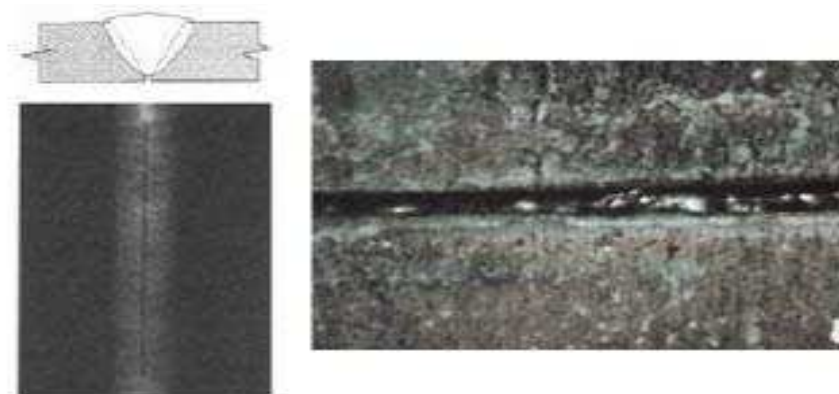


Figura 2.24. Falta de penetración en soldadura.

2.14.12.1.3 Concavidad externa o falta de relleno

Presenta una disminución de refuerzo externo, por poco depósito de material de aporte en el relleno del cordón. La imagen radiográfica muestra una densidad de la soldadura más oscura que la densidad de las piezas a soldarse, la cual se extiende a través del ancho de la imagen.

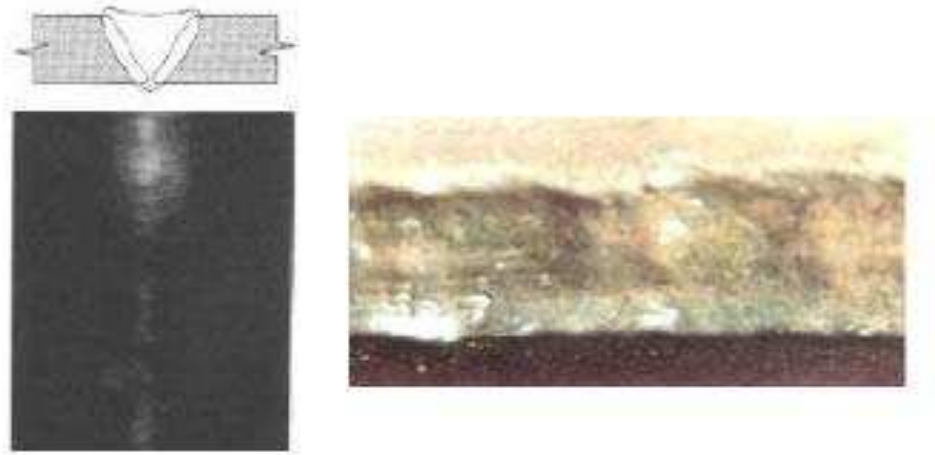


Figura 2.25. Concavidad externa o falta de relleno en soldadura.

2.14.12.1.4 Concavidad interna

Insuficiente refuerzo interno de la soldadura en su cordón de primera pasada el cual al enfriarse disminuye su espesor pasando a ser menor que el material de la base.



Figura 2.26. Concavidad interna en soldadura.

2.14.12.1.5 Socavaduras o mordeduras de borde

La socavadura es una ranura fundida en el metal base, adyacente a la raíz de una soldadura o a la sobremonta, que no ha sido llenada por el metal de soldadura.

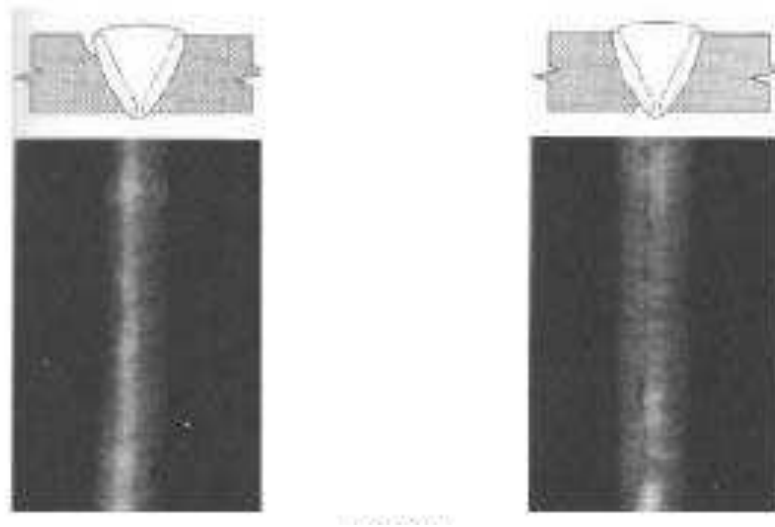


Figura 2.27. Socavaduras o mordeduras de borde en soldadura.

2.14.12.1.6 Quemado

Es una zona de la pasada de raíz donde la penetración excesiva ha causado que el aporte de la soldadura penetre dentro de la misma soplándose. Resulta de factores que producen excesivo calor en un área determinada, tales como: excesiva corriente, velocidad lenta del electrodo, manejo incorrecto del electrodo. Hay destrucción completa de los biseles.



Figura 2.28. Defecto de quemado en soldadura.

2.14.12.1.7 Salpicaduras

Son imperfecciones consistentes en esferuelas de metal fundido depositadas aleatoriamente sobre el cordón y su vecindad. Pueden ser provocadas por humedad en el revestimiento del electrodo. Generalmente no tienen importancia respecto a la calidad de la soldadura. En la imagen radiográfica, aparecen como

manchitas blancas, redondeadas, aisladas o en colonias. En algunas técnicas de soldadura que emplean electrodos de tungsteno, las salpicaduras de este metal se dibujan como pequeños círculos muy claros y nítidos. Entonces conviene asegurarse de que se trata, efectivamente, de salpicaduras y no de inclusiones.

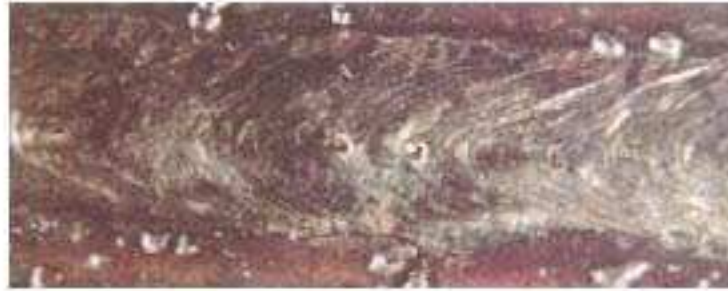


Figura 2.29. Salpicaduras.

2.14.12.1.8 Falta de continuidad del cordón

Se origina al interrumpir el soldador el cordón y no empalmar bien la reanudación del trabajo. Su severidad es muy variable ya que, en los casos más severos, pueden considerarse auténticas faltas de fusión transversales, en tanto que en otras ocasiones, son simples surcos normales al eje del cordón. Su aspecto radiográfico es el de una línea oscura u oblicua, relativamente nítida.

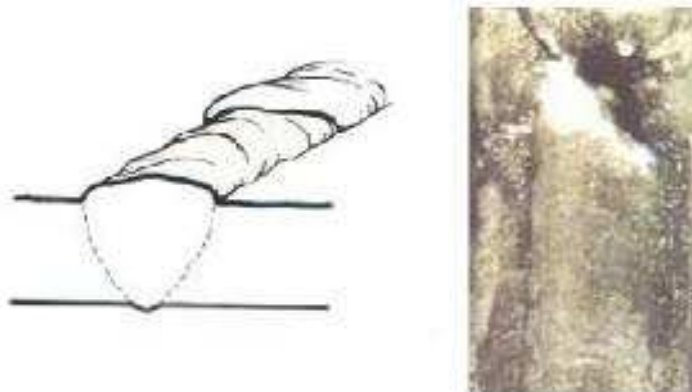


Figura 2.30. Falta de continuidad en el cordón de soldadura.

2.14.12.1.9 Otros defectos

- **Erosiones y huellas.-** Son un grupo de defectos que tienen un origen mecánico de abrasión, deformación o arranque de material, pueden dividirse en:

- **Exceso de rebajado.-** Producido durante el mecanizado o esmerilado excesivo del cordón, quedándose éste ligeramente cóncavo. La apariencia radiográfica se muestra como áreas ligeramente más oscuras que el campo adyacente, con contornos difusos, difíciles de percibir y que siguen la trayectoria del cordón.
- **Huellas de esmerilado o burilado.-** Surcos en la superficie del metal base o del cordón, marcados por la muela o el buril manejados inhábilmente. Radiográficamente aparecen como sombras ligeramente oscuras, rectilíneas y paralelas.
- **Huellas de mecanizado.-** Erosiones producidas por herramientas que preparan la soldadura o por imperfecto mecanizado de la misma. La radiografía las muestra como líneas ligeramente oscuras, dibujadas nítidamente y paralelas.
- **Martillazos o golpes en general.-** Son deformaciones locales producidas por choques de objetos contra el metal base o contra el cordón. Radiográficamente los martillazos se señalan como arcos ligeramente oscuros, con un borde bien marcado, más denso, a partir del cual se difunde la mancha, los granetazos como puntos, a manera de poros, etc.
- **Restos de electrodos.-** Cuando se suelda con equipos automáticos en atmósfera inerte y electrodo continuo, pueden quedar, al efectuar el cordón de penetración restos del alambre electrodo que sobresalen, a veces, varios centímetros de la base de la unión soldada. En la radiografía, aparecen como unos palitos claros que parten del eje del cordón. También pueden aparecer restos de electrodos cuando éstos han sido abandonados, por ejemplo, en el interior de una tubería. En este caso solo es un material superpuesto, fácilmente eliminable por no ser solidario con la unión.

2.14.12.2 Discontinuidades Internas

2.14.12.2.1 Fisuras longitudinales

Pueden producirse en el centro del cordón (generalmente por movimientos durante o posteriores a la soldadura) o en la interface del material base con el de aporte (por causa de un enfriamiento brusco o falta de un correcto precalentamiento en grandes espesores).

Cuando este defecto aparece en el material de la soldadura se le denomina “fisura de solidificación”, mientras que si se produce en la ZAC se llama “fisura de licuación” (intergranular).

Estos dos tipos comprenden la fisuración en caliente y se producen por la combinación de una composición química desfavorable (elementos que forman precipitados de bajo punto de fusión, por ejemplo el azufre que forma sulfuro de hierro SFe - solidificación de bordes de grano) y tensiones de solidificación, restricción o deformación. En este caso el recalentamiento no tiene influencia sobre los defectos.

La única precaución posible es soldar con bajo aporte térmico.

Son típicas de los aceros inoxidable estabilizados como el AISI 321, y algunos bonificados como el HY 80.

La fisuración en frío de hidrógeno (longitudinal) es menos frecuente que la transversal. La imagen radiográfica es una línea ondulante muy negra y fina en el centro del cordón en la base del mismo (similar al espesor de un cabello).

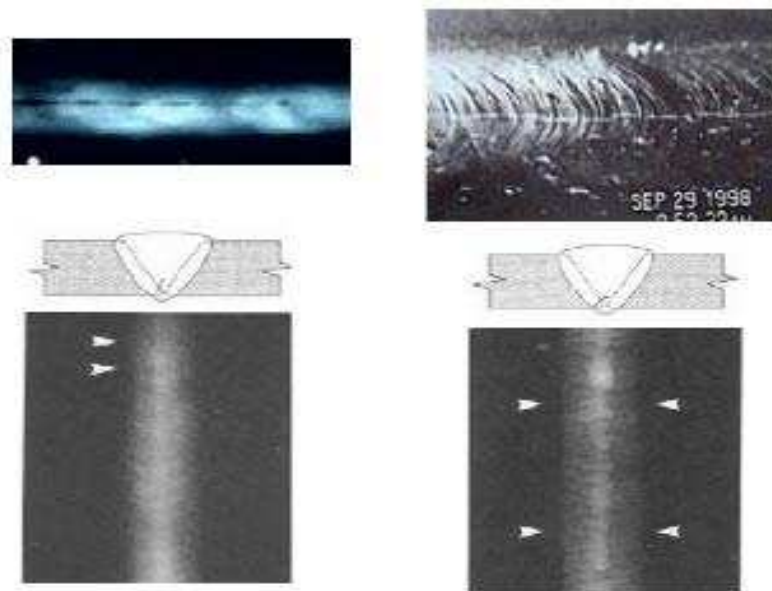


Figura 2.31. Fisuras longitudinales en soldadura.

2.14.12.2 Fisuras transversales

Producidas generalmente en aceros duros, por combinación de elementos que al enfriarse a la temperatura normal producen la fisura que puede o no prolongarse al metal base. Pueden ser:

- **Fisuras en caliente.-** Se producen durante la solidificación de la junta. Las causas principales de este defecto en acero al carbono no aleados o de baja aleación son:
 - Medio o alto contenido de carbono en el metal base.
 - Alto porcentaje de impurezas P y S en el metal base.
 - Elevadas tensiones de contracción (depende de la mayor o menor plasticidad del material de la junta).

Las fisuras en caliente se pueden manifestar en todos los materiales metálicos, ferrosos y no ferrosos. Son intergranulares y pueden tener orientaciones diversas.

- **Fisuras en frío.-** Se forman cuando el material se acerca o alcanza la temperatura ambiente. Las principales causas son:
 - Principalmente, el elevado contenido de hidrógeno en la zona fundida.
 - Elevada velocidad de enfriamiento.
 - Tensiones producidas sobre el cordón por el enfriamiento.
 - En soldaduras de aceros dulces y aquellos de baja aleación con manganeso y microaleados.

Las fisuras son muy pequeñas (llamadas fisuras de hidrógeno) y frecuentemente se reagrupan en un cierto número en la misma zona fundida de la junta.

En aceros de elevada resistencia como los bonificados, las fisuras son generalmente más grandes pudiendo atravesar todo el cordón en dirección transversal.

Se observa radiográficamente como una línea fina muy negra y recortada, de poca ondulación y transversal al cordón soldado.

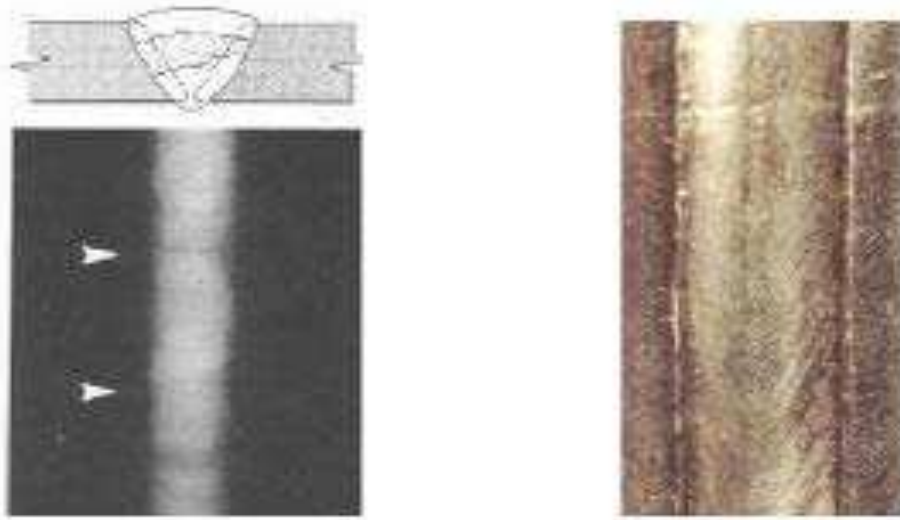


Figura 2.32. Fisuras transversales en soldadura.

2.14.12.2.3 Fisura de interrupción o arranque (o de cráter)

En el arranque de la soldadura por cambio de electrodo pueden producirse fisuras en forma de estrella por efecto del brusco enfriamiento y recalentamiento del material (son fisuras en caliente).

Cuando se interrumpe el arco se forma un cráter de contracción si la cavidad del arco no se rellena con una cantidad de material fundido adecuado. Los cráteres de arco son frecuentemente los puntos defectuosos en la soldadura en razón a que el último material que se solidifica lo hace a tensiones muy elevadas, pudiendo producir segregación.

Generalmente se observa radiográficamente como tres líneas finas concluyentes y la del sentido del cordón soldado mucho más larga.

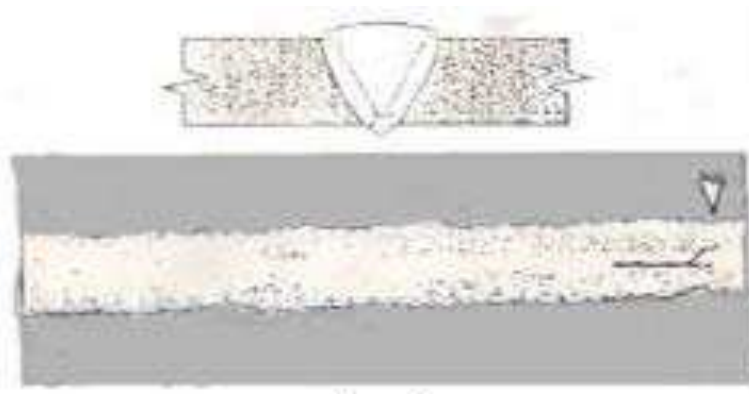


Figura 2.33. Fisuras de interrupción o arranque.

2.14.12.2.4 Fisuras alrededor del cordón

- **Fisuras en frío.-** Se produce por la falta de precalentamiento (crítica para ciertos tipos de aceros), en aceros duros (estructura martensítica en ZAC como resultado del ciclo térmico de soldadura) o de mucho espesor. Se presentan invariablemente en los granos más gruesos de la ZAC del acero. Esto se atribuye al efecto del hidrógeno disuelto liberado por el electrodo (humedad) o por el metal que solidifica, por lo que se puede evitar con precalentamiento y manteniendo el material soldado alrededor de 200°C un tiempo determinado, o por el uso de electrodos básicos. También afectan las tensiones alcanzadas como resultado de la contracción de la junta o geometrías con entallas. Tienen generalmente una dirección longitudinal. Algunas veces pueden ser transversales, pueden ser internas (esto bajo el cordón de soldadura) o aflorar al lado del cordón. La imagen radiográfica es de líneas negras de poca ondulación, un poco más gruesas que un cabello, en la zona adyacente al cordón de soldadura.

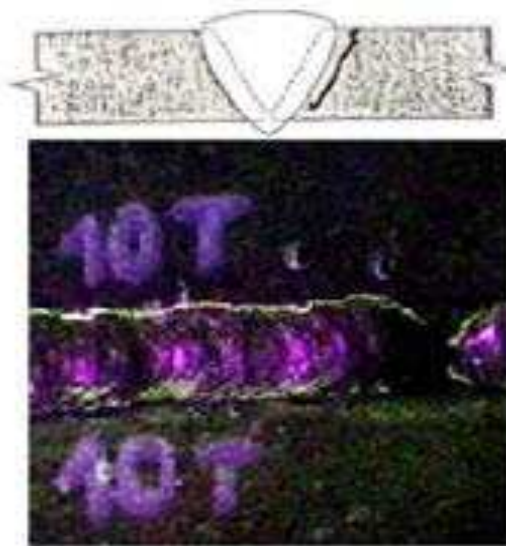


Figura 2.34. Fisura alrededor del cordón en frío.

- **Desgarre laminar.-** Son fisuras que pueden aparecer en los aceros dulces y de baja aleación, frecuentemente asociadas con soldaduras pensionadas, cuya geometría produce tensiones perpendiculares al plano de laminación

sobre el metal base. Aparecen frecuentemente debajo de la ZAC (material base no afectado) y son típicas de juntas en T o en L. Los factores que producen estos defectos son:

- Tensiones de enfriamiento más o menos intensas, en función de la rigidez de la estructura.
- Geometría de la junta tal que la sollicitación actúe desfavorablemente sobre el metal base. Figuras 13, 14 y 15 (las flechas indican los arreglos más adecuados)
- Material base laminado de medio y alto espesor (9 – 20 mm) susceptibles a desgarre.



Figura 2.35. Desgarre laminar en soldadura.

2.14.12.2.5 Falta de penetración

Se da en la zona de raíz cuando no ha penetrado el metal fundido. Si la unión es en X o en K, la raíz queda en corazón mismo del cordón, siendo la falta del metal de aporte en dicha zona rigurosamente interna.

Radiográficamente aparece como una línea oscura continua o intermitente con los bordes rectos o irregulares. Es necesario advertir que, algunos tipos de uniones (algunas uniones en ángulo sin preparación de bordes) están concebidos de tal forma que siempre queda una falta de penetración en determinadas partes de la unión.

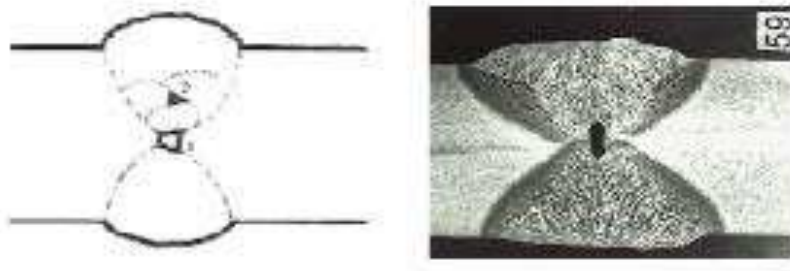


Figura 2.36. Falta de penetración en soldadura.

2.14.12.2.6 Falta de fusión

Generalmente ocasionada por falta de temperatura suficiente para fundir el metal base o el cordón anterior ya sólido.

Según su ubicación puede ser:

- **Falta de fusión en bisel.-** Entre el metal de soldadura y el metal base.

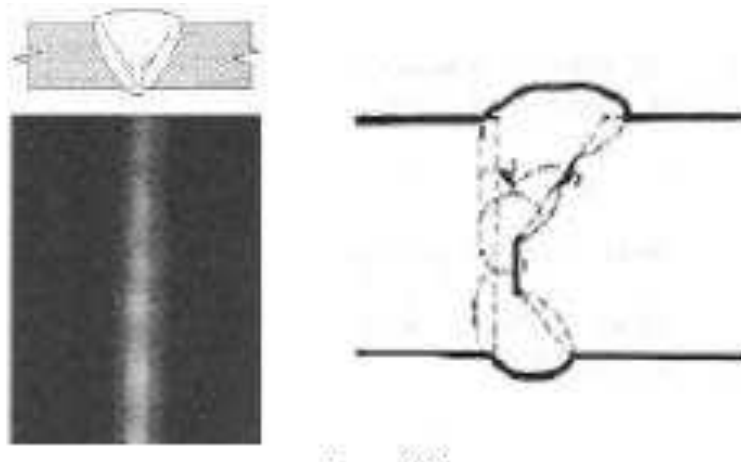


Figura 2.37. Falta de fusión en bisel.

- **Falta de fusión de un bisel en la raíz (talón u hombros).-** Se produce por las siguientes causas.
 - Cuando falta la abertura de la raíz (intersticio) y la temperatura no es lo suficientemente elevada.
 - Por una incorrecta alineación de los elementos a soldar.
 - Por fallas en la preparación.
 - Por diferencias de espesor o diámetro.
 - Por deficiente penetración por parte del soldador al realizar la primera pasada.

Radiográficamente se ve como una línea oscura y fina, continua o intermitente con los bordes bien definidos. La línea puede tender a ser ondulada y difusa. En las uniones en X o en K, queda en el mismo centro de los cordones y es frecuente que vaya asociada a falta de penetración.

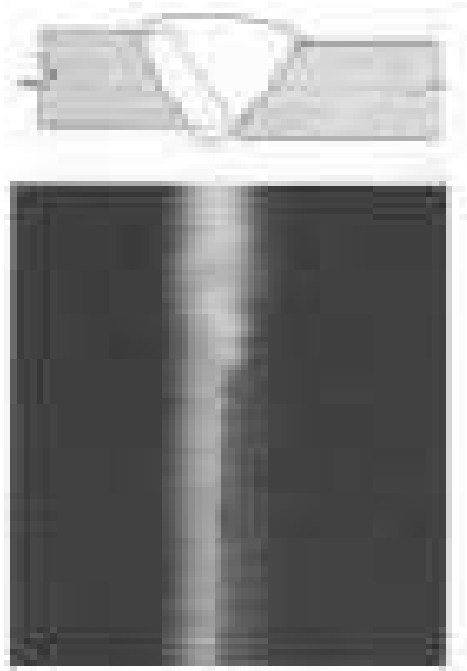


Figura 2.38. Falta de fusión de un bisel en la raíz.

- **Falta de fusión entre pasadas.-** Se produce en las interfaces de la soldadura, donde las capas adyacentes del metal, o el metal base y el metal de soldadura no se fusionan debidamente, por lo general debido a una capa muy fina de óxido que se forma en las superficies. Esta capa de óxido puede deberse a una falta de calentamiento del metal base o al depósito previo del metal de soldadura en volumen suficientemente alto que impide que cualquier capa de óxido, escoria, impurezas, etc. migre a la superficie. También puede deberse a la falta de corriente suficiente o la mala ubicación del arco eléctrico dentro de los biseles, el cual al producirse más sobre uno, deja al otro sin fundir. A veces cuando la falta de fusión es entre el metal base y el metal de aporte, es difícil interpretar, conviene radiografiar el cordón según direcciones

comprendidas en la prolongación del plano formado por los bordes del bisel (frecuentemente 45°).

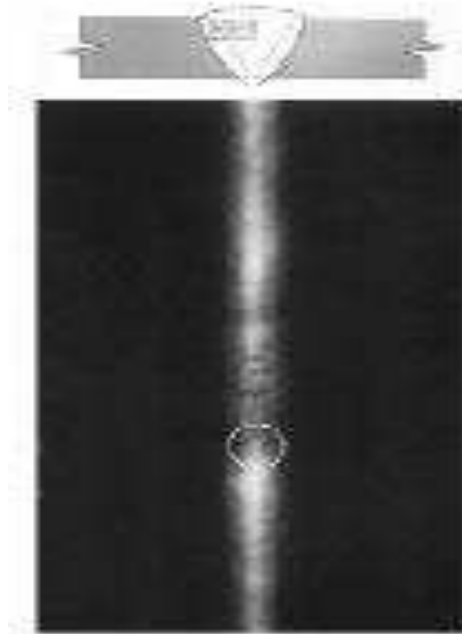


Figura 2.39. Falta de fusión entre pasadas.

2.14.12.3 Discontinuidades como inclusiones

Se consideran inclusiones las impurezas producidas por gases atrapados en la masa del metal durante el proceso de fusión, o materiales extraños sólidos (metálicos o no metálicos). Se pueden dividir en:

2.14.12.3.1 Inclusiones gaseosas

Por diversa razones, en el metal de soldadura fundido se forman gases que pueden quedar atrapados si no hay tiempo suficiente para que escapen antes de la solidificación de la soldadura. El gas así atrapado, por lo general tiene la forma de agujeros redondos denominados porosidades esféricas, o de forma alargada llamados porosidad tubular o vermicular.

La formación del gas puede ser formada por reacciones químicas durante la soldadura con alto contenido de azufre en la plancha y/o en el electrodo, humedad excesiva en el electrodo en los bordes de la plancha base, el arco excesivamente corto, corriente incorrecta o polaridad inversa, corrientes de aire, limpieza prematura de la escoria al terminar una pasada, pues, no hay que olvidar que la escoria evita el enfriamiento demasiado rápido del metal fundido.

La porosidad gaseosa puede producirse en forma aislada (porosidad esférica aislada) o agrupada (nido de poros), en forma alineada, etc.

2.14.12.3.2 Porosidad esférica aislada

Su característica, bolsa de gas de forma esférica producidas por una alteración en el arco, una oxidación en el revestimiento del electrodo, o electrodo húmedo y/u oxidado, o una variación en la relación, Voltaje-Amperaje-Velocidad en la soldadura automática. La imagen radiográfica da puntos negros en cualquier ubicación.

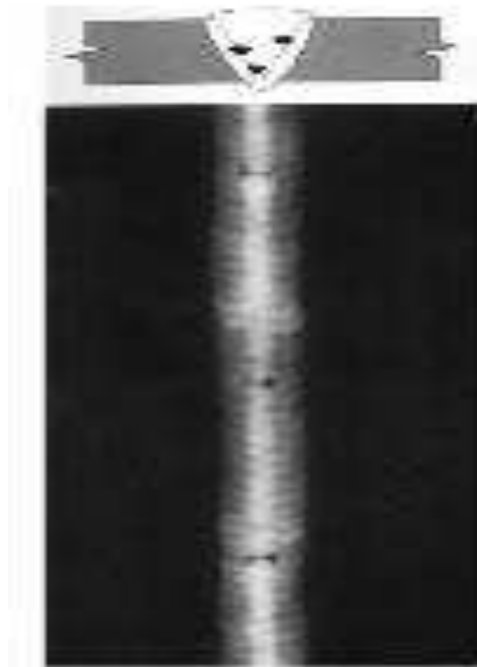


Figura 2.40. Porosidad esférica aislada en soldadura.

2.14.12.3.3 Porosidad alineada

Generalmente surge en la pasada de base del cordón soldado, por efecto de la dificultad de penetrar con el electrodo, por mala regulación eléctrica en correspondencia con el fundente utilizado por máquinas automáticas y por acumulación de algunos de los elementos del mismo.

Radiográficamente se observan círculos alineados, negros, que pueden ir decreciendo o permanecer de igual diámetro.

También pueden aparecer poros alargados de primera pasada “Cordón hueco”, surgidos por la imposibilidad del hidrógeno producido en electrodos de alta velocidad de escapar, generalmente por insuficiente separación de los biseles.

La imagen radiográfica da formas grises inclinadas, semejantes al espinazo de un pez, confluyendo al centro, pudiendo llegar a formar un nervio central.

2.14.12.3.4 Inclusiones no metálicas

- **Inclusiones de escoria aisladas.**- La mayoría de las soldaduras contienen escorias que han sido atrapadas en el metal depositado durante la solidificación. Son depósitos de carbón, óxidos metálicos y silicatos principalmente. Las escorias pueden provenir del revestimiento del electrodo o del fundente empleado. El flujo tiene como finalidad eliminar las impurezas del metal. Si este no permanece derretido durante un período suficientemente largo como para permitir que la escoria se eleve a la superficie, parte de esa escoria quedaría atrapada en el metal. Ésta a su vez puede quedar atrapada en el metal en pasadas posteriores. Las superficies sucias e irregulares, las ondulaciones o cortes insuficientes contribuirán al atrapado de escoria. Las inclusiones de escoria se asocian frecuentemente a la falta de penetración, fusión deficiente, talón de raíz suficientemente grande, soldadura en V muy estrecha y deficiente habilidad del soldador. La imagen radiográfica presenta manchas negras irregulares sobre el cordón de soldadura.

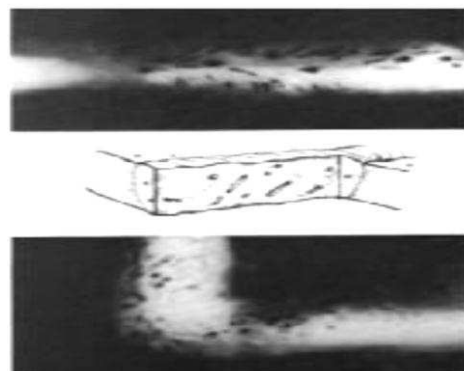


Figura 2.41. Inclusiones de escoria aisladas.

- **Escorias alineadas.**- Se producen por movimientos inadecuados del electrodo por parte del soldador. Quedan alineadas sobre el costado del

cordón soldado. En el caso de la soldadura automática, el fundente suele quedar atrapado por una mala regulación de la máquina o por falta de limpieza, pero en este caso estará en el centro del cordón. Este tipo de defecto es muy agresivo. La imagen radiográfica muestra sobre uno de los laterales del cordón base una línea ancha con un borde casi recto y el otro disparejo, color negro, pero densidad homogénea. Para el caso de soldadura automática, se observará en el centro del cordón un triángulo alargado en el sentido de giro de las agujas del reloj de color negro.

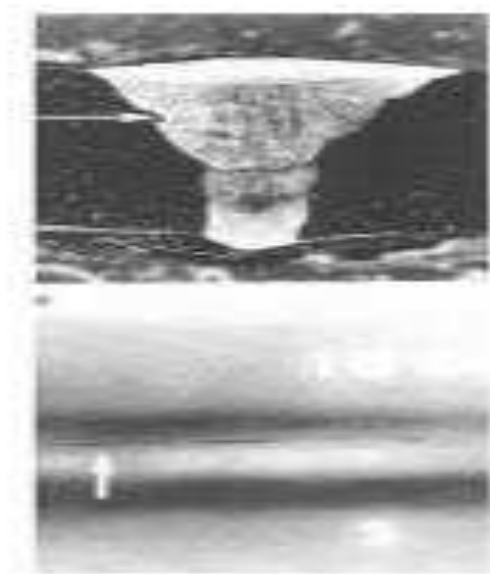


Figura 2.42. Escorias alineadas.

- **Línea de escoria.-** Ubicadas entre el cordón de primera y segunda pasada. Por efecto de una mala limpieza en la zona de mordeduras que se forman sobre el bisel al efectuar la primera pasada, se depositan escorias a ambos lados de este cordón. La imagen radiográfica muestra líneas paralelas interrumpidas de ancho variable, bastante parejas.

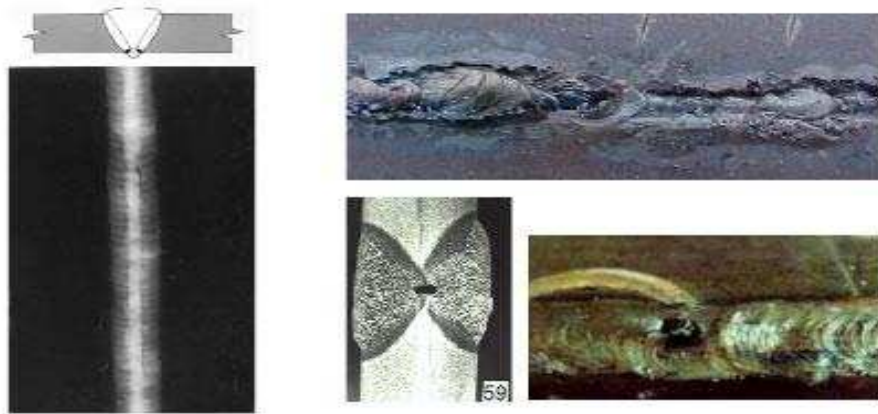


Figura 2.43. Línea de escoria.

2.14.12.3.5 Inclusiones metálicas

A veces, en la masa del material fundido quedan englobadas partículas de otros metales que pueden ser detectados radiográficamente. Por ejemplo las Inclusiones de tungsteno, sólo aparecen en el proceso GTAW y son causadas por la presencia de tungsteno, cuando el electrodo de tungsteno es sumergido en el baño del metal fundido. Aparecen como puntos blancos en radiografía.



Figura 2.44. Inclusiones metálicas.

2.14.12.4 Sobrecarga

Al momento de diseñar la carga se debe establecer las cargas que van a ser soportadas por la soldadura correctamente ya que un error en este procedimiento puede llevar a la falla de la soldadura. Después de aplicar las fórmulas de diseño, el problema debe ser analizado claramente. Cuando una carga es aplicada a una

junta tensión y esfuerzo aparece sobre ella. El esfuerzo es la resistencia interna a una fuerza aplicada. Se deben establecer correctamente los procedimientos de soldadura, como el material base y el material de aporte para estar totalmente claros de la naturaleza de la junta.

2.14.12.5 Falla en el diseño de la Junta

Una junta de soldadura debe ser diseñada para que el soldador pueda fácilmente manipular el electrodo para asegurar una buena fusión de los metales, particularmente en la raíz de la junta.

Por el efecto de la solidificación, la temperatura y el espesor de la chapa ocurren la mayoría de las fallas en el diseño de la junta debido a que se producen roturas en caliente o en frío.

2.14.12.6 Mal método de soldadura

Cuando se está soldando se debe tener total cuidado de seguir un procedimiento adecuado al tipo de soldadura. Deben establecerse las características del proceso y del ambiente en el cual se desarrollará.

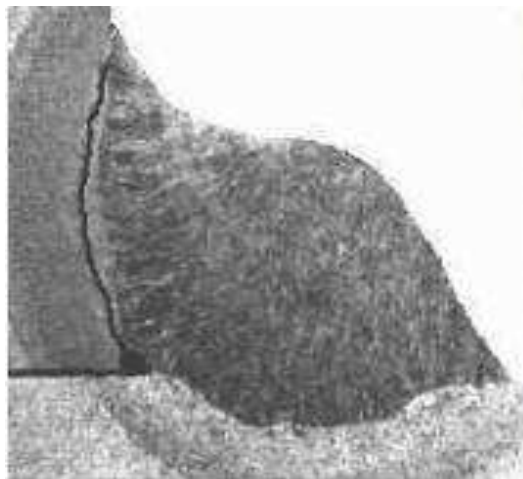


Figura 2.45. Junta soldada realizada con método erróneo de soldadura.

2.14.12.7 Falla metalúrgica

Los materiales que van a ser soldados deben tolerar severos cambios de temperatura creados por el proceso de soldadura sin sufrir deterioro de sus propiedades mecánicas o cambios de fase adversos. La composición metalúrgica

o condiciones de temple de ciertos tipos de metal pueden hacer se estos inadecuados para soldar o pueden requerir especial control durante el proceso de soldadura. Cada ciclo de la carga en la junta produce un incremento en el crecimiento de la grieta o fisura.

2.14.12.8 Falla por fatiga

Este tipo de falla se refiere a la formación y crecimiento de una grieta causada por una carga repetitiva en el tiempo o fluctuante. El continuo crecimiento de la grieta puede terminar en un repentino colapso o fractura cuando el área sobrante es insuficiente para soportar la carga.

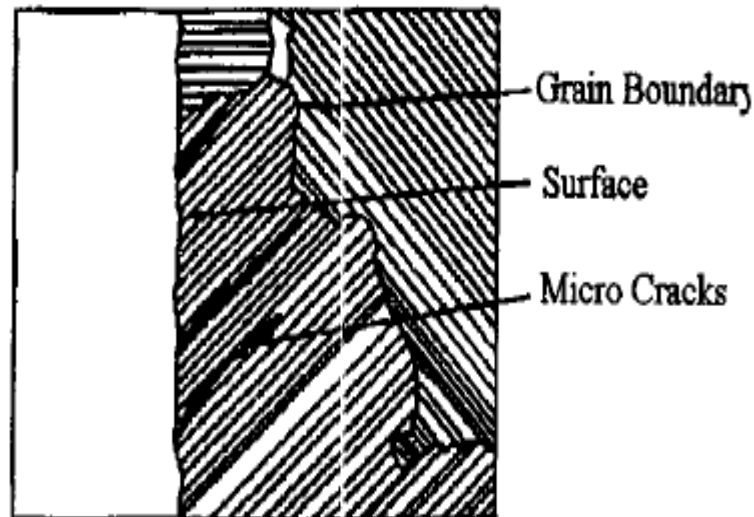


Figura 2.46. Agrietamiento en una junta soldada.

2.14.13 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLAS EN SOLDADURAS

Para este tipo de mantenimiento se debe estudiar varios factores anteriores a la falla como se presenta.

El objetivo de la soldadura de mantenimiento es la de volver a poner al sistema estructural en funcionamiento con las mismas condiciones originales. Una de las características que se debe tener en cuenta que es imposible repetir completamente una técnica de soldadura.

Se debe seguir los siguientes pasos en el mantenimiento de una junta soldada:

1. **Verificar el defecto.**- De acuerdo a estudios de carga que se realicen sobre la estructura se debe tener especial cuidado en las juntas de

soldadura que presente una mayor concentración de carga, además de ver si el ambiente en el que se encuentra no es corrosivo.

2. **Limpieza.**- Si se necesita realizar un nuevo cordón debido a que los defectos o fallas de soldadura no son aceptables se debe limpiar el material anterior y crear una nueva junta. Esta debe estar libre de elementos que puedan afectar al nuevo procedimiento de soldadura. Existen sistemas de limpieza mecánico utilizando moladoras o cepillos metálicos, entre otros; además, existen procedimientos para la eliminación de material anterior que utilizan el arco eléctrico y electrodos de carbono.
3. **Identificar el material que va a ser soldado (material base).**- En este caso al presentarse una falla en una soldadura las personas que se encuentran ideando el sistema de mantenimiento se pueden encontrar con una infinidad de tipos de acero y normas con las cuales los mismos fueron soldados. Además, el acero con el pasar del tiempo y el ambiente que tenga en su alrededor pudo cambiar sus propiedades y características. Puede haber absorbido hidrógeno y azufre, ó estar comprometido por creep. Por lo tanto es necesario saber la real composición química del acero en ese momento además de su macro y micro estructura.
4. **Realizar pruebas y ensayos no destructivos.**- Para conocer el estado de la soldadura en sitio sin tener que dañarla se utilizan los ensayos no destructivos. De acuerdo al tipo de junta y la accesibilidad de la misma se debe escoger el método de ensayo más eficaz que se pueda utilizar.
5. **Identificar el proceso de soldadura anterior.**- Es de vital importancia el conocimiento de las características de la soldadura anterior como son: tipo de junta, electrodo usado, voltaje, amperaje, capacidad del soldador (calificado o no), técnica de soldadura, tratamientos antes y después de la soldadura. Estas características permitirán establecer si el defecto presentado se produce como resultado de una mala soldadura.
6. **Determinar el proceso y procedimiento de la nueva soldadura.**- En el caso de la soldadura de arco es vital escoger el tipo de electrodo a usarse de acuerdo a la nueva composición del acero no a la anterior. Además se deben establecer las demás características en la soldadura como voltaje,

amperaje, velocidad de avance, número de pasadas, precalentamiento, tratamiento térmico posterior, entre otros.

Se debe controlar las tensiones residuales. Las secuencias de soldadura y las geometrías de las juntas deben ser cuidadosamente estudiadas, antes de la operación. Las distorsiones son especialmente serias en la soldadura de mantenimiento, porque es hecha en una estructura lista. Si las tensiones residuales no pudieron ser evitadas, entonces deben ser aliviadas con un tratamiento térmico posterior.

7. **Registrar el procedimiento de soldadura.-** Para cada proceso de soldadura de mantenimiento se debe establecer un WPS que contenga cada una de las características de la soldadura.
8. **Cualidades del soldador.-** Las personas que van a ejecutar el procedimiento deben ser calificados dependiendo de la posición de soldadura en la que se va a trabajar. Los soldadores deben ser capaces de seguir la orientación con la relación a la sucesión de la soldadura, compensar las tensiones, evitar las distorsiones o compensarlas, hacer el amartelamiento cuando necesario, soldar rápidamente y en seguridad.
9. **Realizar ensayos post soldadura.-** Una vez realizado el nuevo procedimiento, se necesita tener una vigilancia de la junta y su evolución determinado según el tipo y forma de la soldadura.

De acuerdo a cada uno de los pasos anteriores se hace necesario contar con formatos establecidos de WPS (Welding Procedure Specification). Este formato se presenta en el Anexo 3.

2.14.14 METODOS ANTICORROSIVOS

2.14.14.1 Condiciones que favorecen la corrosión

Las condiciones en donde el acero puede estar expuesto a la corrosión son variadas, en resumen se tienen las siguientes:

- Exposición a la atmósfera exterior.- La humedad, la temperatura, del grado de polución y de exposición a vientos y lluvias.

- Exposición a atmósfera interior.- La atmósfera interior de un edificio puede variar, la exposición es más severa en el baño y cocina donde es más cálido y húmedo que en el living donde es más seco.
- Contacto con otros materiales como concreto, madera, etc.
- Contacto con agua, o con agua que contiene ácido disuelto o sales.
- Contacto entre distintos metales (acción galvánica)

2.14.14.2 Formas de evitar la corrosión

Las estrategias generales para controlar la corrosión en edificios con estructura de acero incluyen:

- La prevención desde el diseño, seleccionando materiales resistentes a la corrosión.
- Eliminación de las causas que provocan la corrosión.
- El uso de protección catódica.
- Protección con pinturas
- Empleo de inhibidores de la corrosión.
- Pasivación superficial.

2.14.14.3 Protección catódica

La Protección Catódica es una técnica de control de la corrosión, la cual aprovecha el mismo principio electroquímico de la corrosión. Para este fin es necesaria la utilización de fuentes de energía externa mediante el empleo de ánodos galvánicos.

El mecanismo de la Protección Catódica, implica una migración de electrones hacia el metal a proteger, los mismos que viajarán desde los ánodos externos que estarán ubicados en sitios plenamente identificados, cumpliendo así su función.

La protección catódica no elimina la corrosión, sino que la remueve de la estructura a ser protegida.

2.14.14.3.1 Protección catódica mediante ánodos de sacrificio

Cuando se ponen dos metales diferentes en contacto por medio del electrolito, se crea una corriente eléctrica entre ellos denominada corriente galvánica. La

consecuencia directa de este intercambio es que el metal más sensible se oxida, esa es la finalidad de los ánodos de sacrificio, destruirse en favor del metal menos sensible.

Considerando que el flujo de corriente se origina en la diferencia de potencial existente entre el metal a proteger y el ánodo, éste último deberá ocupar una posición más elevada en la serie electroquímica o serie galvánica.

Los ánodos galvánicos que con mayor frecuencia se utilizan en la protección catódica son: Magnesio, Zinc, Aluminio.

Tabla 2.5. Serie galvánica.⁴²

Extremo anodico (activo)	Magnesio
	Zinc
	Aluminio, Cadmio
	Acero o Hierro
	Plomo
	Estano
	Niquel (estado activo)
	Latones
	Cobre
	Bronces
	Monel
	Niquel (estado pasivo)
	Titanio
	Acero inoxidable (estado pasivo)
	Plata
	Grafito
	Oro
Extremo catodico (noble)	Platino

⁴² CORROSION; Corrosion del Casco del Buque; Documento[en línea]; [Fecha de consulta: 20 febrero 2012]; Disponible en: <http://html.rincondelvago.com/corrosion-del-casco-del-buque.html>

Para mejorar las condiciones de operación de los ánodos en sistemas enterrados, se utilizan algunos rellenos entre ellos el de Backfill especialmente con ánodos de Zinc y Magnesio, estos productos químicos rodean completamente el ánodo produciendo algunos beneficios como:

- Mayor eficiencia
- Desgaste homogéneo del ánodo
- Evita efectos negativos de los elementos del suelo sobre el ánodo
- Absorben humedad del suelo manteniendo dicha humedad permanente

La composición típica del Backfill para ánodos galvánicos está constituida por yeso, bentonita y sulfato de sodio.

2.14.14.3.2 Protección catódica por corriente inducida o impresa

Se fundamenta en la aplicación de una corriente negativa al metal que hay que proteger y el polo positivo al electrolito, para conseguir el efecto de rebajar el potencial del metal a proteger hasta llegar al potencial de inmunidad de ese metal sin necesidad de ánodos de sacrificio, solamente aplicando la corriente de la batería. Este sistema transforma las estructuras que se han de proteger en un cátodo induciéndole una corriente inversa desde un ánodo inerte. En otras palabras este procedimiento consiste en unir eléctricamente la estructura que se trata de proteger con el polo negativo de una fuente de alimentación de corriente continua (pura o rectificada) y el positivo con un electrodo auxiliar que cierra el circuito. Los electrodos auxiliares se hacen de chatarra de hierro, aleación de ferrosilicio, grafito, titanio platinado, etc. Es completamente indispensable la existencia del electrolito que completa el conjunto para que se realice el proceso electrolítico.

Tabla 2.6. Características de los ánodos empleados en protección catódica con corriente impresa.⁴³

Tipo	Peso específico g/cm ³	Consumo kg/A-año	Densidad de corriente A/m ²		Utilización (medio)
			máxima	práctica	
Acero Chatarra	7.8 7.0	~9. 4.5-1	5	1	todos
Grafito	1.6	0.1-1	10-100	2.5-40	terreno, agua de mar; excluido el fondo marino y el agua dulce
Ferro-silicio: 0.95%C 16%Si, 0.75% Mn	~7	0.25-1	30-40	10-100	agua dulce, terreno
Fe-Cr-Si: 0.95%C, 0.75% Mn, 4.5%Cr, 14.5%Si	7	0.25-1	270		terreno, agua de mar, fondo marino
Pb-Ag (2% Ag)	11.3	~0.2	300	30-65	sólo agua de mar; excluido el fondo marino
Pb-Ag-Sb (1%Ag, 6%Sb)	11	~0.5	300	50-200	
Titanio platinado	4.5	8.10 ⁻⁶	400 por cada micra de platinado de espesor	500-1 000	terreno no salino con backfill, agua de mar; excluido el fondo marino y el agua dulce
Niobio platinado	8.4			500-700	
Tántalo platinado	16.6			500-1 100	
Titanio-óxido de rutenio (DSA)	4.5	5.10 ⁻⁷	1100	700-1 100	todos

2.14.14.4 Protección con pinturas

Este método considera la formación de una barrera que impida en lo posible el acceso de los agentes corrosivos a la superficie metálica. La barrera es formada a partir de la aplicación de una dispersión líquida de una resina y un pigmento, con eliminación posterior del solvente, obteniéndose una película sólida adherida a la superficie metálica. Su durabilidad está condicionada a la resistencia que presente esta película al medio agresivo.

⁴³ CORROSION; Protección Catódica por Corriente Impresa; Documento [en línea]; [Fecha de consulta: 02 marzo 2012]; Disponible en: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/079/htm/sec_8.htm

2.14.14.4.1 Pinturas oleorresinosas

Los pigmentos están dispersos en un barniz, el que se obtiene por tratamiento térmico conjunto de un aceite secante y una resina de característica adecuadas. Esta resina puede ser natural o sintética, siendo las sintéticas las más empleadas. Son aconsejables para pintar materiales o estructuras expuestas a medios muy agresivos.

2.14.14.4.2 Esmaltes alquídicos

Se aplica principalmente a aceros estructurales expuestos a condiciones atmosféricas industriales, rurales o marinas, así como zonas de alta humedad. No son adecuadas para ambientes químicos especialmente corrosivos, inmersión en agua, abrasión severa y estructuras enterradas.

2.14.14.4.3 Pinturas epoxídicas

El ligante es una resina epoxídica formada por combinación (en el momento de su uso) de dos componentes. Secan rápidamente pero la reacción se completa solo después de algunos días, siendo cuando la película alcanza su máxima resistencia. Son deteriorables por la reacción solar, por lo que no se aconseja su utilización en exteriores. Pueden ser pigmentadas o incluir un betún asfáltico (pinturas epoxi bituminosas).

2.14.14.4.4 Pinturas fenólicas

Para la elaboración del ligante se emplean resinas fenólicas puras o modificadas. Tienen buena resistencia al exterior y una resistencia al agua mayor que la de los tipos mencionados anteriormente. Especialmente apropiado para aceros estructurales que han de permanecer sumergidos en agua, zonas de alta humedad en las que se prevén condensaciones, y para exposición a la intemperie en ambientes químicos de corrosión moderada.

2.14.14.4.5 Pinturas al Aceite

Particularmente apropiadas para estructuras expuestas a la intemperie. Poca resistencia a ambientes químicos, inmersión en agua, condensaciones,

atmósferas salinas o muy corrosivas, humedad elevada, temperaturas altas, abrasión y condiciones enterradas. En general se recomienda su utilización en ambientes rurales, urbanos, marinos e industriales medios y en zonas de humedad moderada.

2.14.14.4.6 Pinturas Vinílicas

Para condiciones ambientales muy severas, inmersión en agua dulce o salada, alta humedad y condensaciones. Resisten al fuego y a los ambientes químicos corrosivos, pero son atacadas por disolventes orgánicos aromáticos, cetonas, éteres esterés, así como por ácido nítrico fumante, ácido sulfúrico del 98% y ácido acético.

2.14.14.4.7 Pinturas ricas en Zinc

Estas pinturas representan un gran avance en la protección contra la corrosión, vienen a ser un suplemento de la protección galvánica. Son adecuadas para zonas de humedad elevada, marina y química corrosivas. Pueden incluso utilizarse en estructuras que permanecen sumergidas en agua dulce, y también resisten sumergida en agua salada con una capa de acabado adecuada.

2.14.14.4.8 Preparación de superficies

Uno de los factores más importantes en la protección anticorrosiva de una estructura de acero por medio de la utilización de pinturas es la correcta limpieza o preparación de superficies. Si la superficie por recubrir está contaminada con aceite, humedad, suciedad, polvo, herrumbre, o cualquier otro material suelto, el recubrimiento no podrá adherirse firmemente y su eficiencia de protección será nula. Además del efecto sobre la adherencia, algunas impurezas tales como el óxido, la escoria o la suciedad contribuyen a la ruptura de la capa de pintura, ocasionando focos de concentración de humedad que conducen al ampollamiento y la corrosión del metal bajo película.

2.14.14.5 Inhibidores de la corrosión

Así como algunas especies químicas (las sales, por ejemplo) causan corrosión, otras especies químicas la inhiben. Los cromatos, silicatos y aminas orgánicas

son inhibidores comunes. Los mecanismos de inhibición pueden ser un poco complejos. En el caso de las aminas orgánicas, el inhibidor es adsorbido sobre los sitios anódicos y catódicos y anula la corriente de corrosión. Otras promueven la formación de una película protectora sobre la superficie del metal. Los inhibidores se pueden incorporar en un recubrimiento protector. Cuando sucede un defecto en el recubrimiento, el inhibidor se dirige desde el recubrimiento hacia el defecto y se controla la corrosión.

2.14.14.6 Pasivación superficial

Se refiere a la formación de una película relativamente inerte, sobre la superficie de un material (frecuentemente un metal), que lo enmascara en contra de la acción de agentes externos. Aunque la reacción entre el metal y el agente externo sea termodinámicamente factible a nivel macroscópico, la capa o película pasivante no permite que éstos puedan interactuar, de tal manera que la reacción química o electroquímica se ve reducida o completamente impedida.

En muchos casos, la formación de esta película pasivante es espontánea cuando el metal entra en contacto con el agente externo. Ejemplos de esto constituyen el aluminio y el acero inoxidable.

Existen muchas técnicas para fomentar, robustecer o inclusive crear artificialmente una película pasivante en metales, tales como el parkerizado o fosfatado, pavonado, anodizado, etc.

Dependiendo del proceso, varios tanques de solución para baño del objeto pueden ser utilizados, y finalmente un tipo de horneado seco y culmina el método. No es recomendable incluir diferentes materiales en el mismo proceso.

La capa pasiva es lograda por la reacción en las superficies externas del objeto con el porcentaje en volumen del ácido en agua especialmente purificada; por consiguiente, el grosor de la capa pasiva es mínimo. Esto significa que cualquier maltrato a la superficie protegida, por ejemplo una pequeña rayadura, puede causar que el objeto sea vulnerable a reacciones en el área dañada.

En el caso de acero inoxidable, existen primordialmente dos tipos de pasivado de acuerdo con el contenido del ácido principal utilizado en la concentración química: pasivado nítrico y pasivado cítrico.

2.14.15 FALLAS EN FONTANERÍA Y SANEAMIENTO

2.14.16 Tuberías de distribución de agua

Sirven para la distribución del agua potable a los sitios del edificio que la requieren para su funcionamiento, se caracterizan porque trabajan a presión, por lo que los materiales utilizados deben ser muy resistentes, generalmente se fabrican con acero galvanizado o plástico (PVC) o cobre.

Debido a que estos elementos trabajan a presión, se debe tener en cuenta que el paso del agua por dentro de las tuberías produce desgaste de los mismos. Al momento del diseño del sistema de distribución de agua potable se debe tomar en cuenta este factor y colocar un espesor adecuado para minimizar este hecho.

2.14.16.1 Obstrucción o rotura de tuberías

La principal causa de taponamiento en la red de recolección de aguas servidas o de desecho, es el uso inadecuado de las mismas, ya que se vierten en ella a través de los inodoros o piletas, desechos sólidos que al no poder ser transportados por el agua se acumulan impidiendo el flujo de salida.

En la red exterior, como producto de la falta de control sobre los árboles y jardines, es frecuentemente el desarrollo de raíces y hongos que rompen u obstruyen las tuberías.

La rotura de tuberías frecuentemente está relacionada con asentamientos del terreno o con una instalación muy poco profunda en un área de circulación intensa de personas y automóviles.

2.14.16.2 Válvulas

Las válvulas o llaves como también se conocen, son dispositivos de la red de distribución ubicados entre tramos de tubería que permiten el control de la circulación y la presión de agua.

Existen válvulas de tres tipos: de compuerta, esféricas y de retención, entre ellas las más comunes y recomendables para uso frecuente son las esféricas, ya que pueden ser usadas para interrumpir el flujo o para regular la cantidad y presión de agua.

La principal falla que se presenta en estos dispositivos es la del deterioro de las mismas por el uso, razón por la cual puede dejar escapar agua. El sello de la

válvula no es completo y necesita ser remplazada inmediatamente debido a que puede causar daño a otras partes de la estructura como a la loza o producir oxidación a la estructura base de acero del edificio.

2.14.16.3 Llaves

Se conocen como llaves a las válvulas usadas para controlar el flujo de agua potable a un determinado lugar. Este tipo de elemento de distribución se encuentra determinado por la presión que va a soportar y la principal falla que presenta es la del desgaste de sus elementos internos por lo que cuando presenta fugas debe remplazarse inmediatamente.

2.14.16.4 Fluxómetro

Este elemento es el mecanismo que al ser accionado produce en los inodoros y mingitorios una descarga de agua, suficiente para efectuar el lavado del mismo. El elemento conjugado que trabaja conjuntamente es el tapón de caucho que impide la descarga del agua hacia el inodoro. Presenta fugas de agua debido al desgaste del mismo por el uso.

2.14.16.5 Inodoros de tanque

Son muebles sanitarios formados por dos piezas que son el tanque y el inodoro, en la primera se almacena el agua necesaria para la limpieza rápida y eficiente de la segunda.

Los inodoros se conectan directamente a la red sanitaria mediante un sello hidráulico en forma de "U" que al momento de fallo permite el flujo del agua contaminada a la loza o piso, reconocible a simple vista.

Cada una de las fallas explicadas anteriormente pueden afectar tanto a la loza de cada piso como a la estructura metálica principal del edificio debido a que cualquier contacto del metal con el agua provoca una serie de reacciones de los mismos que resultan en focos de deterioro de sistemas.

2.14.17 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLA EN LOS SISTEMAS DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO

Para el sistema de fontanería tanto para el de saneamiento se debe tomar acciones inmediatamente debiendo:

1. Realizar la inspección total del sistema de distribución de agua
2. Realizar una prueba de estanqueidad al sistema para comprobar fugas y fallas
3. Determinar las zonas principales de falla
4. Establecer los lugares en los cuales se deben realizar los trabajos de remediación
5. Cambiar la tubería en las zonas donde se presenta la falla

De acuerdo a la zona en donde se encuentre la falla puede requerirse remover material de muros y/o losas, por lo que se debe establecer un procedimiento para devolver su apariencia y funcionalidad de los mismos.

Si se presentan problemas en válvulas, llaves y otros dispositivos de la red de fontanería o saneamiento se debe realizar el recambio de los mismos inmediatamente.

2.14.18 FALLAS EN LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y SUMINISTRO DE GAS

2.14.18.1 Calefacción y aire acondicionado.

Este tipo de sistemas se encuentran presentes en los edificios actuales de tipo residencial.

Uno de los problemas más comunes que se presentan en los sistemas de aire acondicionado es la operación inapropiada. Si el edificio cuenta con uno de estos sistemas, debe asegurarse de cerrar las ventanas y las puertas.

Otros problemas comunes con los sistemas de aire acondicionado se originan a causa de instalaciones defectuosas, procedimientos de mal servicio e inadecuado mantenimiento.

Una mala instalación produce serias consecuencias en el enfriamiento de los ambientes y bajo desarrollo de flujo de aire a través de los ductos. Muchas veces, la carga de gas refrigerante no reúne las especificaciones dadas por el fabricante.

Las principales fallas del equipo se deben a las siguientes causas:

- **Fugas de gas refrigerante.-** Si el equipo está bajo de carga, esto puede ser motivado principalmente por dos cosas: Un defecto de carga durante la instalación ó el sistema presenta fuga.
- **Inadecuado mantenimiento.-** Si se deja que los filtros y los serpentines del equipo se llenen de suciedad, el sistema no trabajará adecuadamente y el compresor y el evaporador fallarán prematuramente.
- **Fallas eléctricas de control.-** El sistema de control del compresor y del evaporador pueden sufrir danos a medida que el equipo se enciende y se apaga frecuentemente, y esto es común cuando el sistema está sobrediseñado. La corrosión en las terminales de los cables es también un problema.
- **Fugas de aire en los ductos.-** De acuerdo a ciertos parámetros se puede establecer si el sistema presenta fugas, lo que produce que el equipo de aire acondicionado trabaje un mayor tiempo reduciendo así su vida útil.

2.14.18.2 Suministro de Gas

Los edificios modernos presentan sistemas centralizados de Gas para el consumo de las personas que habitan el mismo. El sistema cuenta de un reservorio de gas que generalmente se encuentra en el techo del edificio, sistema de tubería de cobre, medidores de consumo y válvulas que permiten su adecuado manejo.

En este tipo de instalaciones se utiliza tubería de cobre debido a los elementos corrosivos que lleva el gas en su interior. El cobre es resistente a la corrosión y además presenta las propiedades mecánicas adecuadas para soportar la presión que el gas ejerce en las paredes de la tubería.

Este tipo de sistemas produce fallas principalmente en las uniones de los segmentos de tubería, debido a que no se puede utilizar soldadura, en su lugar se usa un tipo especial de bridas.

Regularmente las tuberías de cobre no presentan fallas, es decir que soportan por un período de tiempo prolongado de trabajo.

El tanque utilizado está desarrollado bajo normas especiales que permiten a la estructura tener un período de vida útil muy largo.

2.14.19 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLA EN LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y GAS

2.14.19.1 Calefacción y aire acondicionado.

Las fallas de estos sistemas se deben principalmente al mal uso de los mismos por lo que principalmente se debe realizar inspecciones periódicas de los equipos. El segundo modo de falla es debido a fugas en el ducto de aire, para lo que se debe establecer los puntos de fuga de aire y repararlos lo más pronto posible.

2.14.19.2 Gas

El gas presente en el edificio tiene un olor característico cuando existen fugas en el sistema. El gas al estar en contacto con el acero produce corrosión acelerada del mismo por lo que al presentarse una falla o avería del sistema se debe cerrar la válvula principal y:

- Revisar cuidadosamente todas las válvulas presentes en el sistema.
- Determinar exactamente el lugar de la fuga.
- Reemplazar la tubería, válvulas u otros elementos que se vean implicados en la misma.
- Realizar prueba de estanqueidad después de la corrección de la falla.

2.14.20 FALLAS EN RECUBRIMIENTOS Y PROTECCIONES CONTRA INCENDIOS

Debido a que los edificios presentan una estructura principal de acero, el cuidado que se tenga en prevenir incendios debe ser la adecuada debido al comportamiento que presenta este material con la temperatura. El acero se reblandece de acuerdo al aumento de temperatura. Los principales elementos estructurales deben ser protegidos con recubrimientos debido a esta característica del acero.

Los recubrimientos contra incendio establecidos para la protección de columnas y vigas principales deben estar en correctas condiciones todo el tiempo por lo que se debe alertar a las personas que habitan el edificio de la presencia e importancia de los mismos.

La principal falla de los mismos se presenta por el deterioro de los dispositivos además de los diversos elementos que pueden producir la reducción de la vida útil de estos.

En la mayoría de edificios, existen sistemas contra incendios que utilizan agua, los mismos que están constituidos por tuberías, válvulas y dispositivos detectores de humo que activan el mismo. En este tipo de sistemas las principales fallas que se presentan se deben a los dispositivos detectores de humo, los mismos que al ser electrónicos tienen una vida útil determinada además de presentar un mal funcionamiento luego de cierto tiempo.

2.14.21 MECANISMO DE CORRECCIÓN DE FALLA EN RECUBRIMIENTOS Y PROTECCIONES CONTRA INCENDIOS

Si se presenta daños en los recubrimientos contra incendio se debe inmediatamente reemplazarlos si estos son removibles. Existen ciertas mezclas de cemento y otros materiales que también son utilizados para este fin, en este caso se hace necesaria una evaluación del daño con la posterior toma de decisión para determinar si se corrige el fallo o se procede a la completa remoción del material. El sistema contra incendio se debe probar con anterioridad a la entrega del edificio ya que este en unos de los principales sistemas del mismo. Las fallas en el sistema se deben:

- **Sistema de agua.-** Si se presentan fugas en este sistema se debe llevar a cabo el mismo procedimiento para el sistema de fontanería.
- **Fallo del sistema electrónico.-** Cuando el sistema electrónico presenta falla, se debe establecer cual es y reemplazar el equipo y/o elemento defectuoso.

2.14.22 FALLAS EN PASAMANOS

Los sistemas de pasamanos existentes en las gradas que conectan cada uno de los pisos del edificio están elaborados a base de perfiles metálicos determinados y las principales fallas que los mismos presentan son:

- Corrosión de la estructura
- Falla en la soldadura de los elementos
- Deterioro de la pintura

Cada una de las fallas antes mencionadas debe ser corregida para evitar el deterioro acelerado del sistema.

2.14.23 FALLAS EN ESCALERAS Y SISTEMAS ELEVADORES

2.14.23.1 Fallas en escaleras

Las fallas en escaleras no solo se presentan en función del tipo de material del cual estén fabricadas, ya sean de madera, cerámicos o metales, y de la carga a la que estén expuestas, sino que también pueden evidenciar fallas de otros elementos constitutivos del edificio.

Los modos de falla a verificarse en escaleras son:

- Corrosión de la estructura en caso de ser de acero.
- Deterioro de pinturas.
- Fisuraciones en elementos cerámicos y soldaduras.
- Deformaciones de elementos estructurales metálicos.
- Roturas en elementos cerámicos, metálicos o de madera, etc.

2.14.23.2 Fallas en sistemas elevadores

Un ascensor es una máquina que puede presentar fallas ya sean de manera inmediata al momento de su instalación o bien con posterioridad a la misma en su etapa de funcionamiento. Estos desperfectos pueden estar ocasionados por fallas en componentes específicos de la maquinaria o bien por el desgaste en el uso del mismo. Las fallas pueden ser mecánicas, eléctricas o electrónicas.

Al ser parte del edificio, no se puede descartar las fallas en ascensores, ya que estas pueden deberse a falencias en otros elementos de la construcción.

El mantenimiento de estos sistemas debe ser realizado por una empresa especializada, los informes emitidos por la misma luego de cada intervención son los que se deberán registrar en el documento de mantenimiento preventivo correspondiente a este dispositivo.

2.14.24 FALLAS EN INSTALACIONES ELECTRICAS.

2.14.24.1 Pararrayos.

Este tipo de fallas se deben reparar con la máxima urgencia cuando sea necesario, puesto que un deficiente mantenimiento representa un riesgo muy superior a la inexistencia del pararrayos.

- Se debe verificar periódicamente su estado de conservación frente a la corrosión y la firmeza de la sujeción.
- Después de cada descarga eléctrica se debe comprobar continuidad eléctrica de la red conductora y su conexión a tierra

2.14.24.2 Conexiones a tierra

Cada año, en la época en que el terreno esté más seco, se comprobará la continuidad eléctrica en los puntos de puesta a tierra.

2.14.24.3 Centros de transformación

- Cada seis meses, y en cada visita al centro de transformación, se revisarán: nivel del líquido refrigerante, funcionamiento del termómetro y comprobación de la lectura máxima.
- Cada año se revisarán: interruptores, contactos y funcionamiento de sistemas auxiliares, protección contra la oxidación de envolventes, pantallas, bornes terminales, aislamientos y piezas de conexión.
- Siempre que el centro de transformación haya sido puesto fuera de servicio, antes de su nueva puesta en marcha, se revisará: dispositivo de disparo o señalización por incremento de la temperatura del transformador, fusibles de alta tensión, interruptores asociados o no a fusibles de alta tensión, seccionadores, etc.

2.14.24.4 Red interna.

Cada tres años, como plazo máximo, se comprobarán la continuidad y el aislamiento de los conductores, así como sus conexiones.

Todos los trabajos de mantenimiento se efectuarán sin tensión en las líneas, no poniéndose éstas en funcionamiento de nuevo hasta la comprobación de ausencia de operarios en las proximidades de las mismas.

2.15 EVALUACIÓN O DIAGNÓSTICO DE ESTRUCTURAS PERTENECIENTES A EDIFICACIONES.

En la actualidad existen varios métodos establecidos para el diagnóstico de estructuras de edificios de acuerdo a las necesidades del propietario del inmueble y de acuerdo a las condiciones en las cuales el trabajo de evaluación se pueda realizar. Se debe elegir la metodología más adecuada para aplicar con la cual se obtenga un resultado con mayor precisión en el estudio de seguridad estructural de la edificación.

Una evaluación estructural es un proceso de investigación mediante el cual se determinaran las condiciones de trabajo y seguridad en la estructura. Este trabajo requiere de la compilación de información que refleje las características actuales referentes al inmueble en estudio, lo cual se presenta en el siguiente orden:

- Evaluación preliminar
- Evaluación a detalle
- Métodos de Análisis Estructural (Si no se tiene la seguridad del comportamiento de la estructura)

2.15.1 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN PRELIMINAR EN UNA ESTRUCTURA

2.15.1.1 Visita de Inspección Preliminar

Consiste en una revisión visual de toda la estructura, para lograr la identificación de los daños existentes, así como para comprender el sistema estructural. Durante esta se deberá tomar medidas de seguridad elementales.

Para evaluar correctamente los daños y sus causas se hace imperativa la identificación del sistema estructural del edificio. Deberá estudiarse:

- Sistema empleado: Marcos rígidos (con o sin contra venteos)
- Sistemas de piso de vigas, y losas ó de losas planas sin vigas, macizas o aligeradas
- Muros de relleno o concreto reforzado para soporte de carga
- Sistema de cimentación empleado

Para la completa identificación y estudio de la falla presentada en una edificación el equipo deberá enfocarse en la inspección y descripción del tipo de daño en el

sistema para su localización y cuantificación, lo que puede implicar retirar parte de los acabados.

En base a los resultados de la evaluación se debe emitir un dictamen sobre el estado de la estructura y la necesidad de su rehabilitación.

Para la inspección dentro del sistema estructural se necesita el siguiente equipo:

- Casco
- Cinta métrica
- Plomada o nivel
- Martillo y cincel ó desarmador
- Linterna
- Cámara fotográfica
- Binoculares
- Grietómetro
- Tabla de apoyo y formatos de inspección

2.15.1.2 Características del sistema a investigar en la evaluación preliminar.

En esta sección se debe llegar a establecer el estado o la condición del edificio en su conjunto y definir problemas de asentamiento, desplomo y daño en elementos estructurales.

En la inspección de los elementos estructurales debe tomarse atención principalmente en el nivel ó en el entrepiso ó entrepisos. Además, se debe revisar los elementos no estructurales que exhiban daño importante y tengan riesgo de caída o volcamiento. Estos elementos en una edificación están constituidos por: chimeneas, escaleras de emergencia, acabados de fachada, etc.

Al final del proceso se deberá investigar la existencia de la memoria de cálculo y planos de diseño arquitectónico y estructural.

Para el correcto manejo de la información se debe contar con formas que deben contener la siguiente información básica:

- Identificación del edificio
- Identificación del sistema estructural
- Identificación de daños en los elementos estructurales
- Identificación de daños en elementos no estructurales

- Identificación de problemas en la estructura (total)
- Identificación de problemas en la cimentación
- Estimación de posibles causas para los daños

El proceso de inspección debe iniciarse por el exterior. Los daños encontrados deben ser identificados por un Ingeniero Civil ó Mecánico y aun ayudante que tome datos y fotografías.

Si se encuentran daños, debe tomarse los datos y fotografías pertinentes puesto que con el tiempo pueden cambiar debido al sistema en sí.

El formato de Inspección Preliminar se presenta en el Anexo 4.

2.15.1.3 Clasificación y evaluación preliminar de daños

A continuación se presenta ciertos criterios para la evaluación preliminar del sistema. El Ingeniero encargado debe aplicar sus conocimientos para la selección del daño de acuerdo a la cantidad de elementos dañados y la importancia de cada uno de ellos para la estabilidad de la estructura. Las características básicas de cada uno se presentan a continuación:

2.15.1.3.1 Daño no estructural

No existe reducción importante en la capacidad del sistema. No se requiere desocupar. La reparación podrá limitarse a la restauración de los elementos no estructurales.

2.15.1.3.2 Daño estructural ligero

No existe reducción en la capacidad del sistema. No se requiere desocupar. La reparación consistirá en la restauración de los elementos dañados.

2.15.1.3.3 Daño estructural fuerte

Existe una reducción en la capacidad del sistema. Debe desocuparse y mantenerse solamente el acceso controlado, previo apuntalamiento. Es necesario realizar un proyecto de reparación para la restauración y el refuerzo de la estructura.

2.15.1.3.4 Daño estructural grave

Existe una reducción importante en la capacidad del sistema. Debe desocuparse y suprimirse el acceso y la circulación en los alrededores del edificio. Es necesario proteger la calle y las construcciones colindantes mediante el apuntalamiento o proceder a su demolición. Se debe realizar una evaluación definitiva que permita decidir si procede la demolición o bien, la restauración y el refuerzo de la estructura.

Tabla 2.7. Clasificación de daños en estructuras de acero y concreto.

Tipo de daño	Descripción
No Estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Daño únicamente en los elementos
Estructural Liger	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas de menos de 0.5 mm en muros de mampostería concreto (Fisuras ≤ 4 mm) • Fisuras y caída de aplanados en paredes y techos • Desplome de la construcción de menos del 1% de su altura • Hundimiento o emersión de menos de 20 cm
Estructural Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas de 0.5 a 1 mm de ancho en muros de mampostería (Fisuras ≥ 3 mm y ≤ 10 mm) • Desplome de la construcción del 1% al 2% de su altura • Hundimiento o inmersión de 20 a 30 cm • Pandeo leve en vigas o columnas de acero

<p>Estructural Grave</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas de más de 1 mm de ancho en muros de mampostería • Rotura de estribos, pandeo de vigas y columnas • Agrietamiento de losas planas • Aberturas pronunciadas en muros de mampostería • Desplome de la construcción de más del 2% de su altura • Hundimiento o emersión de más de 40 cm
--------------------------	--

2.15.1.4 Registro general de daños

2.15.1.4.1 Soluciones estructurales posibles

- **Reparación (R).**-Es la recuperación de las propiedades originales de resistencia y rigidez del elemento estructural; empleo de morteros o resinas para unir agrietamientos
- **Refuerzo y reparación (RR).**-Es el mejoramiento de las propiedades de resistencia y rigidez del elemento estructural; aumento de dimensiones de los elementos y refuerzos varios.
- **Reconstrucción, refuerzo y reparación (RRR).**-Es la modificación total de las propiedades de resistencia y rigidez del elemento estructural; la demolición parcial o total del elemento y la construcción de otro con materiales y refuerzos diferentes.
- **Indeterminada (IND).**- Cuando no se puede diagnosticar una solución posible en función del registro general de daños, se requiere una inspección detallada.

2.15.1.4.2 Parámetros fundamentales de evaluación estructural

- Materiales (MAT)
- Dimensiones (DIM)
- Desplomes y desniveles (DES)
- Armado o refuerzo (ARM)
- Cargas o solicitaciones (CAR)

- Daños (DAÑ)

2.15.1.4.3 Clasificación de daños

- **Daños menores (DMN).**- Los daños carecen de importancia para la estabilidad de la construcción y puede dejarse en su situación actual.
- **Daños mayores locales (DML).**- Los daños carecen de importancia para la estabilidad de la construcción si y sólo si ésta es reforzada.
- **Daños mayores globales (DMG).**- Los daños afectan a la estabilidad de la construcción esta debe ser reconstruida globalmente

2.15.1.4.4 Definición de magnitud de daños

- **Ligeramente dañado (LD).**- Prácticamente no requiere reparación; pueden ser pequeñas fisuras, desprendimiento de pinturas o recubrimientos, acabados.
- **Moderadamente dañado (MD).**- Se requiere reparación de daños menores; grietas que puedan repararse sin necesidad de refuerzos, problemas importantes de humedad.
- **Fuertemente dañado (FD).**- Se requiere de refuerzo y reparación de daños mayores; fracturas que disminuyen la resistencia y rigidez del elemento, problemas de estabilidad del elemento.
- **Severamente dañado (SD).**- Se requiere de reconstrucción del elemento; dislocaciones con pérdida de material, corrosión avanzada, pandeo excesivo de vigas o columnas.
- **Desconocida (DESC).**- Cuando no se puede definir la magnitud del daño solo en base al registro general de daños, se requiere una inspección detallada.

El formato del Registro General de Daños se presenta en el Anexo 5.

2.15.1.5 Rehabilitación temporal

Estas medidas van enfocadas a aliviar la carga vertical sobre los componentes estructurales dañados y proteger la estructura contra acciones laterales debidas a posibles sismos, disponiendo de elementos de apoyo y contraventeo provisionales.

El propósito de la rehabilitación temporal es proporcionar resistencia provisional a aquellos elementos y conexiones de los cuales dependa la seguridad del sistema estructural total. Además, la protección temporal deberá incluir medidas que garanticen la seguridad de las personas en las zonas adyacentes al edificio que presenta el daño y de los trabajadores que realicen las labores de rehabilitación. En las siguientes secciones se hacen consideraciones sobre fuerzas o acciones que deben tomarse en cuenta el diseño de los sistemas de protección temporal, se describen algunos elementos útiles y se sugieren diversos procedimientos de apuntalamiento vertical y de contraventeo.

2.15.1.5.1 Acciones

Para poder realizar labores de reparación sobre una estructura se deberá demostrarse que el edificio dañado cuenta con la capacidad de soportar las cargas verticales estimadas y 30 por ciento de las laterales que se obtendrían aplicando las presentes disposiciones con las cargas vivas previstas durante la ejecución de las obras. Para alcanzar dicha resistencia será necesario en los casos que se requiere, recurrir al apuntalamiento o rigidización temporal de algunas partes de la estructura.

Se podrá prescindir de los soportes o apuntalamientos laterales en aquellos casos en que los daños a reparar sean locales y se considere evidente que la estabilidad general de la estructura es adecuada.

2.15.1.5.2 Apuntalamiento vertical

El proporcionar apoyo vertical auxiliar a las columnas y muros de carga seriamente dañados es la primera medida a tomar al instalar un sistema de protección temporal.

Evidentemente se requiere apoyo vertical en el piso correspondiente al elemento dañado.

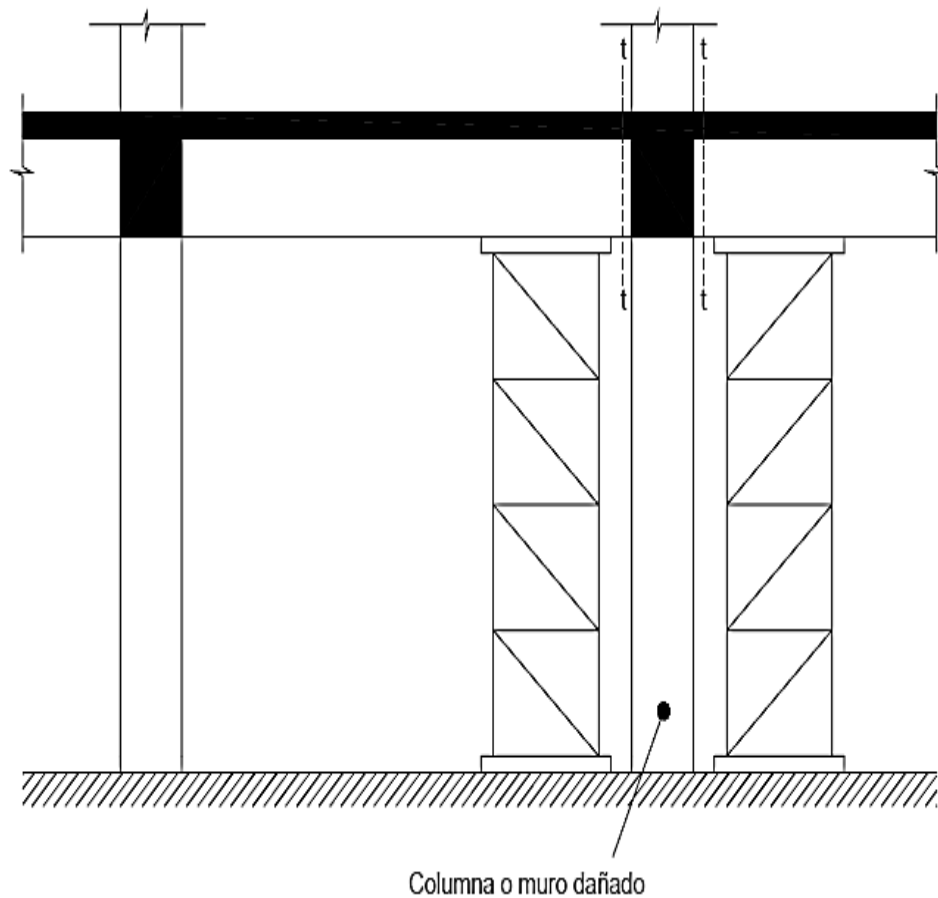


Figura 2.47. Apuntalamiento vertical de columna.

Cuando los elementos de soporte provisional se apoyan sobre losas debe cuidarse que no se presenten problemas de penetración. Para evitarlo, los elementos de soporte deben apoyarse sobre piezas horizontales, que pueden ser tablonés o vigas de madera dispuestos horizontalmente. Puede también utilizarse placas de acero para sistemas de pisos débiles.

En algunos casos es necesario llevar la carga completa de la columna hacia la cimentación o el piso en contacto con el suelo.

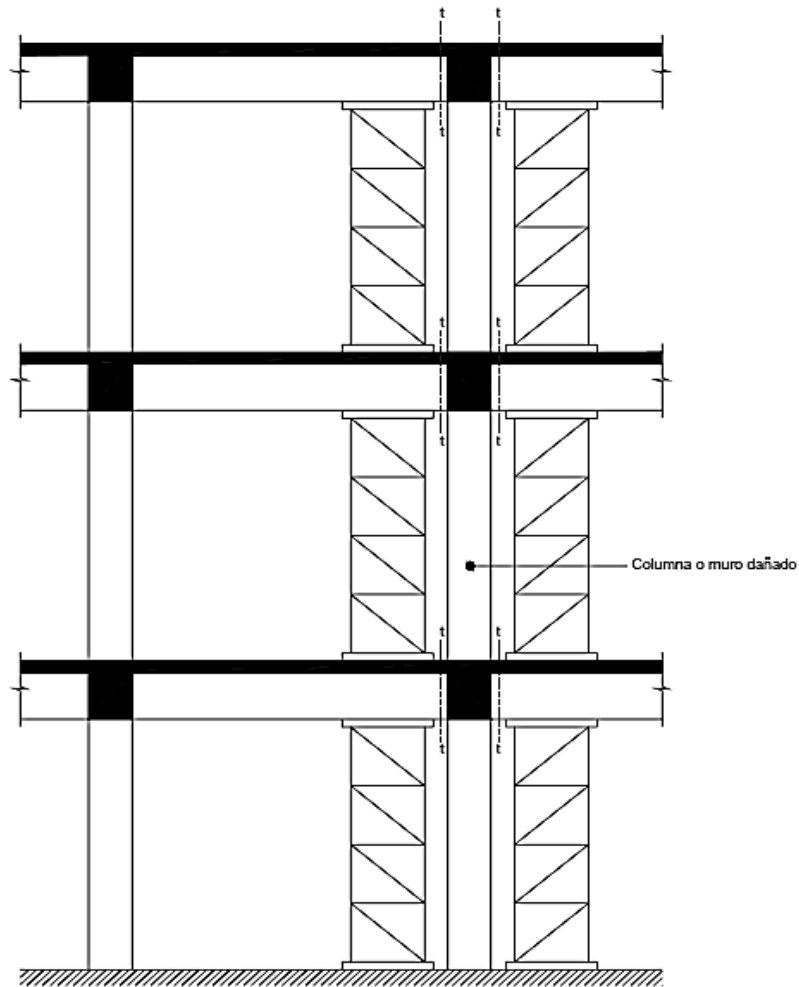


Figura 2.48. Apuntalamiento hacia la cimentación o primer piso de columna vertical.

2.15.1.5.3 Soporte lateral

En los edificios que presentan algún daño grave se debe prever un soporte lateral adecuado durante las operaciones de reparación.

El soporte lateral puede lograrse con puntales inclinados y con sistemas de contraventeo de diversos tipos.

- **Soporte lateral de muros.-** Debe proporcionarse soporte lateral a los muros de carga de mampostería o de concreto a fin de que no caigan hacia afuera debido a acciones horizontales, lo que ocasionaría el derrumbe de pisos o techos que sostienen. Esto puede hacerse mediante un apuntalamiento exterior.

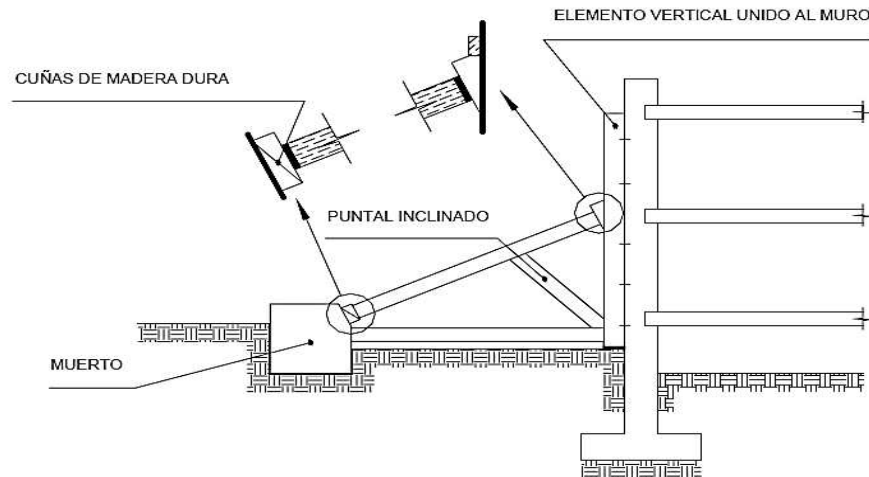


Figura 2.49. Apuntalamiento lateral de muro.

- Contraventeos de marcos.-** Los edificios a base de marcos pueden rigidizarse por medio de contraventeos formados por miembros diagonales de madera o de acero que trabajen en compresión. Para que sean efectivos deben acuñaarse adecuadamente en ambos extremos. Debe también revisarse que la resistencia a cortante tanto de la columna como de la viga en los apoyos de los puntales inclinados sea suficiente para resistir las componentes debidas a dichos elementos rigidizantes.

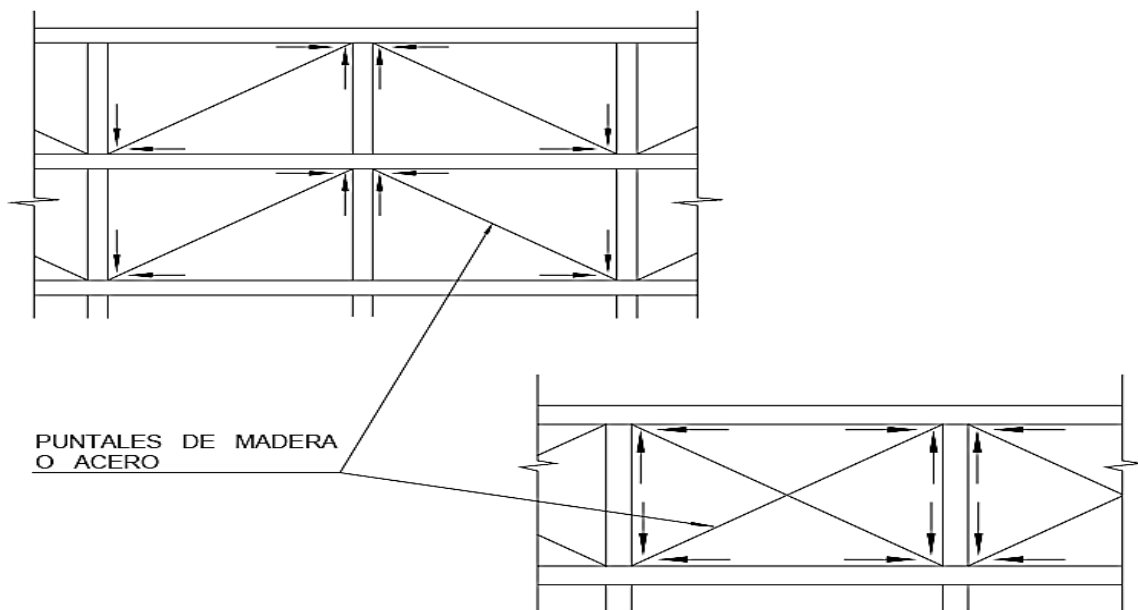


Figura 2.50. Contraventeo de marcos.

2.15.2 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN A DETALLE EN UNA ESTRUCTURA

2.15.2.1 Inspección de daños detallada

Una vez realizada la rehabilitación temporal, si necesaria, se debe llevar a cabo la identificación de daños en la estructura. Este tipo de inspecciones son exámenes de campo de todas las características físicas de las estructuras civiles y de cualquier situación peligrosa en ellas. Para su realización, tendrán que removerse los acabados de los elementos estructurales que se sospeche puedan presentar daños con base a la inspección preliminar

La inspección detallada consiste en registrar la descripción del estado en que se encuentra cada elemento dañado. Para esto se presentan fichas individuales además que se deberá tomar fotografías del elemento.

2.15.2.2 Conceptos e Información Necesaria en una Inspección Detallada

Para realizar la evaluación definitiva de la estructura y el proyecto de reparación, además de la identificación de daños, conviene contar con información adicional sobre el diseño original del edificio, su proceso de construcción y el uso y sus adaptaciones que haya tenido durante su vida útil.

Esta información se puede agrupar en los siguientes conceptos:

- a) Planos estructurales
- b) Planos arquitectónicos
- c) Planos de instalaciones
- d) Memorias de cálculo
- e) Estudio de mecánica de suelos
- f) Normas de diseño utilizadas
- g) Normas de diseño vigentes para la reparación
- h) Bitácora de la construcción
- i) Informes de control de calidad de los materiales empleados
- j) Uso actual de la estructura
- k) Remodelaciones o reparaciones previas

Los principales conceptos que requieren ser verificados son los siguientes:

2.15.2.2.1 Planos estructurales, arquitectónicos y de instalaciones.

- Existencia y ubicación de los elementos estructurales
- Dimensiones y armado de los elementos estructurales
- Existencia, ubicación y tipo de los elementos divisorios
- Existencia y ubicación de aberturas
- Tipos de acabados y elementos de fachadas
- Rellenos de azoteas
- Uso actual de la estructura
- Existencia y ubicación de ductos
- Características de los materiales

Para verificar las características mecánicas de los materiales pueden utilizarse pruebas destructivas y no destructivas sobre el acero y concreto.

2.15.2.2.2 Nivelación y mecánica de suelos

Cuando se tengan indicios de desplomes o hundimientos, será necesario efectuar una nivelación general de la estructura, e incluso se deberán hacer nuevos sondeos y pruebas de laboratorio para la verificación de las características del suelo. Es aconsejable determinar un perfil que muestre la variación de los desplazamientos laterales del edificio con su altura, y realizar nivelaciones periódicas hasta cerciorarse de que ya no hay movimientos significativos.

Los formatos de Inspección Detallada de Daños para los principales tipos de elementos de una edificación se presentan en el Anexo 6.

2.15.2.3 Inspección detallada auxiliar

Para dar un mejor detalle de la inspección con las hojas antes citadas, se hace necesaria la existencia de una hoja auxiliar a ser llenada con los datos específicos de la falla encontrada.

El formato de Inspección Detallada Auxiliar se presenta en el Anexo 7.

2.15.3 MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE CAPACIDADES DEL INMUEBLE PARA OBTENER UN DIAGNÓSTICO DEFINITIVO

Para poder evaluar el estado de una estructura dañada, es necesario conocer su capacidad de carga y con ella como base, tratar de comprender su comportamiento. Además después de las inspecciones anteriores, se pueden identificar los principales fallos dentro del sistema.

2.15.3.1 Estudio y elección del tipo de análisis

Según las características de la estructura que se trate, ésta podrá analizarse por sismo mediante el método simplificado, análisis estático ó alguno de los dinámicos, dinámico modal y dinámico paso a paso, con sus respectivas limitaciones. En este caso se puede realizar cualquier análisis con el uso de un paquete informático el cual nos permitirá estudiar el sistema estructural completo de una sola vez.

2.15.3.1.1 Modelamiento por computadora

El estudiar cada uno de los elementos de la estructura por separado en un análisis estructural a mano es laborioso y además extenso. Puesto que de acuerdo al estado de la estructura se necesita de decisiones en el menor tiempo posible, se usa el modelamiento por computadora para conocer el estado aproximado al real del mismo.

Existen diversos paquetes informáticos que nos permiten el estudio de sistemas estructurales entre los principales tenemos:

- SAP2000
- STAAD.PRO (en sus diferentes versiones)

Es necesario decir que el modelado de esta estructura debe evaluarse con el llamado análisis de 2° orden, o no lineal, mediante el cual se puede conocer su comportamiento en base a sus elementos mecánicos y desplazamientos en la estructura.

• Topología de la estructura

La topología es el primer paso al realizar un modelo de la estructura y la podemos definir como la creación de la configuración estructural del inmueble. Es la etapa

de mayor cuidado ya que de esta depende principalmente el óptimo funcionamiento del modelo al momento de realizar el análisis estructural.

La conectividad entre los miembros es también otro factor importante en una buena idealización de la estructura. Cada uno de los miembros debe estar conectado de forma adecuada al otro, para así, poder evitar un traslape de nodos.

- **Propiedades mecánicas de los materiales**

De acuerdo a las memorias de cálculo del edificio y de los diversos planos del mismo, se debe ingresar las distintas propiedades de los componentes de la estructura. Se debe tomar en cuenta si factores ambientales o de trabajo pudieron reducir la resistencia u otra propiedad de los elementos y tomar una decisión antes de ingresarlos.

- **Definición del tipo de apoyo de la estructura**

El tipo e apoyo que se idealice en el modelo dependerá del tipo de cimentación con la que se esta trabajando, así mismo como de las características propias del suelo que lo sustenta.

- **Consideraciones de carga en la estructura**

Cada una de las cargas que estén actuando sobre la estructura debe ser ingresada por separado y posteriormente se procederá a realizar las combinaciones de cargas pertinentes.

- **Análisis dinámico de la estructura**

Después del análisis bajo cargas gravitacionales, el siguiente paso es el de crear un espectro de diseño con las cargas de viento y sismo. De acuerdo a la localización de la estructura se tiene diversas formas para el cálculo de estos factores.

- **Obtención de factores de seguridad estructural**

Para este análisis se tiene por un lado la resistencia de los elementos y por otro los valores últimos obtenidos del análisis estructural.

Para el análisis de la resistencia en elementos defectuosos se tiene la siguiente tabla para la reducción de su capacidad de carga respecto al daño provocado.

Tabla 2.8. Coeficiente de degradación de las propiedades y características de comportamiento sísmico.⁴⁴

Nivel de daño en columnas y muros	Columna o Viga (Falla por flexión)	Columna o Viga (Falla por otros efectos)	Muro
I	1.0	1.0	1.0
II	1.0	0.8	0.9
III	0.6	0.4	0.6
IV	0.0	0.0	

El análisis estructural depende del sistema de carga en conjunto por lo que se deben establecer correctamente los apoyos de la estructura y definirlos completamente.

- **Dictamen de estabilidad y seguridad estructural**

Con la obtención de factores de seguridad se podrá entonces extender un dictamen de seguridad estructural, el cual en el mejor de los casos solo referirá a una restauración de los elementos que se encuentren dañados procurando aumentar su ductilidad. Por lo contrario si el estudio concluye que la capacidad de la estructura original no cumple con las normas vigentes, es decir se presentaron daños generalizados fuertes o graves, y se encontraron problemas de estructuración, entonces la reparación deberá tender al refuerzo de la estructura. En este caso de la restauración y el refuerzo de los elementos dañados, será recomendable introducir nuevos elementos rigidizantes, sobre todo si se tiene una estructuración eficiente.

⁴⁴ INEN; Código Ecuatoriano De La Construcción, Requisitos Generales De Diseño; PDF [en línea]; [Fecha de consulta: 15 marzo 2012]; Disponible en:

<http://www.cimepi.com/UserFiles/File/CODIGOCONSTRUCCION/CPEINEN5Parte1.pdf>

Es importante tener en cuenta que la restauración de un elemento dañado, en general solo permite recuperar el 70% y 80% de la rigidez original, de tal forma que cuando más del 25% de los elementos de la estructura deben restaurarse, es necesario recurrir también al refuerzo de la misma.

Alguno de los factores que influyen en la decisión de llevar a cabo un proyecto de reforzamiento, entre los más importantes se mencionan los siguientes:

- a) Costo
- b) Funcionalidad
- c) Espacio
- d) Estética
- e) Aspectos políticos
- f) Importancia Social
- g) Dificultad técnica

2.16 PLANIFICACION Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Una organización de mantenimiento puede ser de diversos tipos, pero en todos ellos aparecen los tres componentes siguientes, necesarios e interrelacionados.

1. **Recursos.-** Comprende personal, repuestos y herramientas, con un tamaño, composición, localización y movimientos determinados.
2. **Administración.-** Una estructura jerárquica con autoridad y responsabilidad que decida qué trabajo se hará, y cuándo y cómo debe llevarse a cabo.
3. **Planificación del trabajo y sistema de control.-** Un mecanismo para planificar y programar el trabajo, y garantizar la recuperación de la información necesaria para que el esfuerzo de mantenimiento se dirija correctamente hacia el objetivo definido.

La totalidad del sistema de mantenimiento es un organismo en continua evolución, cuya organización necesitará una modificación continua como respuesta a unos requisitos cambiantes. Como el objetivo principal de la organización es hacer corresponder los recursos con la carga de trabajo, es preciso considerar estas características antes de detallar los tres componentes básicos citados anteriormente.

2.16.1 PROGRAMACION DEL TRABAJO E INSTRUCCIONES TECNICAS DE MANTENIMIENTO

La principal distinción es entre trabajos programados y no programados. Los primeros se refieren principalmente a las tareas de mantenimiento preventivo y condicional, mientras que los segundos están relacionados con las tareas de mantenimiento correctivo.

2.16.1.1 Trabajos No Programados

Para el conjunto del sistema, los trabajos no programados se presentan de una manera casi aleatoria; a menudo se encuentra que la distribución de los tiempos necesarios para realizar esos trabajos se aproxima mucho a la distribución normal.

Parte de la demanda de trabajos de mantenimiento no programados se presenta sin previo aviso y exige una atención urgente. Es difícil planificar los trabajos de emergencia. Este tipo de trabajo debe preverse en demanda de personal, repuestos y equipos.

2.16.1.2 Trabajos Programados

Se pueden planificar a detalle y programarse con antelación, con las tolerancias de tiempo para el acoplamiento y la regularización del trabajo. Estos trabajos se clasifican de acuerdo a la facilidad con la que pueden programarse:

- a) **Trabajos de rutina.-** Trabajos de corta periodicidad realizados principalmente durante el funcionamiento del sistema.
- b) **Trabajos menores.-** Reposiciones y otros trabajos poco importantes que incluyen trabajos de corta y media periodicidad.
- c) **Trabajos mayores.-** Revisiones generales y otros trabajos importantes que incluyen trabajos de larga periodicidad, trabajos múltiples, trabajos que precisan diversas especialidades.

Como cada tipo de trabajo de mantenimiento tiene diferentes características, la naturaleza de la organización del mantenimiento dependerá mucho de las proporciones relativas de los trabajos no programados, programados y

condicionales. Se necesita una experiencia operativa considerable si se quiere evaluar correctamente el nivel esperado de trabajo programado consecuente a una entrada de trabajo no programado.

2.16.1.3 Instrucciones Técnicas de Mantenimiento

Los trabajos programados y no programados se agrupan en una biblioteca denominada Instrucciones Técnicas de Mantenimiento, la misma que considerara:

- **Sectorización.-** El lugar físico de la Tarea de Mantenimiento.
- **Descripción de la Tarea.-** Consiste en un nombre que resuma la Tarea de Mantenimiento.
- **A Realizarse Por.-** Se debe señalar el responsable a cargo de la ejecución del trabajo de mantenimiento.
- **Frecuencia.-** Es el periodo de tiempo en el cual ha de repetirse la Tarea de Mantenimiento. En caso de tratarse de una tarea de Mantenimiento Correctivo, no se puede definir una frecuencia ya que es algo súbito, pero se crea la Instrucción Técnica de Mantenimiento ya que puede presentarse algún trabajo no programado con las mismas características de uno anterior o en función de experiencias pasadas en otras edificaciones.
- **Especificaciones Técnicas.-** Aquí se debe describir en detalle los pasos, recursos, subprocesos y demás información que se requiera para la correcta ejecución de la Tarea de Mantenimiento.

De existir alguna información adicional deberá adjuntarse a la IT de Mantenimiento respectiva.

2.16.2 ANÁLISIS DE LOS RECURSOS DE MANTENIMIENTO

Una adecuada planificación y organización de cualquier proceso de mantenimiento depende principalmente de la disponibilidad de los recursos de mantenimiento, siendo los más importantes:

- a) **Personal.-** Como recurso de mantenimiento puede clasificarse según el área técnica en la que se emplee: mecánica, de instrumentos, de construcción. La mayor parte de los trabajos de mantenimiento puede

requerir más de una especialidad, por lo que la clasificación anterior se hará de acuerdo con la especialidad dominante en cada trabajo.

- b) **Repuestos.**- El objetivo de la gestión de repuestos es alcanzar el equilibrio óptimo entre el coste de posesión (depreciación, interés, rentas, etc.) y el coste de la ruptura de stock (indisponibilidad). La principal dificultad de esta acción, tan simplemente expresada, surge de la variedad y complejidad de los miles de artículos distintos (de costes y tasas de utilización tan diversos) necesarios para llevar a cabo una operación determinada
- c) **Herramientas.**- El objetivo de la organización de herramientas es similar al de la organización de los repuestos, pero el problema de control es diferente puesto que las herramientas no son consumibles en el mismo sentido. El problema principal con las herramientas retornables es el desarrollo de un sistema para controlar su préstamo y para efectuar el necesario mantenimiento cuando son devueltas.

2.16.2.1 Estructura de los recursos

El objetivo es hacer corresponder el tamaño, composición y localización de los recursos con la carga de trabajo esperada. Por tanto es esencial tener una imagen tan completa como sea posible de esta última. Se debe incluir:

- a) La localización de la petición
- b) El cálculo de la petición esperada de mantenimiento programado, su naturaleza y configuración en un período dado.
- c) La estimación de la petición esperada de mantenimiento programado, su naturaleza y configuración en un período dado, y su clasificación.
- d) La consideración de las especialidades necesarias, teniendo en cuenta que, en general, a mayor división del trabajo, mayor especialidad se precisa.

Se necesita estimar la carga de trabajo esperada y a continuación desarrollar una estructura con que atenderla. Los sistemas de control de gestión deben vigilar los parámetros que determinan la necesidad de cambios en la estructura de recursos.

2.16.3 LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La administración puede ser considerada como un sistema de toma de decisiones, cuyo objetivo es la de dirigir los recursos disponibles hacia la realización del objetivo. Los diversos trabajos realizados por cada individuo en la estructura jerárquica se componen de dos elementos: decisión y ejecución. Así, hay una división horizontal de la estructura jerárquica en las diversas funciones de trabajo y una división vertical en niveles de autoridad para la realización de dichas funciones. Los niveles superiores se centran más en la decisión que en la ejecución, mientras que los niveles inferiores, de taller, pueden tener poderes mínimos de decisión.

Se debe establecer una estructura:

- a) Que se determinen las áreas de trabajo y la responsabilidad (límites de toma de decisiones) de cada miembro de la estructura jerárquica.
- b) Que se establezcan las relaciones, tanto verticales como horizontales, entre estas áreas.
- c) Que se asegure que el objetivo de la compañía se interprete y se comprenda por cada miembro de la estructura jerárquica.
- d) Que se establezcan sistemas eficaces de comunicación e información.

Según lo anterior, los trabajos de mantenimiento programado ascienden por el sistema hasta el punto designado para la toma de decisiones y después retroceden al nivel de taller para su ejecución. Debido a la naturaleza interdisciplinaria del sistema se necesita una comunicación a través de las líneas de autoridad para transmitir las múltiples informaciones necesarias para la eficaz planificación, asignación y ejecución de trabajos. Además las líneas de trabajo se verán fuertemente influenciadas por la naturaleza del trabajo.

2.16.4 PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO

La función principal del servicio de planificación de trabajos es la planificación y programación, a medio y largo plazo, de la carga de trabajo de mantenimiento para los encargados de las áreas. Por tanto, el horizonte de planificación puede extenderse desde tan solo 48 horas a un año, y abarcará todos los trabajos, aparte de los desplazados de alta prioridad y del mantenimiento de emergencia. El servicio es responsable de suministrar a los encargados de mantenimiento la

carga de trabajo a medio plazo a realizar en el siguiente período. En esta responsabilidad se incluyen la coordinación inicial del trabajo multidisciplinario, el suministro de información de mantenimiento, como planos o manuales, la comprobación de la disponibilidad de los repuestos más importantes y la comprobación de la disponibilidad de los sistemas críticos. El grado de detalle necesario depende de la naturaleza del trabajo.

La planificación detallada y la asignación de trabajos son las funciones de planificación más importantes de la supervisión de primer escalón, a la que debe dejarse actuar en el sitio de trabajo. Los términos programar y ordenar pueden ser tomados erróneamente por lo que se da a continuación una descripción de cada uno:

- **Programar.-** Se refiere a la determinación de los tiempos de llegadas o salidas de los elementos que necesitan mantenimiento.
- **Ordenar.-** Se refiere a la determinación del orden en que deben realizarse las tareas de mantenimiento necesarias. A continuación, según las prioridades ligadas con los diversos elementos en cola, se determina la secuencia en que se recuperan o reparan.

2.16.5 LA TAREA DE MANTENIMIENTO

Una tarea de mantenimiento es el conjunto de actividades que debe realizar el usuario para mantener la funcionalidad del elemento o sistema.

De esta forma, la entrada para el proceso de mantenimiento está representada por la necesidad de ejecución de una tarea específica a fin de que el usuario conserve la funcionalidad del elemento o sistema, mientras que la salida es la propia realización de la tarea de mantenimiento. Es necesario fijarse que cada tarea específica requiere de recursos específicos para su finalización, llamados recursos para la tarea de mantenimiento. También es necesario recordar que cada tarea se realiza en un entorno específico que puede tener un impacto significativo en la seguridad, precisión y facilidad de la finalización de la tarea. Es necesario recalcar que el número de actividades componentes, su orden, así como el número, tipo y cantidad de recursos adquiridos, dependen principalmente de las decisiones adoptadas durante la fase de diseño del elemento o sistema.

En cierto modo, el orden de magnitud del tiempo requerido para la recuperación de la funcionalidad (5 minutos, 5 horas ó 2 días) sólo se puede decidir al principio del proceso de diseño, mediante decisiones relacionadas con la complejidad de la tarea de mantenimiento., la accesibilidad de los elementos, la seguridad de recuperación, la capacidad de prueba, la localización física del elemento; lo mismo ocurre con las decisiones relacionadas con los requisitos de los recursos de apoyo del mantenimiento (instalaciones, repuestos, herramientas, personal, etc.).

Este tipo de análisis es llevado a cabo por el equipo proyectista se conoce como análisis de mantenibilidad, mientras que las características del producto que son su consecuencia, se conoce como mantenibilidad.

2.16.6 DURACIÓN DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO

Se acepta normalmente en la práctica de ingeniería que tareas de mantenimiento supuestamente idénticas, realizadas bajo similares condiciones, requieren diferentes lapsos de tiempo. Las razones principales para estas variaciones se pueden clasificar en tres grupos:

1. **Factores personales.-** Representan la influencia de la habilidad, motivación, experiencia, actitud, capacidad física, vista, disciplina, formación, responsabilidad y otras características similares relacionadas con el personal implicado.
2. **Factores condicionales.-** Representan la influencia del entorno operativo y las consecuencias que ha producido el fallo en la condición física, forma, geometría, y características similares del elemento o sistema sometido a mantenimiento.
3. **Factores de entorno.-** Reflejan la influencia de aspectos como temperatura, humedad, ruido, iluminación, vibración, momento del día, época del año, viento, etc. En el personal de mantenimiento durante la ejecución de la tarea de mantenimiento.

2.16.7 CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO

Las tareas de mantenimiento se pueden clasificar en función del tipo de intervención, de esta manera para el presente trabajo se consideran:

- Tareas de mantenimiento correctivo
- Tareas de mantenimiento preventivo

2.16.7.1 TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Las tareas de mantenimiento correctivo son las tareas que se realizan con intención de recuperar la funcionalidad del elemento o del sistema, tras la pérdida de su capacidad para realizar la función o las prestaciones que se requieren. Una tarea de mantenimiento correctivo típica consta de las siguientes actividades:

- Detección del fallo
- Localización del fallo
- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje
- Pruebas
- Verificación

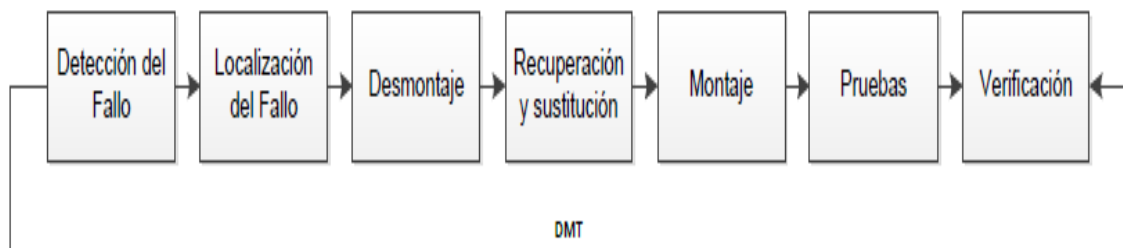


Figura 2.51. Representación gráfica de una tarea típica de Mantenimiento Correctivo

2.16.7.2 TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La tarea de mantenimiento preventivo es una tarea que se realiza para reducir la probabilidad de fallo del elemento o sistema, o para maximizar el beneficio operativo. Una tarea de mantenimiento preventivo típica consta de las siguientes actividades de mantenimiento:

- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje
- Pruebas

- Verificación

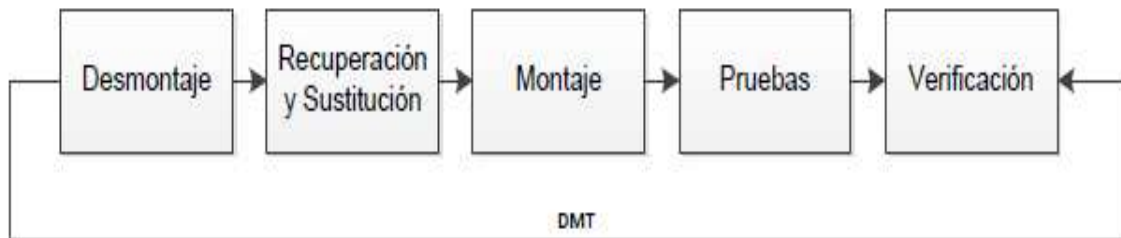


Figura 2.52. Representación gráfica de una tarea típica de Mantenimiento Preventivo

Las tareas de mantenimiento de este tipo se realizan antes de que tenga lugar la transición hacia la falla, con el objetivo principal de reducir:

- El coste de mantenimiento
- La probabilidad de fallo

Las tareas de mantenimiento preventivo más comunes son sustituciones, renovaciones, revisiones generales, etc. Es necesario recalcar que estas tareas se realizan, a intervalos fijos.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

3.1 INTRODUCCION

Antes de generar el Software de Mantenimiento para Edificios con Estructura de Acero, es importante conocer lo que se quiere hacer y lo que se desea obtener. Es entonces que el principal propósito de este capítulo es desarrollar una base de datos que le permita al usuario un ingreso simple y ordenado de los mismos, con una gran capacidad de almacenamiento, un sistema de visualización cómodo y estéticamente atractivo para gestión de datos, la viabilidad para imprimir información requerida y la posibilidad de edición.

Todos los lineamientos a respetarse para la generación de este software están basados en los capítulos desarrollados anteriormente, en especial en el CAPITULO 2.

3.2 SELECCIÓN DEL PROGRAMA

Para el desarrollo del Software de Mantenimiento para Edificios con Estructura de Acero se consideran los siguientes programas:

- **Microsoft Excel.-** Excel es un programa de hojas de cálculo de Microsoft Office system. Permite crear y aplicar formato a un conjunto de hojas de cálculo, para analizar datos y tomar decisiones en función de este análisis. Concretamente, se puede usar para hacer un seguimiento de datos, crear modelos para analizar datos, escribir fórmulas para realizar cálculos con dichos datos, dinamizar los datos de diversas maneras y presentarlos en una variedad de gráficos con aspecto profesional.
- **Microsoft Access.-** Access es una herramienta de diseño e implementación de aplicaciones de base de datos que se usa para realizar un seguimiento de información importante. Permite crear ficheros de bases de datos que pueden ser fácilmente gestionadas por una interfaz gráfica simple. Este programa permite manipular los datos en forma de tablas, crear relaciones entre tablas, consultas, formularios para introducir datos e informes para presentar la

información. Por medio de Microsoft Access, puede administrar toda la información desde un único archivo de base de datos. Una base de datos es una recopilación de información relativa a un asunto o propósito particular.

De estos, se selecciona Microsoft Access en su última versión 2010, ya que comparado con Microsoft Excel cuenta con mejores herramientas para el manejo, visualización y presentación de datos en función de los requerimientos del software a desarrollarse.

3.3 DESCRIPCION DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO

Para el desarrollo del mismo se genera una base de datos en Access 2010.

Una base de datos es un conjunto de datos que están organizados para un uso determinado. Las bases de datos permiten almacenar todo tipo de información, y una base de datos de Access almacena sus tablas en un solo archivo, junto con otros objetos, como formularios, informes, macros y módulos.

Los lineamientos para la creación de esta base de datos están en función al trabajo desarrollado en el CAPITULO 2.

3.3.1 ENTORNO BASICO DE MICROSOFT ACCESS 2010

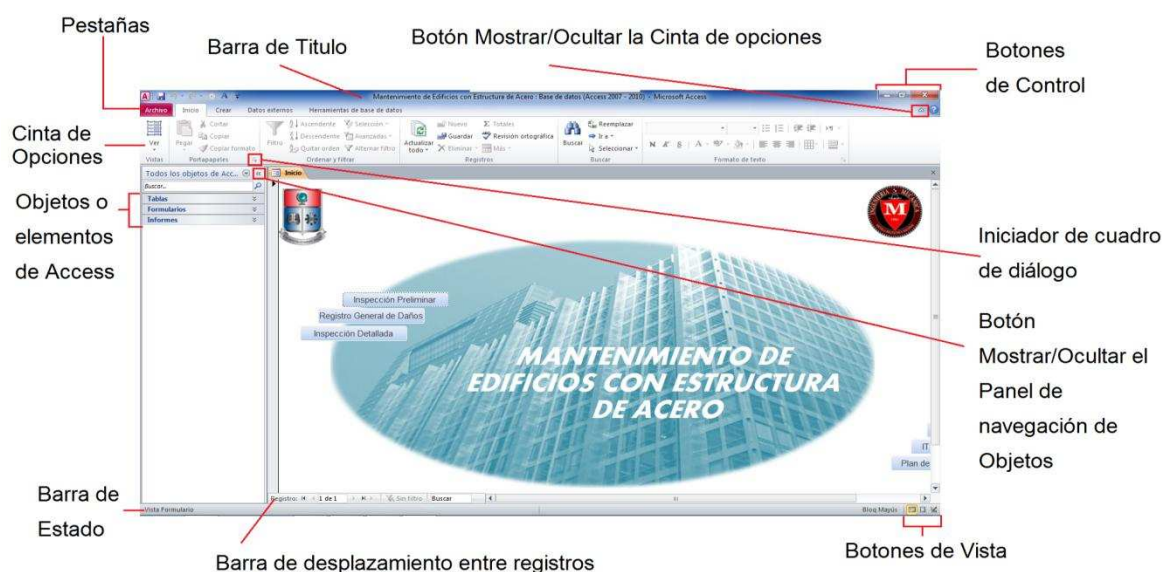


Figura 3.1. Entorno básico de Microsoft Access 2010.

- **Cinta de Opciones.-** Es la cinta de fichas a lo largo de la parte superior de la ventana del programa que contiene grupos de comandos. La cinta de opciones es el remplazo principal de los menús y las barras de herramientas de las versiones anteriores a Access 2007. Se compone principalmente de fichas con grupos de botones. La cinta de opciones tiene fichas principales que agrupan comandos usados frecuentemente, fichas contextuales que aparecen sólo cuando puede usarlas, y la Barra de herramientas de acceso rápido, una pequeña barra de herramientas que puede personalizar con sus comandos favoritos. En las fichas de la cinta de opciones, algunos de los botones proporcionan una galería de opciones, mientras que otros inician un comando.
- **Pestañas.-** Cada uno de los nombres en la cinta de opciones se llaman pestañas, contienen un grupo de comandos reunidos según las propiedades comunes que sugieren sus denominaciones.
- **Barra de Título.-** Indica el nombre del documento o ventana.
- **Botón Ocultar/Mostrar la Cinta de Opciones.-** Minimiza o expande la Cinta de Opciones.
- **Botones de Control.-** Contiene los botones de Minimizar, Restaurar (o Maximizar) y Cerrar la ventana.
- **Iniciador de Cuadro de Dialogo.-** Permite acceder a un cuadro de dialogo o a un panel de tareas relacionado a un grupo de la Cinta de Opciones.
- **Botón Mostrar/Ocultar el Panel de Navegación de Objetos.-** Minimiza o expande el Panel de Navegación de Objetos.
- **Barra de Desplazamiento entre Registros.-** Es una barra de desplazamiento horizontal que permite acceder a los registros. Mediante esta se puede ir al registro siguiente, al último, al anterior, al primero, se puede crear un nuevo registro o ir a un registro específico.
- **Botones de Vista.-** Permiten definir el modo de visualización de los objetos. Por ejemplo una tabla tiene las siguientes vistas:
 - Vista Hoja de Datos
 - Vista Tabla Dinámica
 - Vista Grafico Dinámico

- Vista Diseño
- **Barra de estado.**- Contiene datos tales como el tipo de vista del objeto y teclas rápidas de acceso.
- **Objetos o elementos de Access.**- Son herramientas para almacenar y gestionar información. Los objetos y elementos de Access 2010 son los siguientes:
 - Tablas
 - Consultas
 - Formularios
 - Informes
 - Páginas
 - Macros
 - Módulos

3.3.2 OBJETOS DE LA BASE DE DATOS “MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO”

En este caso, nuestra base de datos consta básicamente de tablas, formularios e informes.

- **Tabla.**- Una tabla de Access, es una cuadrícula en la que se ingresa y almacena, campo por campo, toda la información de la base de datos. Cada tabla se compone de campos y registros. A pesar de que a primera vista casi la podríamos confundir con una hoja de Excel, existen unas diferencias fundamentales: en Access, cada columna en una tabla es un campo y cada fila de una tabla representa un único registro que reúne la información de un elemento de la tabla. Cada campo de Access sólo puede tener un tipo de datos: o sólo texto, o sólo números, etc. Los tipos de datos más utilizados son los números, el texto, la fecha y la moneda pero el Access no se limita a esto: permite insertar también hipervínculos y además los objetos OLE, por ejemplo, imágenes, sonidos e incluso video clips.
- **Formulario.**- Un formulario es una ventana que permite mostrar y editar la información por medio de diferentes controles (botones, cuadros de texto, etiquetas, etc.). En un formulario en sí no se almacena información, solo nos permite ingresar datos y acceder a los mismos una vez que estos hayan sido

guardados en una tabla. La ventaja de usar formularios consiste en que podemos trabajar simultáneamente con datos de más de una tabla en un único formulario.

- **Informe.-** Permite imprimir la información de base de datos en una forma eficaz y además, permite combinar los datos de varias tablas en un documento único.



Figura 3.2. Panel de navegación de objetos de Access 2010.

3.3.3 INGRESO A LA BASE DE DATOS

En el escritorio se tiene una carpeta con el nombre Software de Mantenimiento EEA.



Figura 3.3. Software de Mantenimiento EEA – en el escritorio.

Ingresando a esta aparecen una carpeta con el nombre Resaldos en la cual se encuentran todas las imágenes y documentos relacionados con la base de datos , y un documento de Microsoft Access con el nombre de Mantenimiento de Edificios con Estructura de Acero, para ingresar a la base de datos solo basta con hacer doble clic sobre este ultimo.

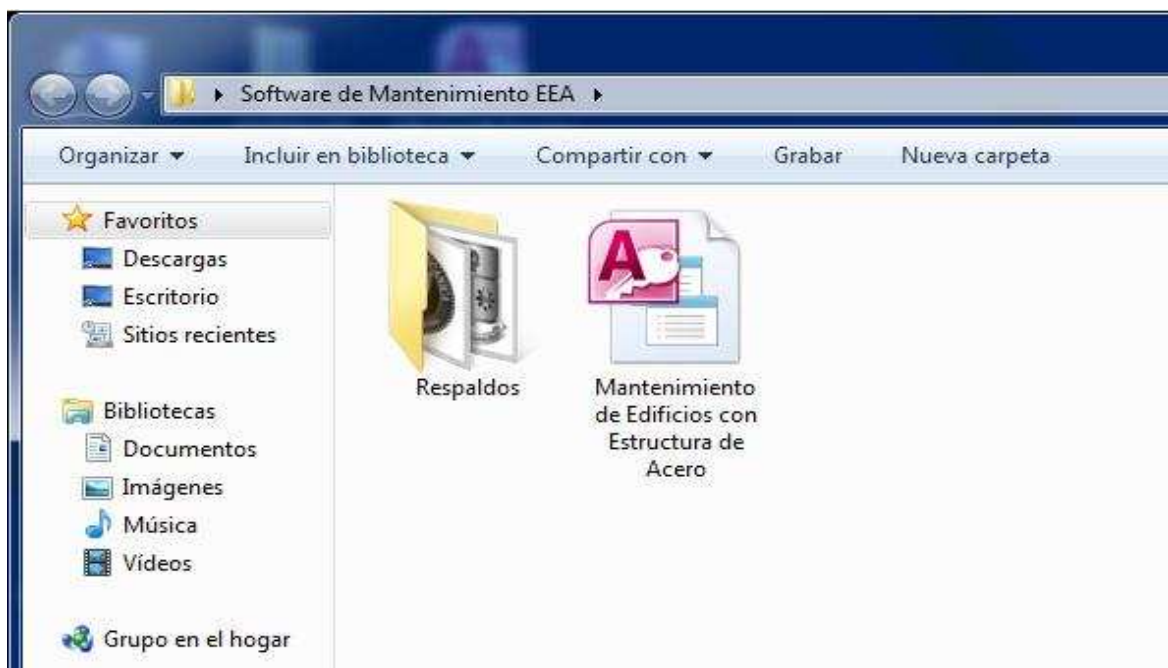


Figura 3.4. Archivos almacenados en la carpeta "Software de Mantenimiento EEA".

3.3.4 INICIO

Una vez que se ha ingresado a la base de datos se abre automáticamente un formulario de inicio, el mismo que consta de los siguientes 7 botones:

- Inspección Preliminar
- Registro General de Daños
- Inspección Detallada
- Anexos
- IT's de Mantenimiento
- Plan de Mantenimiento
- Salir de Access

Mediante estos el usuario puede navegar por toda la base de datos de una manera fácil y rápida. Cada uno de los seis primeros botones nos re direccionará a otro formulario y el ultimo nos permite salir de Access luego de haber terminado el trabajo en la base de datos.



Figura 3.5. Formulario “Inicio”.

3.3.5 INSPECCION PRELIMINAR

Al darle clic al botón Inspección Preliminar estamos accedendo al primero de un conjunto de cuatro formularios, se lo realizo de esta manera ya que se tienen muchos campos con un único registro. En cada uno de estos formularios la información esta organizada en paginas y se basa en el formato de Inspección Preliminar descrito en el CAPITULO 2.

A parte de páginas estos formularios contienen otro tipo de controles como: cuadros de texto, etiquetas, botones, grupos de opciones, casillas de verificación y datos adjuntos.

3.3.5.1 Formulario “Inspección Preliminar 1”

Consta de siete páginas, cuyos nombres corresponden al tipo de información que se esté ingresando en las mismas, estas son:

- Identificación de la Edificación
- Evaluación Preliminar
- Terreno y Construcción

- Cimentación
- Muros
- Pisos
- Escaleras

Para visualizar cualquiera de estas basta con dar clic sobre la pestaña correspondiente.

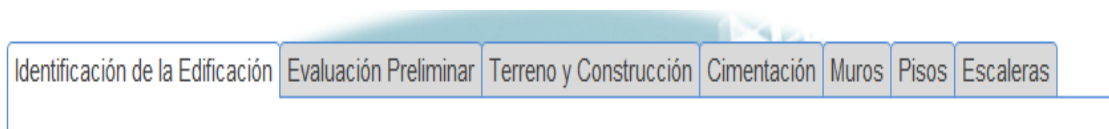


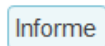


Figura 3.6. Pestañas de acceso a las páginas del formulario "Inspección Preliminar 1".

En la parte derecha de la pantalla se pueden identificar tres botones:

- Siguiente 
- Regreso a Inicio 
- Informe 

El botón "Siguiente" nos permite desplazarnos hacia el formulario "Inspección Preliminar 2", el botón "Regreso a Inicio" nos sitúa en el formulario "Inicio" y con el botón "Informe" se abre el informe correspondiente a este formulario.

Figura 3.7. Formulario "Inspección Preliminar 1".

3.3.5.2 Formulario “Inspección Preliminar 2”

Consta de seis páginas, cuyos nombres corresponden al tipo de información que se esté ingresando en las mismas, estas son:



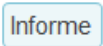
- Pasillos
- Techo
- Instalación Hidráulica
- Instalación Sanitaria
- Instalación de Gas
- Instalación Eléctrica

Para visualizar cualquiera de estas basta con dar clic sobre la pestaña correspondiente.




Figura 3.8. Pestañas de acceso a las páginas del formulario “Inspección Preliminar 2”.

En la parte derecha de la pantalla se pueden identificar tres botones:

- Siguiente 
- Regreso a Inicio 
- Informe 

Y en el lado izquierdo el botón:

- Anterior 

Con el botón “Anterior” regresamos al formulario “Inspección Preliminar 1”, con el botón “Siguiente” nos desplazamos hacia el formulario “Inspección Preliminar 3”, el botón “Regreso a Inicio” nos sitúa en el formulario “Inicio” y con el botón “Informe” se abre el informe correspondiente a este formulario.

Figura 3.9. Formulario “Inspección Preliminar 2”.

3.3.5.3 Formulario “Inspección Preliminar 3”

Consta de cinco páginas, cuyos nombres corresponden al tipo de información que se esté ingresando en las mismas, estas son:

- Seguridad de la Estructura
- SENE(Seguridad de los Elementos No Estructurales) Exteriores
- SENE(Seguridad de los Elementos No Estructurales) Interiores
- SENE(Seguridad de los Elementos No Estructurales) Instalaciones
- Clasificación

Para visualizar cualquiera de estas basta con dar clic sobre la pestaña correspondiente.

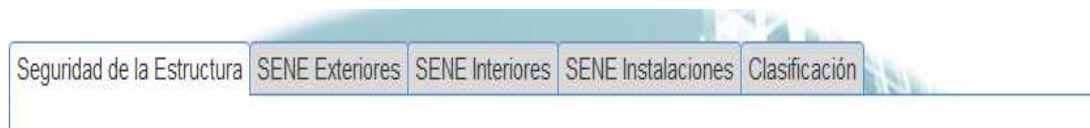





Figura 3.10. Pestañas de acceso a las páginas del formulario “Inspección Preliminar 3”.

En la parte derecha de la pantalla se pueden identificar tres botones:

- Siguiente 
- Regreso a Inicio 
- Informe 

Y en el lado izquierdo el botón:

- Anterior 

Con el botón “Anterior” regresamos al formulario “Inspección Preliminar 2”, con el botón “Siguiete” nos desplazamos hacia el formulario “Inspección Preliminar 4”, el botón “Regreso a Inicio” nos sitúa en el formulario “Inicio” y con el botón “Informe” se abre el informe correspondiente a este formulario.



	Nivel de riesgo			
	No existe	Bajo	Intermedio	Alto
<u>Grietas en el suelo deslaves o movimiento</u>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<u>Inclinación de la edificación</u>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<u>Choque con edificaciones vecinas</u>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<u>Edificaciones colindantes con problemas</u>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<u>Detalles</u>	<input type="text"/>			

Figura 3.11. Formulario “Inspección Preliminar 3”.

3.3.5.4 Formulario “Inspección Preliminar 4”

Consta de cuatro páginas, cuyos nombres corresponden al tipo de información que se esté ingresando en las mismas, estas son:


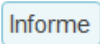
- Reparaciones Anteriores
- Observaciones
- Recomendaciones
- Registro del inspector

Para visualizar cualquiera de estas basta con dar clic sobre la pestaña correspondiente.



Figura 3.12. Pestañas de acceso a las páginas del formulario “Inspección Preliminar 4”.

En la parte derecha de la pantalla se pueden identificar dos botones:

- Regreso a Inicio 
- Informe 

Y en el lado izquierdo el botón:

- Anterior 

Con el botón “Anterior” regresamos al formulario “Inspección Preliminar 3”, el botón “Regreso a Inicio” nos sitúa en el formulario “Inicio” y con el botón “Informe” se abre el informe correspondiente a este formulario.

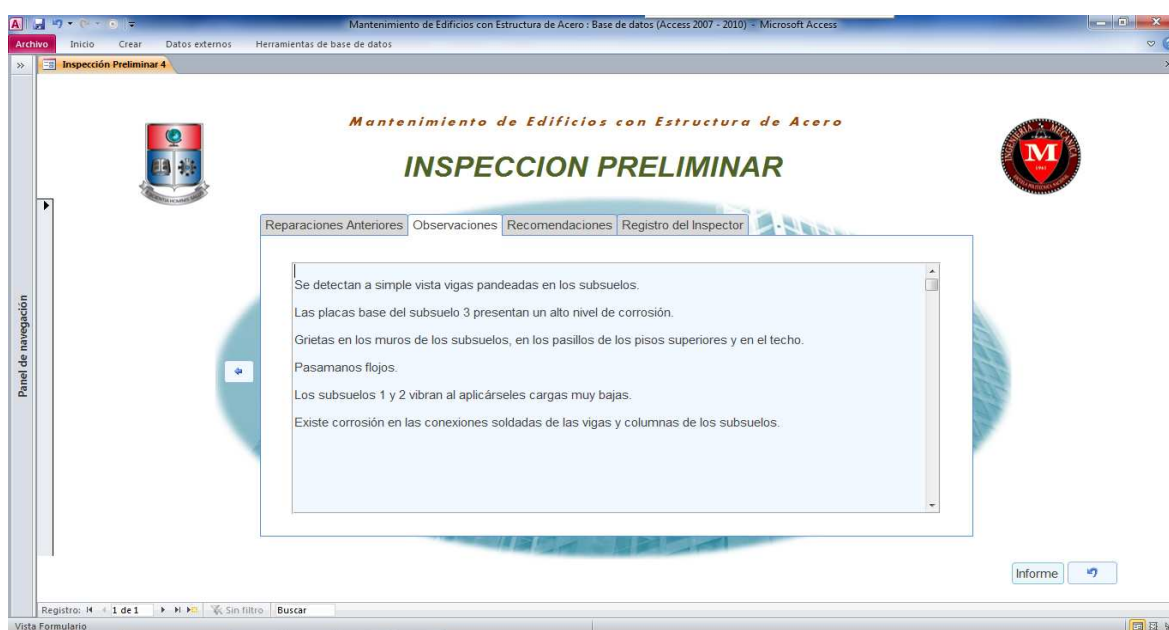


Figura 3.13. Formulario “Inspección Preliminar 4”.

3.3.6 REGISTRO GENERAL DE DAÑOS

Este formulario se basa en el formato para el Registro General de Daños descrito en el CAPITULO 2. Contiene controles de tipo cuadros de texto, etiquetas y botones.

En la parte inferior de la pantalla, de derecha a izquierda se pueden identificar 8 botones y un cuadro de texto:

- Regreso a Inicio 
- Plan de Mantenimiento 
- Informe 
- Ultimo Registro 
- Registro Siguiete 
- Buscar Registro 
- Id
- Registro Anterior 
- Primer Registro 

El botón “Regreso a Inicio” nos sitúa en el formulario “Inicio”, con el botón “Plan de Mantenimiento ” accedemos al formulario de plan de mantenimiento en caso de que se requiera generar una tarea de mantenimiento, mediante el botón “Informe” se abre el informe correspondiente a este formulario, los demás son botones de navegación entre registros y como su nombre lo indica, permiten desplazarse al ultimo registro, al registro siguiente, buscar registros determinados, al registro anterior o al primer registro, el cuadro de texto “Id” es de tipo Autonumeración y mediante este se visualiza el numero que identifica a cada registro.

En base a la información recopilada en la Inspección preliminar se determinan los sectores en los cuales se realizara una inspección más a fondo, la misma que deberá respetar el formato del Registro General de Daños, de esta se determinará si se requiere una Inspección Detallada antes de generar una tarea de mantenimiento.

Mantenimiento de Edificios con Estructura de Acero
REGISTRO GENERAL DE DAÑOS

Elemento: N1vs28 Fecha: 03/04/2012
Responsable: Balseca-Dahik

Elemento Estructural: Viga secundaria subsuelo 3
Localización, Tipo, Nivel:

Magnitud de Daños: Desconocida

Observaciones: Aparentemente la viga esta pandeada. Corrosión en ciertas zonas y pérdida del recubrimiento anticorrosivo. Se requiere INSPECCIÓN DETALLADA.

Solución: Indeterminada

Informe Plan de Mantenimiento

Registro: 4 de 35 de 56 Sin filtro Buscar

Figura 3.14. Formulario “Registro General de Daños”.

3.3.7 INSPECCION DETALLADA

Al dar click sobre el boton “Inspeccion Detallada” en el formulario “Inicio”, se abre el formulario “Inicio de Inspeccion Detallada” el cual contiene 8 botones:

- Arriostramientos
- Cimentaciones
- Columnas
- Conexiones
- Losas
- Muros
- Vigas
- Regreso a Inicio

Los siete primeros corresponden a los formularios de Inspeccion Detallada de los principales tipos de elementos presentes en una edificación con estructura de acero y el ultimo boton es para regresar al formulario “Inicio”.



Figura 3.15. Formulario “Inicio Insp. Detallada”.

Los formularios de Inspeccion detallada se basan en los formatos de Inspección Detallada e Inspección Detallada Auxiliar descritos en el CAPITULO 2. Contienen controles de tipo cuadros de texto, etiquetas, botones y datos adjuntos.

En la parte inferior de la pantalla, de derecha a izquierda se pueden identificar 8 botones y un cuadro de texto:

- Regreso a Inicio 
- Plan de Mantenimiento
- Informe
- Ultimo Registro 
- Registro Siguiente 
- Buscar Registro 
- Id
- Registro Anterior 
- Primer Registro 

El botón “Regreso a Inicio” nos sitúa en el formulario “Inicio Insp. Detallada”, con el botón “Plan de Mantenimiento ” accedemos al formulario de plan de mantenimiento para generar una tarea de mantenimiento, mediante el botón

“Informe” se abre el informe correspondiente a este formulario, los siguientes son botones de navegación entre registros y como su nombre lo indica, permiten desplazarse al ultimo registro, al registro siguiente, buscar registros determinados, al registro anterior o al primer registro, el cuadro de texto “Id” es de tipo Autonumeración y mediante este se visualiza el numero que identifica a cada registro.

Para visualizar y registrar la información en los formularios de Inspección Detallada hay que desplazarse verticalmente con el scroll, ya que el área de estos es más amplia que los demás formularios existentes en la base de datos.

Mantenimiento de Edificios con Estructura de Acero
INSPECCION DETALLADA-VIGAS

Elemento: W1F1G1
Tipo: Simple
Responsable: Balseca-Cebik
Fecha:

Nombre:
Recubrimientos
Soldaduras
Patin superior e inferior
Miembros del alma
Elementos de refuerzo

Condición Estándar:
Libre de grietas y fisuras
Libre de fisuras, corrosión, desprendimiento
Espesor normal, libre de corrosión, grietas
Espesor normal, libre de corrosión, grietas
Espesor normal, libre de corrosión, grietas

Estado Actual:
Regular
Regular
Regular

Fuente del Daño:
Ambiental
Ambiental
Ambiental

Informe Plan de Mantenimiento

Mantenimiento de Edificios con Estructura de Acero
INSPECCION DETALLADA-VIGAS

Elemento: W1F1G1
Tipo: Simple
Responsable: Balseca-Cebik
Fecha:

Observaciones:
N1 = Subvuelo 3
diac = 6mm
Segun CMEPI dmax = 41.9mm
Segun SAP dsm = 10,4 mm

Recomendaciones:

Imagenes:
N1
F1G1

Informe Plan de Mantenimiento

Figura 3.16. Formulario “Inspección Detallada – Vigas”.

3.3.8 IT's DE MANTENIMIENTO

Aquí se tiene un formulario vinculado a una tabla la misma que actúa como una biblioteca virtual que almacena operaciones de mantenimiento específicas, las que pueden consultarse previo a la creación de una Tarea de Mantenimiento ya sea este preventivo o correctivo.

El formulario de las Instrucciones Técnicas de Mantenimiento contiene controles de tipo cuadros de texto, etiquetas, botones y datos adjuntos.

Es muy importante recalcar el control de datos adjuntos ya que este permite sustentar mediante la documentación adecuada una IT de Mantenimiento.

En la parte inferior de la pantalla, de derecha a izquierda se pueden identificar 8 botones y un cuadro de texto:

- Regreso a Inicio 
- Plan de Mantenimiento 
- Informe 
- Ultimo Registro 
- Registro Siguiente 
- Buscar Registro 
- Id
- Registro Anterior 
- Primer Registro 

El botón “Regreso a Inicio” nos sitúa en el formulario “Inicio”, con el botón “Plan de Mantenimiento” accedemos al formulario de plan de mantenimiento para generar una tarea de mantenimiento en base a la información consultada en las Instrucciones Técnicas de Mantenimiento, mediante el botón “Informe” se abre el informe correspondiente a este formulario, los siguientes son botones de navegación entre registros y como su nombre lo indica, permiten desplazarse al ultimo registro, al registro siguiente, buscar registros determinados, al registro anterior o al primer registro, el cuadro de texto “Id” es de tipo Autonumeración y mediante este se visualiza el numero que identifica a cada registro.

Figura 3.17. Formulario “IT’s de Mantenimiento”.

3.3.9 PLAN DE MANTENIMIENTO

Este formulario consta de dos páginas, cuyos nombres corresponden al tipo de información que se esté ingresando en las mismas, estas son:

- Tareas de Mantenimiento
- Informe

Para visualizar cualquiera de estas basta con dar clic sobre la pestaña correspondiente.



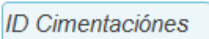
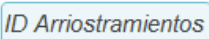
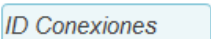
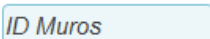
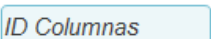
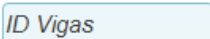
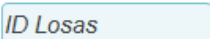
Figura 3.18. Pestañas de acceso a las páginas del formulario “Plan de Mantenimiento”.

En la pestaña de “Tareas de Mantenimiento” se describen en si todas las intervenciones que conforman el Plan de Mantenimiento, con esto se genera una lista con un orden cronológico de ejecución.


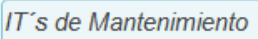
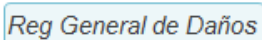
En la pestaña “Informe” se ingresa toda la información requerida para el control del cumplimiento de determinada Tarea de Mantenimiento, aquí se dice lo que se hizo, lo que no se pudo hacer, se tiene un desfase de tiempo en días en función

de la fecha programada y la fecha de ejecución que muestra un adelanto (desfase negativo) o retraso (desfase positivo) en la ejecución de la intervención de mantenimiento. Cualquier detalle y tarea pendiente, por menor que sea, deberá registrarse en la pestaña “Informe” del formulario “Plan de Mantenimiento”. Este formulario además de las pestañas, contiene controles de tipo cuadros de texto, etiquetas, botones y datos adjuntos.


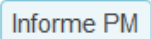
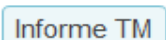
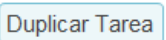

En la parte derecha de la pantalla se pueden identificar siete botones:

- ID Cimentaciones 
- ID Arriostramientos 
- ID Conexiones 
- ID Muros 
- ID Columnas 
- ID Vigas 
- ID Losas 

Estos corresponden a los formularios de Inspección Detallada, ya que al momento de generar una Tarea de Mantenimiento es importante acceder de una manera rápida y simple a toda la información requerida. De la misma manera al lado izquierdo de la pantalla se tienen otros tres botones, los cuales re direccionan al usuario hacia más información requerida al momento de generar Tareas de Mantenimiento, estos son:

- Inspección Preliminar 
- IT's de Mantenimiento 
- Registro General de Daños 

En la parte inferior de la pantalla, de derecha a izquierda se pueden identificar nueve botones:

- Regreso a Inicio 
- Informe del Plan de Mantenimiento 
- Informe de las Tareas de Mantenimiento 
- Duplicar Tarea 
- Ultimo Registro 

- Registro Siguiente 
- Buscar Registro 
- Registro Anterior 
- Primer Registro 
- Nueva Tarea 

El botón “Regreso a Inicio” nos sitúa en el formulario “Inicio”, mediante el botón “Informe PM” se abre el informe correspondiente a todo el plan de mantenimiento, en el cual se muestran tanto las Tareas de Mantenimiento como el Informe de ejecución de las mismas, a diferencia del botón “Informe TM” el cual abre únicamente el informe correspondiente a las Tareas de Mantenimiento. “Duplicar Tarea” genera un registro idéntico a uno ya existente, este botón se utiliza en Tareas de Mantenimiento Preventivo, las mismas que obedecen un periodo de tiempo preestablecido. El botón “Nueva Tarea” nos ubica rápidamente en un registro en blanco. Los demás son botones de navegación entre registros y como su nombre lo indica, permiten desplazarse al último registro, al registro siguiente, buscar registros determinados, al registro anterior o al primer registro.

A diferencia de otros formularios en este caso no se necesita el cuadro de texto “Id”, ya que los datos no están organizados en función al ingreso de los mismos, estos obedecen a un orden cronológico.

Luego de generarse una o algunas Tareas de Mantenimiento se debe presionar la tecla “F5”, actualizando así la base de datos.

Figura 3.19. Formulario “Plan de Mantenimiento”.

3.3.10 ANEXOS

Este formulario permite almacenar todo tipo de documentos e imágenes relacionadas con el mantenimiento de la edificación. Este contiene controles de tipo cuadros de texto, etiquetas, botones y datos adjuntos.

En la parte inferior de la pantalla, de derecha a izquierda se pueden identificar cinco botones y un cuadro de texto:

- Regreso a Inicio 
- Ultimo Registro 
- Registro Siguiente 
- Id
- Registro Anterior 
- Primer Registro 

El botón “Regreso a Inicio” nos sitúa en el formulario “Inicio” y los demás son botones de navegación entre registros y como su nombre lo indica, permiten desplazarse al ultimo registro, al registro siguiente, al registro anterior o al primer registro, el cuadro de texto “Id” es de tipo Autonumeración y mediante este se visualiza el numero que identifica a cada registro.

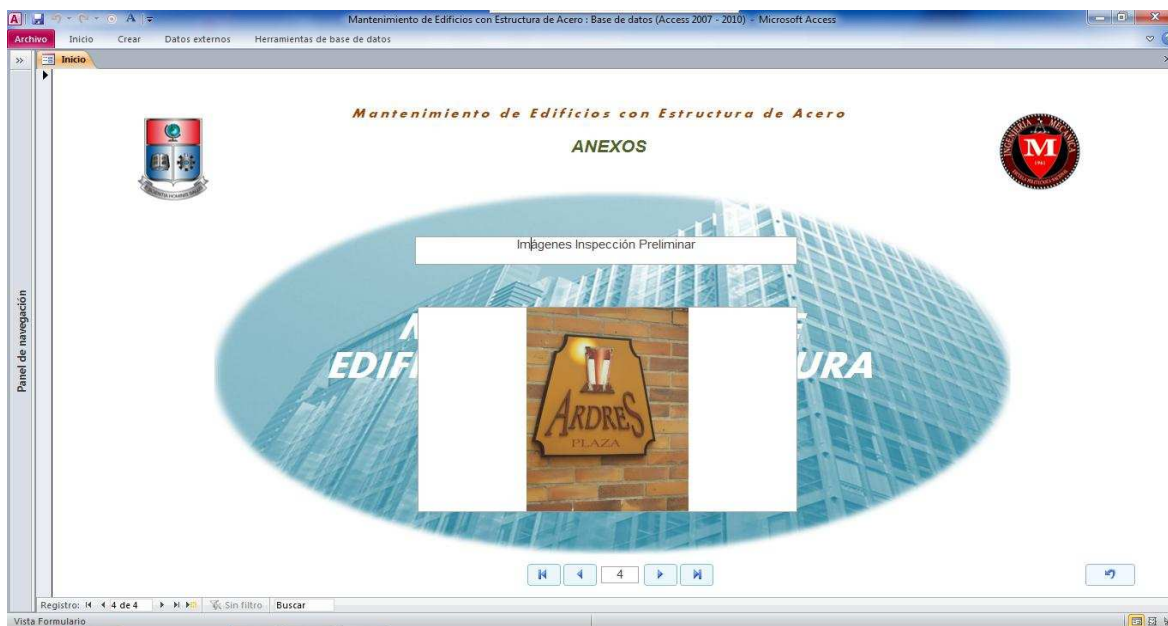


Figura 3.20. Formulario “Anexos”.

3.3.11 INFORMES DE LA BASE DE DATOS “MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO”

Se puede acceder a estos de dos maneras, ya sea mediante los botones de “Informe” mencionados en descripciones anteriores y ubicados en los formularios, o desde el panel de navegación de objetos de Access.

La diferencia básica con los formularios es que los datos que aparecen en un informe solo se pueden visualizar o imprimir.

<u><i>Id</i></u>	<u><i>Elemento</i></u>	<u><i>Elemento Estructural</i></u> <u><i>Localización, Tipo, Nivel</i></u>	<u><i>Magnitud de</i></u> <u><i>Daños</i></u>	<u><i>Observaciones</i></u>	<u><i>Solución</i></u>	<u><i>Responsable</i></u>	<u><i>Fecha</i></u>
1	Conexiones	Conexiones de vigas principales, secundarias y columnas en subsuelos 1, 2 y 3	Ligeramente dañado	Se necesita eliminar la corrosión existente y reemplazar el recubrimiento anticorrosivo.	Reparación	Balseca-Dahik	09/03/2012
2	Muros	Muros de los subsuelos 1, 2 y 3	Moderadamente dañado	Grietas de considerable longitud, en su gran mayoría debidas a filtraciones de agua.	Reparación	Balseca-Dahik	09/03/2012
3	Muros	Muros de las escaleras	Moderadamente dañado	Grietas de considerable longitud por las esquinas y cerca de las uniones de los rigidizadores	Reparación	Balseca-Dahik	09/03/2012
4	Muros	Muros de los subsuelos 1, 2 y 3	Moderadamente dañado	Presencia de humedad y filtraciones en especial en los muros del subsuelo 3	Reparación	Balseca-Dahik	09/03/2012
5	Muros	Muros de los pasillos y escaleras	Ligeramente dañado	Presencia de humedad evidenciada como desmoronamientos y burbujas en la pintura	Reparación	Balseca-Dahik	09/03/2012

Figura 3.21. Informe “Registro General de Daños”, Pagina 1 de 17.

3.3.12 TABLAS DE LA BASE DE DATOS “MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO”

Una tabla es un objeto que se define y utiliza para almacenar datos. Una tabla contiene información sobre un tema o asunto particular. Es importante recordar siempre que los formularios son un tipo de objeto de Access que pueden utilizarse para diferentes fines, pero una de sus utilidades principales es la creación de diseños personalizados para la entrada y visualización de datos de las tablas. La mayor parte de la información de un formulario proviene de los registros originales de una tabla.

Toda la información de la base se encuentra organizada y almacenada en las tablas en forma de registros, es importante conocer y recordar que en caso de eliminarse por alguna razón uno de estos, se deberá utilizar la herramienta “Compactar y reparar base de datos” de la pestaña “Herramientas de base de datos”, esto es para mantener la continuidad entre registros.

Id	Sectorización	Descripción de la Tarea	A Realizarse por	Frecuencia	Especificaciones Técnicas	
1	Todo el Edificio	Inspección Visual General	Ingeniero	Anual	Realizar una inspección visual	🔗(0)
2	Cimentación	Inspección Visual	Ingeniero	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
3	Columnas	Inspección Visual	Ingeniero	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
4	Vigas	Inspección Visual	Ingeniero	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
5	Arriostramientos	Inspección Visual	Ingeniero	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
6	Conexiones	Inspección Visual	Ingeniero	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
7	Muros	Inspección Visual	Ingeniero	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
8	Losas	Inspección Visual	Ingeniero	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
9	Techo	Inspección Visual	Ingeniero	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
10	Fontanería y saneamiento	Inspección Visual	Técnico de Manteni	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
11	Distribución eléctrica	Inspección Visual	Técnico de Manteni	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
12	Calefacción	Inspección Visual	Técnico de Manteni	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
13	Suministro de gas	Inspección Visual	Técnico de Manteni	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
14	Suministro de Agua	Inspección Visual	Técnico de Manteni	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
15	Dispositivos y protecciones contra incendios	Inspección Visual	Técnico de Manteni	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
16	Escaleras	Inspección Visual	Técnico de Manteni	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
17	Sistemas elevadores	Inspección Visual	Técnico de Manteni	Trimestral	Realizar una inspección visual	🔗(0)
18	Señalización	Inspección Visual	Técnico de Manteni	Trimestral	Revisar la existencia de señaliz.	🔗(0)
*	(Nuevo)					🔗(0)

Figura 3.22. Tabla “Instrucciones Técnicas de Mantenimiento”.

En sí, el acceso a las tablas de la base de datos “ Mantenimiento de Edificios con Estructura de Acero” no es necesario ya que esta se encuentra concebida de manera que todos los registros se ingresan y pueden visualizarse en los formularios y para el caso de requerirse información impresa se puede acceder a esta desde los informes, el acceso a las tablas solo será requerido en caso de modificaciones en las propiedades de los campos o ciertos detalles como eliminaciones o remplazos de registros, es por esto que el encargado del mantenimiento y en si del registro y control de actividades mediante el software desarrollado, deberá dominar Microsoft Access 2010.

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS Y SOFTWARE DE MANTENIMIENTO A UN EDIFICIO TIPO

4.1 UBICACION DEL EDIFICIO TIPO

El edificio Ardres Plaza se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Quito en la avenida Republica de El Salvador N 36-24 y Suecia.



Figura 4.1. Ubicación satelital del edificio tipo⁴⁵

⁴⁵ IMAGEN; Imagen [en línea]; [Fecha de consulta: 25 marzo 2012]; Disponible en: <http://maps.google.com.ec>

4.2 DESCRIPCION DEL EDIFICIO TIPO

El edificio Ardres plaza es un edificio departamental que consta de 15 niveles, 12 sobre la rasante y 3 subsuelos destinados a parqueaderos.



Figura 4.2. Edificio Ardres Plaza.

Se ubica en un terreno de 991,895m². El acceso general y fachada principal del edificio están de frente a la avenida Republica de El Salvador.

La estructura de la edificación es de acero, la ventilación es de tiro natural, el sistema de gas es descentralizado y para ascender o descender de nivel existen una ruta con escaleras y dos elevadores electromecánicos.

4.3 INSPECCION PRELIMINAR DEL EDIFICIO TIPO

Se realizó una inspección preliminar en la cual se establecen los principales factores que pueden afectar a la estructura. Principalmente se tiene en cuenta

lugares en los cuales la resistencia de un elemento se pueda ver reducida debido a ciertos factores como: corrosión, fatiga, fractura u otros.

4.3.1 EDIFICACIONES COLINDANTES AL EDIFICIO

El edificio Ardres Plaza, como fue expresado anteriormente, se encuentra ubicado en la avenida República de El Salvador N 36-24 y Suecia. Este es un sector de alta plusvalía de la ciudad.

Al lado izquierdo de la edificación se encuentra ubicado un edificio de 10 pisos y en su lado derecho encontramos una casa de tan solo dos pisos de altitud. Por lo antes expresado y por verse rodeado por otros edificios en sus lados derecho e izquierdo no presenta flujos de viento por estos costados.

Al contrario de lo anterior, en la parte posterior de la edificación no existen estructuras de gran altitud. Por tal razón el edificio soporta cargas de viento.

4.3.2 INSPECCION EXTERIOR DE LA EDIFICACIÓN

Por tratarse de una edificación relativamente nueva relativamente, la fachada exterior se encuentra en perfectas condiciones además de no encontrarse fisuras en la misma.

De acuerdo al análisis de la referencia en el nivel del suelo de la construcción se puede decir que el hundimiento de la estructura es mínimo o nulo.

El edificio cuenta con 12 niveles contados desde el suelo hacia la terraza. Los primeros niveles tienen diferente forma con relación a los niveles superiores; de la misma manera el último nivel en el cual se tiene en penthouse de la edificación.

El edificio cuenta con tres niveles por debajo del nivel de la tierra denominados subsuelos S1, S2 y S3.

La cubierta exterior del edificio proporciona una buena protección al desgaste por la acción del viento, lluvia y otros elementos atmosféricos. Los ventanales de igual manera se encuentran en buenas condiciones.

4.3.3 INSPECCION INTERIOR DE LA EDIFICACIÓN

Los lugares principales en el cual se realizó esta inspección visual fueron los tres niveles de subsuelo, las escaleras, pasillos y la terraza.

En los tres niveles de subsuelo se tienen muros de contención alrededor de la misma.

En el primer subsuelo se encuentran las placas de unión de las columnas con las cimentaciones profundas del edificio. En general, se encontraron las placas antes mencionadas en buen estado y no se observaron fisuras a simple vista.



Figura 4.3. Placa de unión columna-cimentación

En algunas de estas placas se encontraron ciertos problemas de localización de grifos de agua. El agua en contacto del metal acelera el proceso de oxidación.

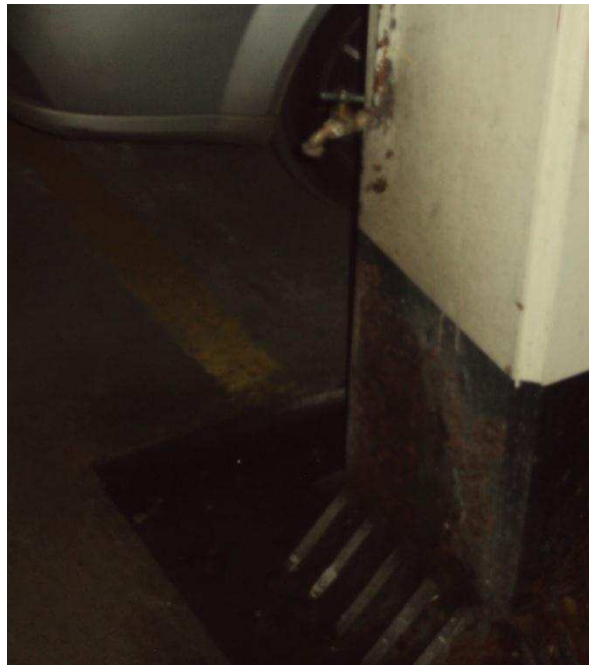


Figura 4.4. Placa de unión columna-cimentación con presencia de corrosión S3.

Otro de los problemas encontrados durante la inspección es la presencia de pandeo en ciertas vigas de los niveles antes citados. Este tipo de problema si bien es cierto que actualmente no produce daño, el no poner atención en el mismo puede devengar en un problema estructural serio.



Figura 4.5. Pandeo en vigas.

Además se encontró presencia generalizada de corrosión en casi la totalidad de los elementos metálicos.





Figura 4.6. Corrosión generalizada en vigas y conexiones.

Además de los anteriores problemas, en este sector del edificio se pudo observar la presencia de corrosión galvánica por el contacto de metales diferentes, entre el acero estructural de las vigas y el galvanizado de las lozas.



Figura 4.7. Corrosión galvánica unión viga-muro de contención.

La corrosión galvánica también se encuentra presente en otros sectores como en la unión de la rejilla de ventilación de los niveles con la sección metálica de la losa.



Figura 4.8. Corrosión galvánica-subsuelos Ardres Plaza.

En ciertas regiones del muro de contención se puede observar filtraciones de agua hacia el interior evidenciadas como manchas de humedad.



Figura 4.9. Filtraciones de agua y presencia de humedad en muros.

Las escaleras del edificio se encontraron en buen estado con la presencia de ciertas fisuras de considerable longitud en las paredes.

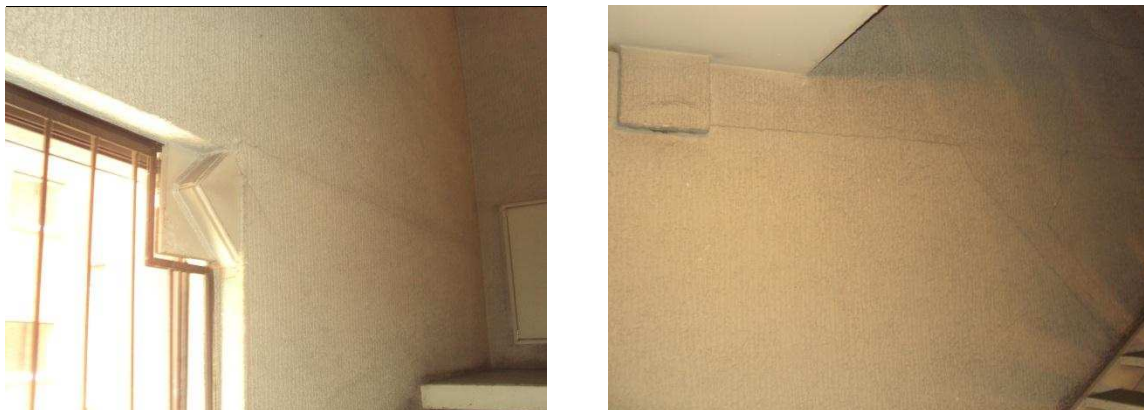


Figura 4.10. Fisuras en muros de escaleras.

Dentro del sistema de escaleras se encontró además ciertos sectores con excesiva humedad.



Figura 4.11. Presencia de humedad en muros de escaleras.

Además de las escaleras, ciertos muros de los pasillos presentan puntos de excesiva humedad.



Figura 4.12. Presencia de humedad en muros de pasillos.

Ciertos niveles del edificio presentan fractura en la baldosa de recubrimiento en el piso. Dicha fractura se encuentra en la misma ubicación en diferentes niveles del edificio.

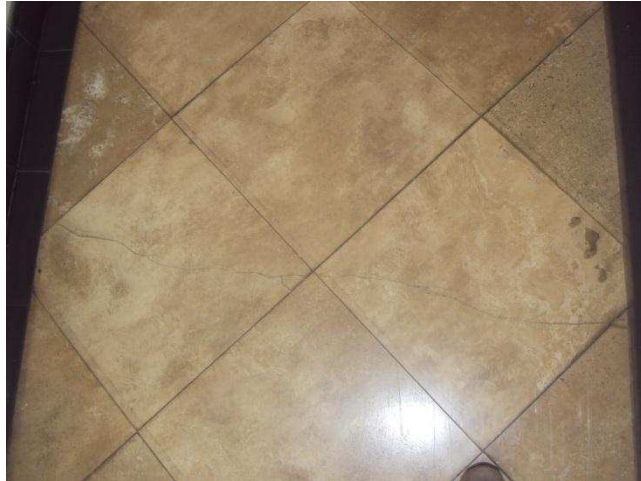


Figura 4.13. Fractura de baldosa de piso

En la terraza se encuentran fisuras que convergen a los desagües. Los muros de la terraza de la misma manera presentan fisuras.



Figura 4.14. Fisuras en la loza de techo.



Figura 4.15. Fisuras en muros de la terraza.

4.3.4 OBSERVACIONES DE LA INSPECCIÓN PRELIMINAR

En resumen, una vez realizada la Inspección Preliminar al edificio tipo, se notó lo siguiente:

- Se detectan a simple vista vigas pandeadas en los subsuelos.
- Las placas base del subsuelo 3 presentan un alto nivel de corrosión.
- Grietas en los muros de los subsuelos, en los pasillos de los pisos superiores y en el techo.
- Pasamanos flojos.
- Los subsuelos 1 y 2 vibran al aplicárseles cargas muy bajas.
- Existe corrosión en las conexiones soldadas, placas de losa, vigas y columnas de los subsuelos.

4.3.5 RECOMENDACIONES DE LA INSPECCIÓN PRELIMINAR

Posterior a la Inspección Preliminar al edificio tipo, se deberá realizar una inspección más a fondo e ingresar los resultados en el Registro General de

Daños, de esta se determinará si se requiere una Inspección Detallada antes de generar una tarea de mantenimiento. Se deben evaluar:

- El diseño y estado de carga del edificio (SAP2000)
- Vigas principales y secundarias de los subsuelos 1,2 y 3
- Corrosión en las conexiones
- Placas base del subsuelo 3
- Grietas en los muros de los subsuelos, baldosas de pasillos en los pisos superiores, muros de escaleras y en el techo
- Humedad en los muros de los subsuelos y en los muros de los pasillos
- Pasamanos

Los informes de la Inspección Preliminar del edificio tipo generados mediante software de mantenimiento se presentan impresos en el Anexo 9.

4.4 ANÁLISIS DEL DISEÑO Y ESTADO DE CARGA DEL EDIFICIO TIPO UTILIZANDO EL PROGRAMA SAP2000

Utilizando el programa de diseño SAP2000 se realiza el estudio del comportamiento estructural del edificio. Para este fin se realiza el boceto principal en el programa AutoCAD debido a las ventajas que tiene al dibujar en 3 dimensiones. Los datos tanto de las dimensiones como el tipo de perfil de cada una de las columnas, vigas y tipo de losas fueron tomados de los planos estructurales que nos entregó la administración del edificio, los mismos que se presentan en el Anexo 8. En dichos planos se encuentran cada una de las características específicas en cada elemento estructural.

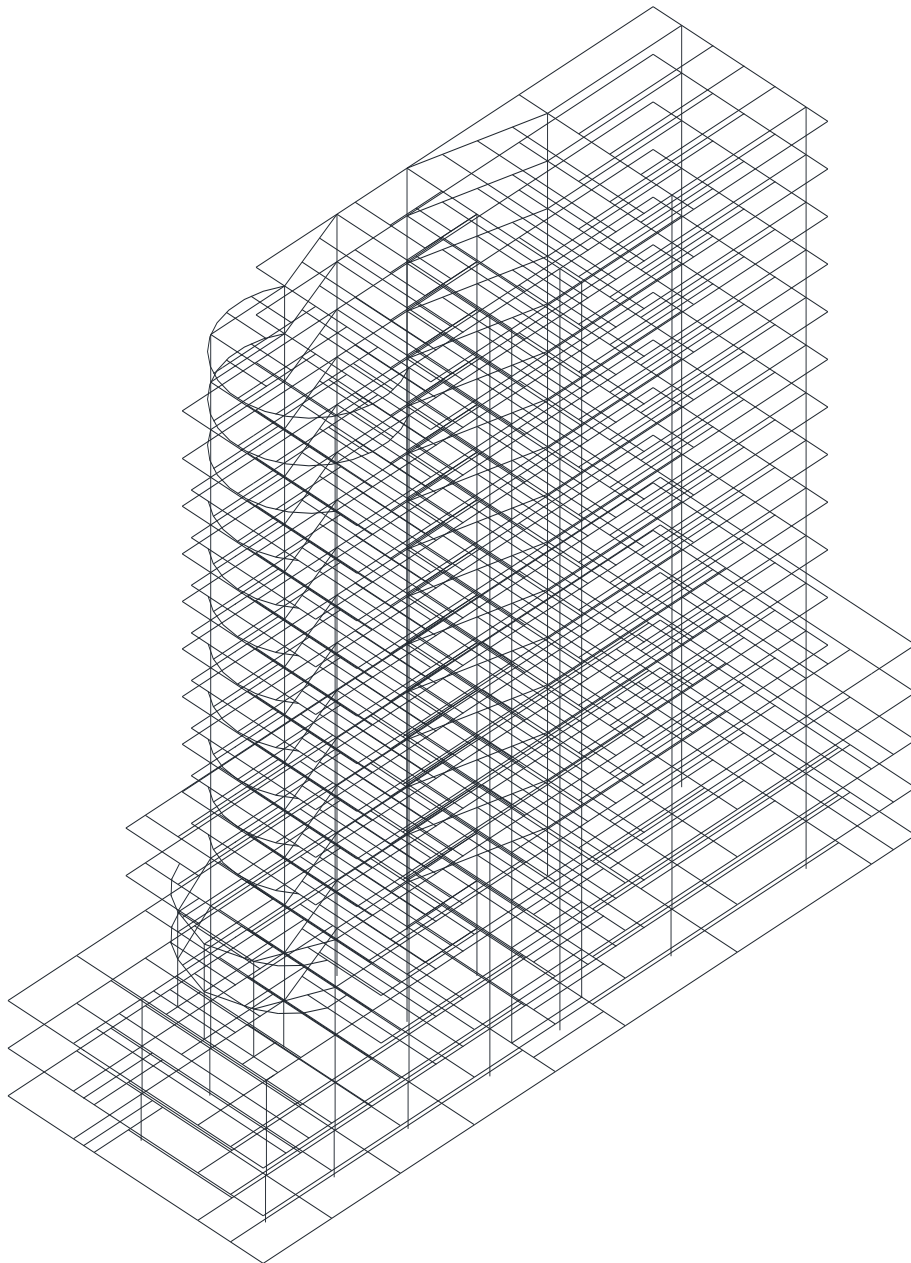


Figura 4.16. Vista ortogonal del sistema estructural del edificio Ardres Plaza formato AutoCAD

Una ventaja que presenta el programa SAP2000 es la de poder importar dibujos de AutoCAD en formato DFX para ser utilizados en el análisis dentro de su entorno. Una vez dibujada toda la estructura se importa al programa SAP2000 quedando de la siguiente manera.

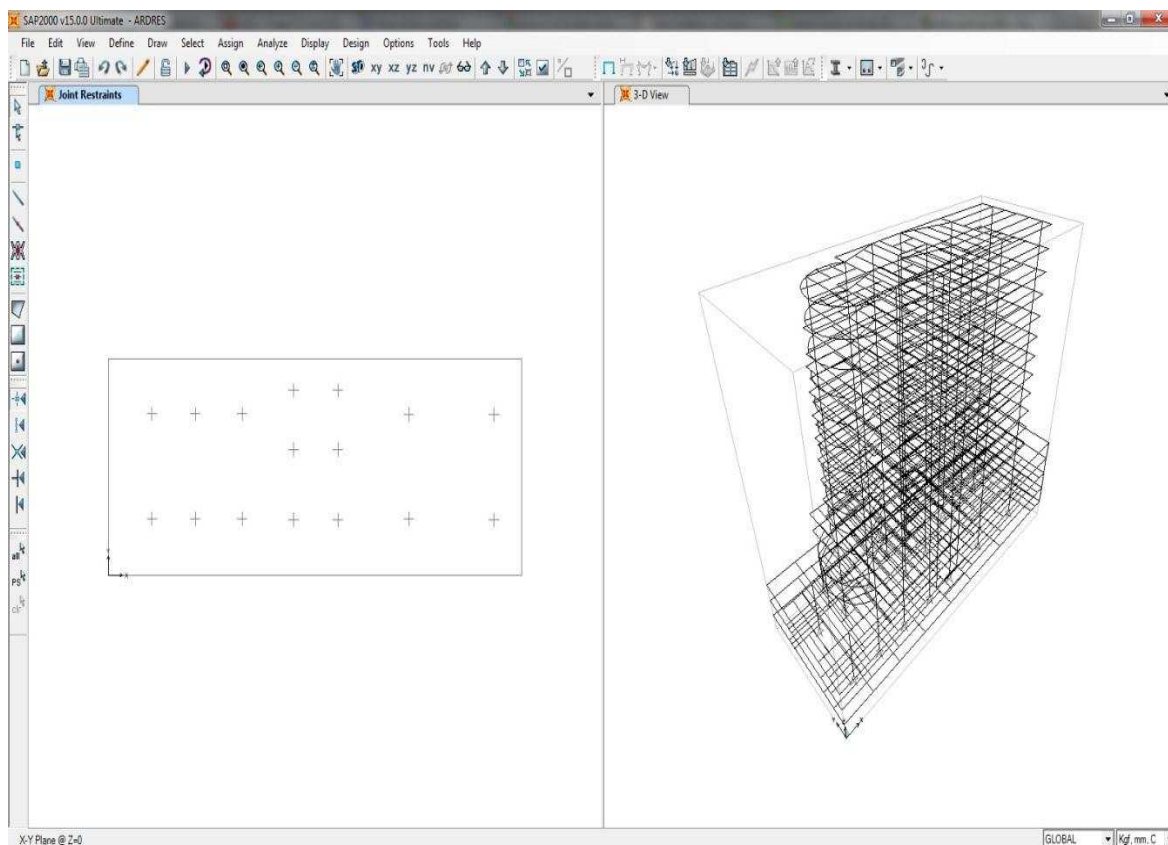


Figura 4.17. Estructura edificio Ardres Plaza en SAP2000.

Una vez obtenido el sistema se define las características tanto de forma y material de cada uno de los elementos presentes dentro del edificio.

4.4.1 DESCRIPCION DE LAS VIGAS

En este edificio, como se presenta en los planos del mismo en el Anexo 8, se tienen dos tipos de vigas que conforman el sistema estructural, estas son principales y secundarias.

Las vigas principales se encuentran en toda la estructura desde el primer nivel hasta el número 15. Estas son las que soportan toda la carga horizontal del edificio y las transmiten a las columnas que a su vez lo hacen hacia la cimentación.

Las vigas secundarias ayudan al sistema en la transmisión de cargas hacia las vigas principales, de estas hacia las columnas y así de igual manera hacia los cimientos.

El tipo de perfil utilizado en la estructura es la de tipo W o más comúnmente conocidos como I. Los que fueron confeccionados para este proyecto soldando

planchas de diferentes dimensiones según se muestra en la imagen mostrada a continuación.

VIGA TIPO:

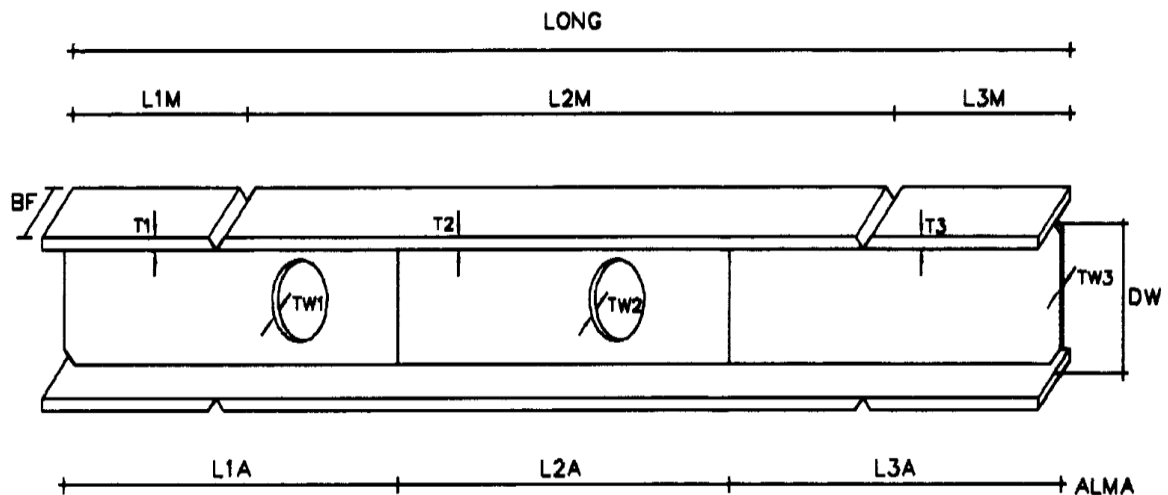


Figura 4.18. Viga tipo - edificio Ardres Plaza

Las dimensiones y espesores de cada una de las vigas del edificio se encuentran detalladas en los planos que se presenta en el Anexo 8.

4.4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS COLUMNAS

En las columnas se tiene un modelo especial, puesto que en las mismas el material principal es el concreto reforzado con varillas de acero corrugado. La característica especial de las mismas es la presencia de planchas de acero a su alrededor que las convierten en un modelo de columnas encamisadas. Este sistema se utiliza principalmente para reducir el área de la columna puesto que si hubiese sido construida de concreto completamente, el área transversal sería mucho mayor.

El acero en planchas utilizado es A-36 y en las varillas se trata de uno con característica de $f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$.

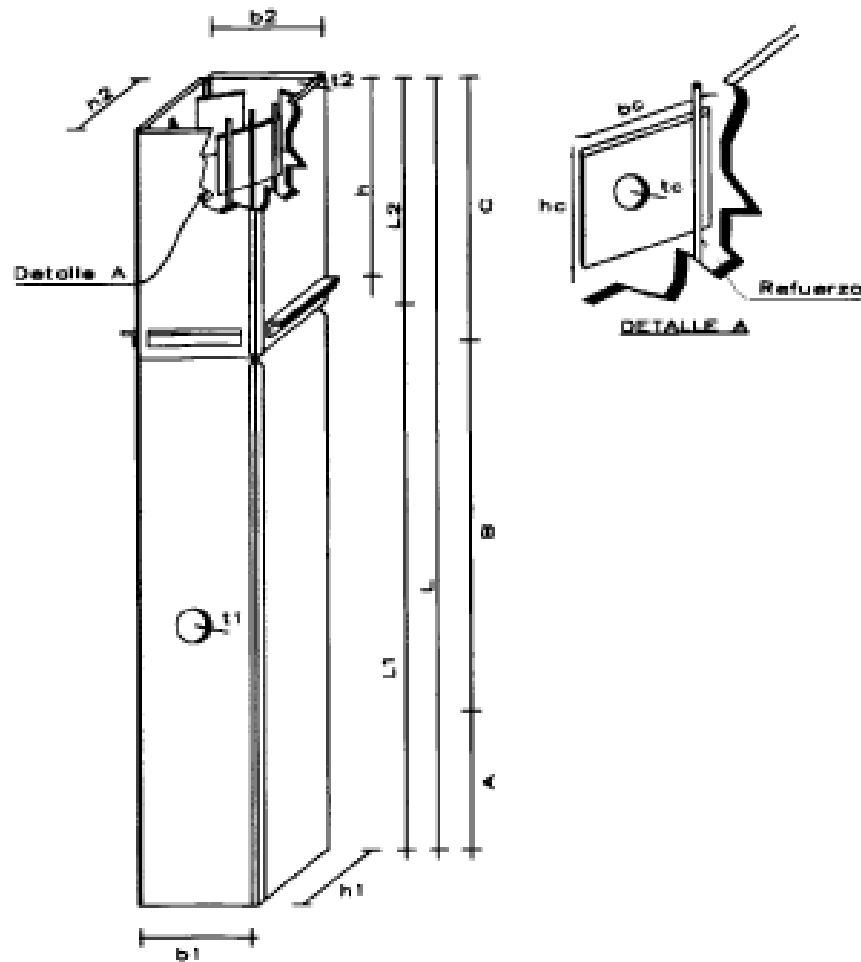
COLUMNA TIPO:

Figura 4.19. Columna tipo - edificio Ardres Plaza

Debido a que en las diferentes regiones del edificio las columnas soportan esfuerzos diferentes, el refuerzo del concreto ha sido determinado de tal forma que en ciertos lugares sea mayor que en otros.

De acuerdo a las tablas que se encuentran dentro de los planos del edificio se procede a crear una base de datos para las columnas dentro del programa SAP2000.

En la siguiente tabla se encuentra un resumen de las características de área de los diferentes diámetros de varillas de refuerzo y de la forma estructural utilizada para cubrir la columna.

Tabla 4.1. Características de varillas de refuerzo y forma de refuerzo en columnas.

Refuerzo			Shape	
Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Área (in ²)	Denominación	Área (in ²)
14	153.94	0.239	12*12*1	52
18	254.47	0.394		
20	314.16	0.487		
22	380.13	0.589		
25	490.87	0.761		
28	615.75	0.954		

4.4.2.1 Determinación de la resistencia equivalente para columnas

De acuerdo al manual de la AISC para el diseño LRFD en su volumen I para Miembros estructurales, especificaciones y códigos se tiene lo siguiente para miembros de sección compuesta:

Para el análisis elástico de columnas de este tipo de sección, es permitido asumir que la rigidez de la misma es constante a través de ella. Se permite el cálculo de la rigidez usando el momento de inercia de la sección compuesta transformada en la región del momento positivo.

Para el diseño de miembros a compresión se necesita:

1. El área transversal de acero debe ser por lo menos 40% del total.
2. El concreto debe tener una determinada resistencia a la compresión no menor de 3 ksi y no mayor a 8 ksi para concreto normal y no menos de 4 ksi para concreto alivianado.
3. El módulo de elasticidad del acero estructural y de las barras de refuerzo usadas en el cálculo de la resistencia de una columna compuesta no debe exceder los 55 ksi
4. El espesor mínimo de la pared en la tubería estructural rellena con concreto debe ser igual a $b\sqrt{F_y/3E}$ para cada cara y de ancho b en secciones rectangulares y $D\sqrt{F_y/8E}$ para secciones circulares con un diámetro externo D

Para el cálculo de la resistencia equivalente se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_{my} = F_y + c_1 F_{yr} (A_r / A_s) + c_2 f'_c (A_c / A_s)$$

$$E_m = E + c_3 E_c (A_c / A_s)$$

A_c = área de concreto, in²

A_r = área de las barras longitudinales de refuerzo, in²

A_s = área del perfil de acero, in²

E = módulo de elasticidad del acero, ksi

E_c = módulo de elasticidad del concreto. Este es permitido de ser calculado de la ecuación $E_c = w^{1.5} \sqrt{f'_c}$ donde w , el peso específico del concreto, es expresado en lbs/cu.ft y f'_c está expresado en ksi.

F_y = esfuerzo de fluencia del perfil metálico o tubería, ksi

F_{yr} = esfuerzo de fluencia de las barras longitudinales de refuerzo, ksi

f'_c = resistencia a la compresión del concreto, ksi

c_1, c_2, c_3 = coeficientes numéricos. Para perfiles metálicos y tubería, rellenos de concreto $c_1 = 1.0$, $c_2 = 0.85$ y $c_3 = 0.4$ para perfiles embebidos en acero $c_1 = 0.7$, $c_2 = 0.6$ y $c_3 = 0.2$

Para el cálculo de la resistencia equivalente con los diferentes tipos de arreglos para el refuerzo de concreto por varillas se tiene la siguiente tabla que incluye todos los tipos de varillas utilizadas en la estructura para columnas.

Tabla 4.2. Área transversal total de varillas de refuerzo en columnas.

Diámetro (mm)	Área (in ²)	Número	Área. Tot. (in ²)
14	0.24	4	0.95
		8	1.91
		12	2.86
16	0.31	4	1.25
		8	2.49
		12	3.74
18	0.39	4	1.58
		8	3.16
		12	4.73
20	0.49	4	1.95
		8	3.90
		12	5.84
22	0.59	4	2.36
		8	4.71
		12	7.07
25	0.76	4	3.04
		8	6.09
		12	9.13
28	0.95	4	3.82
		8	7.64
		12	11.45

La característica de cada uno de los materiales utilizados para el cálculo de la resistencia equivalente se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 4.3. Características del acero de las varillas de refuerzo en columnas.

Características del acero en refuerzo		
F _{yr}	59.7366	ksi
E	29 000	ksi

Tabla 4.4. Características del acero de encamisado en columnas.

Características del acero de encamisado		
F _y	36	ksi
E	29 000	ksi

Tabla 4.5. Características del concreto utilizado en columnas.

Características del concreto utilizado		
f _c	6	ksi
w	0.08	lb/in ³
	145.15	lb/ft ³
E _c	4283.61	ksi

Tabla 4.6. Resumen de columnas compuestas.

	Varillas de refuerzo				Acero de encamisado			Concreto			
	Fyr (ksi)	E (ksi)	Número	Área. Tot. (in ²)	Fy (ksi)	E (ksi)	Área (in ²)	f'c (ksi)	w (lb/ft ³)	Ec (ksi)	Área (in ²)
14	59.7366	29000	4	0.95	36	29000	52	6	145.15	4283.61	86.55
			8	1.91							85.59
			12	2.86							84.64
16			4	1.25							86.25
			8	2.49							85.01
			12	3.74							83.76
18			4	1.58							85.92
			8	3.16							84.34
			12	4.73							82.77
20			4	1.95							85.55
			8	3.90							83.60
			12	5.84							81.66
22	4	2.36	85.14								
	8	4.71	82.79								
	12	7.07	80.43								
25	4	3.04	84.46								
	8	6.09	81.41								
	12	9.13	78.37								
28	4	3.82	83.68								
	8	7.64	79.86								
	12	11.45	76.05								

A continuación con la aplicación del proceso antes mencionado, se tiene la siguiente tabla de resultados.

Tabla 4.7. Resultados de cálculo para la columna compuesta.

	Varillas de refuerzo				Acero de encamisado			Concreto				Composite column	
	Fyr (ksi)	E (ksi)	Número	Ar (in ²)	Fy (ksi)	E (ksi)	As (in ²)	f'c (ksi)	w (lb/ft ³)	Ec (ksi)	Ac (in ²)	Fmy (ksi)	Em (ksi)
14	59.7366	29000	4	0.95	36	29000	52	6	145.15	4283.61	86.55	3905.66	119726.86
			8	1.91							85.59	3958.11	121371.77
			12	2.86							84.64	4010.01	122999.54
16			4	1.25							86.25	3922.05	120240.89
			8	2.49							85.01	3989.80	122365.56
			12	3.74							83.76	4058.09	124507.37
18			4	1.58							85.92	3940.08	120806.33
			8	3.16							84.34	4026.40	123513.57
			12	4.73							82.77	4112.18	126203.68
20			4	1.95							85.55	3960.29	121440.30
			8	3.9							83.6	4066.84	124781.52
			12	5.84							81.66	4172.83	128105.60
22	4	2.36	85.14	3982.70	122142.82								
	8	4.71	82.79	4111.09	126169.41								
	12	7.07	80.43	4240.03	130213.14								
25	4	3.04	84.46	4019.85	123307.96								
	8	6.09	81.41	4186.49	128533.96								
	12	9.13	78.37	4352.59	133742.83								
28	4	3.82	83.68	4062.47	124644.44								
	8	7.64	79.86	4271.18	131189.80								
	12	11.45	76.05	4479.34	137718.02								

4.4.3 INGRESO DE DATOS PARA COLUMNAS COMPUESTAS

Para el cálculo de la resistencia y la elasticidad de la columna compuesta se toma como base el Manual de la AISC como esta descrito anteriormente. Teniendo como respuesta la siguiente tabla de valores.

Tabla 4.8. Valores calculados para la resistencia equivalente y la elasticidad equivalente de las columnas compuestas que existen dentro del edificio.

	Varillas de refuerzo				Acero de encamisado			Concreto				Composite column	
	Fyr (ksi)	E (ksi)	Número	Ar (in ²)	Fy (ksi)	E (ksi)	As (in ²)	f'c (ksi)	w (lb/ft ³)	Ec (ksi)	Ac (in ²)	Fmy (ksi)	Em (ksi)
14	59.74	29000	4	0.95	36	29000	52	6	145.15	4283.61	86.55	45.58	31851.90
			8	1.91							85.59	46.59	31820.26
			12	2.86							84.64	47.59	31788.96
16			4	1.25							86.25	45.90	31842.01
			8	2.49							85.01	47.20	31801.15
			12	3.74							83.76	48.51	31759.96
18			4	1.58							85.92	46.24	31831.14
			8	3.16							84.34	47.90	31779.07
			12	4.73							82.77	49.55	31727.34
20			4	1.95							85.55	46.63	31818.94
			8	3.9							83.6	48.68	31754.69
			12	5.84							81.66	50.72	31690.77
22	4	2.36	85.14	47.06	31805.44								
	8	4.71	82.79	49.53	31728.00								
	12	7.07	80.43	52.01	31650.24								
25	4	3.04	84.46	47.78	31783.03								
	8	6.09	81.41	50.98	31682.53								
	12	9.13	78.37	54.17	31582.36								
28	4	3.82	83.68	48.60	31757.33								
	8	7.64	79.86	52.61	31631.45								
	12	11.45	76.05	56.61	31505.91								

Una vez que se cuenta con los datos se crea un nuevo material dentro de las opciones del programa para darles las características antes mencionadas.

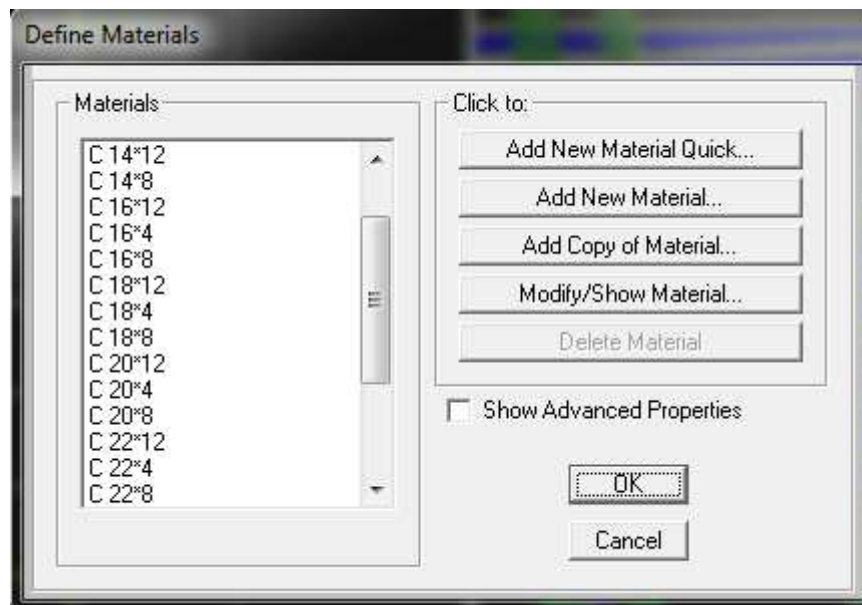
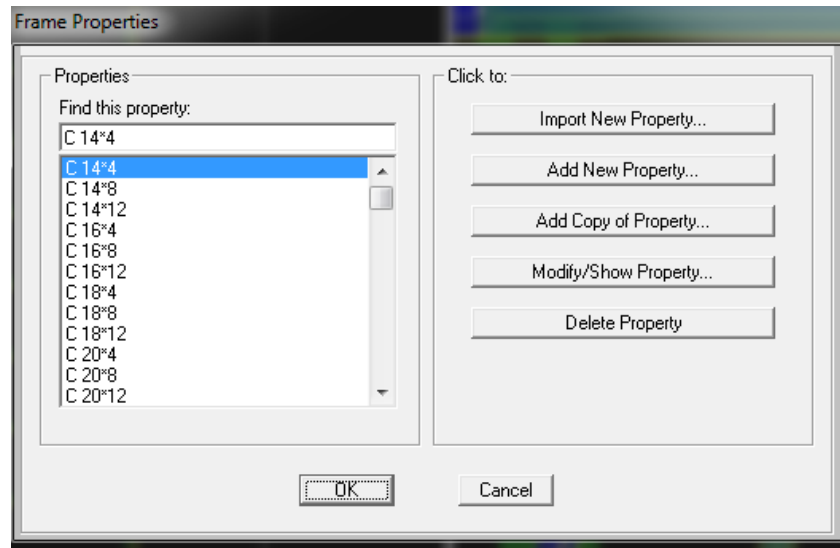


Figura 4.20. Ingreso de datos para el material compuesto de las columnas y su sección transversal.

Algunos de los perfiles tienen una sección variable las cuales se ha ingresado en el programa con la opción de perfil no prismático.

4.4.4 INGRESO DE DATOS PARA PERFILES SOLDADOS

Debido a que los perfiles con los cuales fue diseñada la estructura del edificio no son normalizados sino confeccionados por medio del proceso de soldadura, no se encuentra en la base de datos del programa. El programa SAP2000 permite definir nuevos perfiles en función de sus principales medidas, es decir perfiles

personalizados. Para el efecto del estudio que se desea realizar se ingresa en forma de base de datos todos y cada uno de los perfiles que se encuentran en las tablas de los planos del edificio que se encuentra en el Anexo 8 del presente trabajo.

A continuación se presenta un ejemplo de la forma de ingreso de nuevos perfiles estructurales dentro del programa.

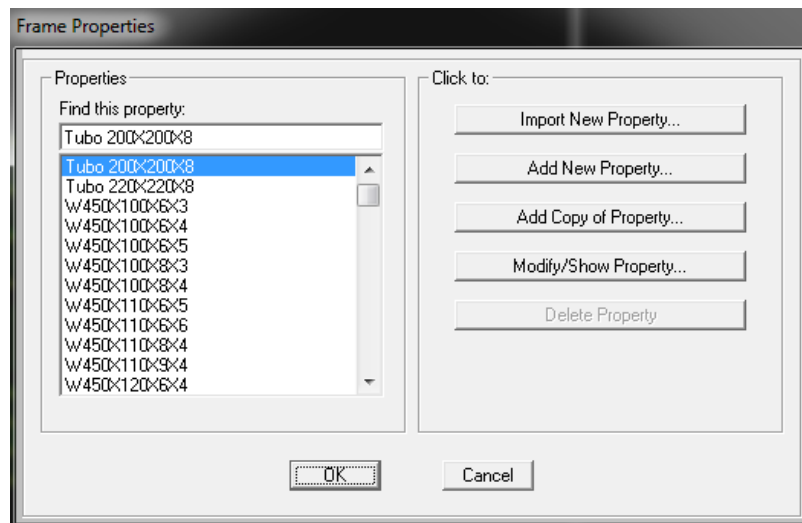


Figura 4.21. Cuadro de ingreso nuevos perfiles.

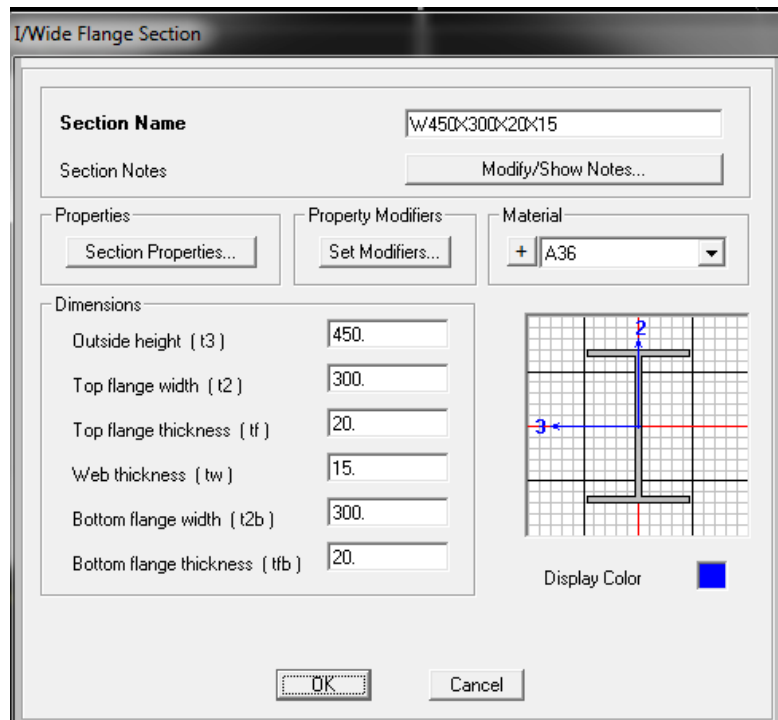


Figura 4.22. Tabla de ingreso perfiles personalizados.

Una vez definida la base de datos se continúa con la determinación de los materiales que en este caso es acero A36 y designamos cada una de las vigas y columnas con su respectiva forma característica. A continuación se presenta el modelo una vez terminado este proceso.

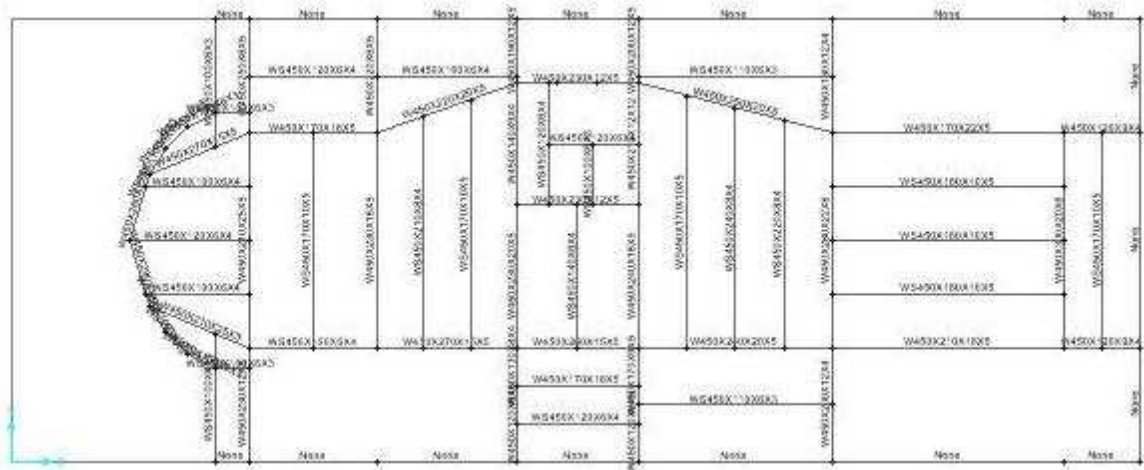


Figura 4.23. Piso del edificio con las características aplicadas.

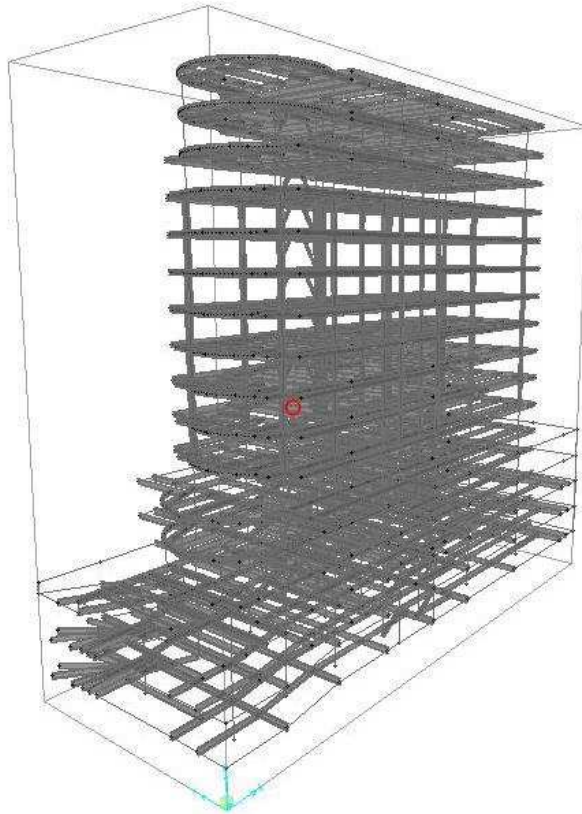


Figura 4.24. Estructura del edificio en SAP2000.

En el caso de las columnas debido a que se trata de una sección compuesta de placas de acero, concreto y varillas de acero de refuerzo se necesita realizar el cálculo de la resistencia equivalente de la misma puesto que el programa no permite generar ese tipo. El cálculo se realiza como se encuentra detallado en la sección anterior.

4.5 INGRESO DE DATOS PARA LOSAS DE SUBSUELO Y ENTRE PISOS

4.5.1 CÁLCULO DE LOSA EQUIVALENTE

Como se puede observar en los planos estructurales del edificio Anexo , se trata de una losa compuesta de steel deck y concreto. Tiene un refuerzo de malla electrosoldada en la parte superior.

Para ingresar este dato dentro del programa SAP2000 es necesario realizar el cálculo de una losa de concreto equivalent tomando en cuenta las características

de las mismas. Para el cálculo del área y de la inercia de la forma estructural se utiliza el programa AutoCAD y se tiene el siguiente resultado.

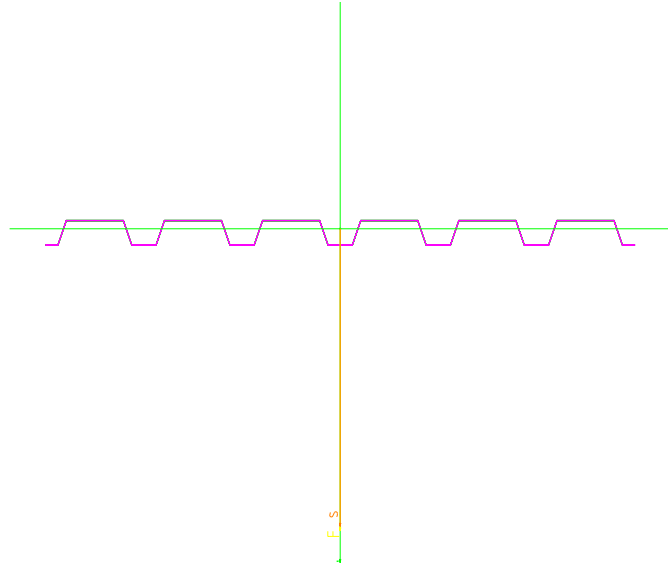


Figura 4.25. Cálculo área e inercia en AutoCAD (Steel Deck).

Tabla 4.9. Tabla Propiedades de la sección de Steel Deck.

Steel Deck Calibre 22	
I_x (mm ⁴)	48995900
I_y (mm ⁴)	195377.9
Sc (mm)	13.047
St (mm)	25.72
A (mm ²)	697.68

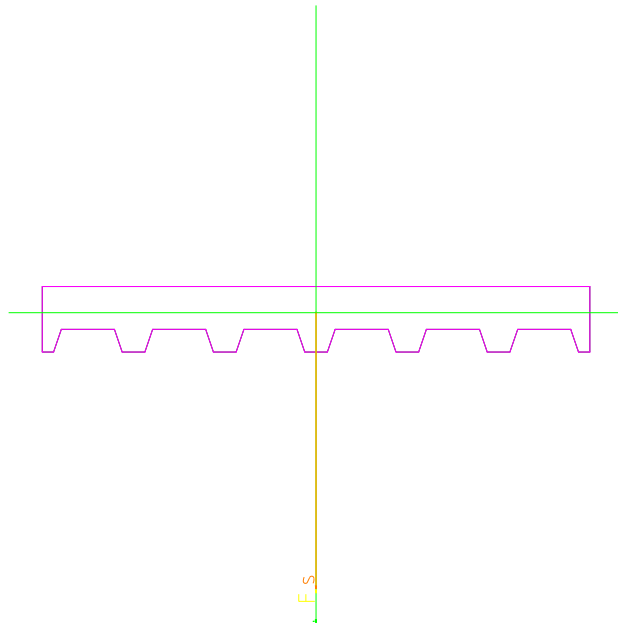


Figura 4.26. Cálculo de área e inercia en AutoCAD (concreto)

Tabla 4.10. Propiedades de la porción de concreto de la losa

Concreto	
Ix (mm ⁴)	5.48*10 ⁹
Iy(mm ⁴)	58104500
Sc (mm)	43.99
St (mm)	66.02
A (mm ²)	77724

Se tiene como características del concreto las antes mencionadas en la tabla 4.10.

Se procede a tomar el proceso de cálculo propuesto en el libro Mecánica de Materiales (Mecánica de Materiales Johnston y Dewolf) pag 232 cuarta edición.

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{29860 \text{ ksi}}{4263.61 \text{ ksi}} = 7$$

La nueva área transformada de acero en concreto será 7 veces mayor.

$$A_{SD} = 7 * 697.68 \text{ mm}^2 = 4883.76 \text{ mm}^2$$

De acuerdo a la porción de losa analizada se tiene una longitud de 914 mm por lo que la nueva altura se calcula de la siguiente manera.

$$e_{SD} = \frac{4883.76 \text{ mm}^2}{914 \text{ mm}} = 5.34 \text{ mm}$$

Que representa el valor que debe ser sumado al espesor de la losa de concreto.

$$e_C = \frac{77724 \text{ mm}^2}{914 \text{ mm}} = 85.03 \text{ mm}$$

Con relación a la varilla de refuerzo de la misma manera se tiene el cálculo de el área equivalente donde

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{29000 \text{ ksi}}{4263.61 \text{ ksi}} = 6.8$$

El área total de la sección en 914 mm dentro de la porción, se calcula según las características de la malla soldada con un espaciado de 300 mm por lo que se tiene 3 barras de acero por porción en estudio.

$$A_{AR} = 6.8 * \left(\frac{\pi}{4} * (5.5)^2 \right) \text{ mm}^2 = 161.56 \text{ mm}^2$$

$$e_{AR} = \frac{161.56 \text{ mm}^2}{914 \text{ mm}} = 0.18 \text{ mm}$$

Por lo que el espesor total equivalente en función de las características del concreto será de $e = 5.34 + 85.03 + 0.18 = 90.55 \text{ mm}$. Valor que se ingresa en la sección de membrane y bending dentro de las características de la losa utilizada. Para el caso de las losas de los pisos superiores se realiza el mismo cálculo con la diferencia que en estas existe viguetas y malla de refuerzo. Para la vigueta

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{29000 \text{ ksi}}{4263.61 \text{ ksi}} = 6.8$$

Del Manual de la AISC para diseño LRFD en su segunda edición se tiene en la página 1-86 la sección de la vigueta. En este caso se trata de una sección TWT 4X3.25 con un área de 0.958 in^2 (618.06 mm^2). En la porción analizada existen dos viguetas.

Tabla 4.11. Características para viguetas de pisos superiores.

Designation	Area in. ²	Depth of Tee <i>d</i>		Stem			Area of Stem in. ²	Flange				Distance <i>k</i> in.	Grip in.	Max. Flge. Fastener in.
		in.	in.	Thickness <i>t_w</i> in.	$\frac{t_w}{2}$ in.	Width <i>b_f</i> in.		Thickness <i>t_f</i> in.						
									in.	in.	in.			
MT6×5.9 ×5.4	1.73	6.000	6	0.177	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	1.06	3.065	$3\frac{1}{8}$	0.225	$\frac{1}{4}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{4}$	—
	1.59	5.990	6	0.160	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{16}$	0.958	3.065	$3\frac{1}{8}$	0.210	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$
MT5×4.5 ×4	1.32	5.000	5	0.157	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	0.785	2.690	$2\frac{3}{4}$	0.206	$\frac{3}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{3}{16}$	—
	1.18	4.980	5	0.141	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{16}$	0.702	2.690	$2\frac{3}{4}$	0.182	$\frac{3}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{8}$
MT4×3.25	0.958	4.000	4	0.135	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	0.540	2.281	$2\frac{1}{4}$	0.189	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$	—
MT2.5×9.45*	2.78	2.500	$2\frac{1}{2}$	0.316	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{16}$	0.790	5.003	5	0.416	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{8}$

$$A_{VG} = 6.8 * 2 * 618.06 \text{ mm}^2 = 8405.616 \text{ mm}^2$$

Para este caso se toma una porción de un metro de ancho.

$$e_{VG} = \frac{8405.616 \text{ mm}^2}{100 \text{ mm}} = 84 \text{ mm}$$

Además de este existe una malla de refuerzo la cual en sus características presenta un área $e_{AR} = 84 \text{ mm}^2/\text{m}$.

Tabla 4.12. Tabla de características para malla de refuerzo en losa de pisos superiores Malla R-84.

Mallas Armex® Tipo R con apertura cuadrada

Código	Tipo de malla	Diámetro (mm)		Separación (cm)		Sección de acero as (mm ² /m)		Peso	
		Alambre L.	Alambre T.	Alambre L.	Alambre T.	As L	As T	kg/m ²	kg/plancha
188156	R-126	4,0	4,0	10	10	126	126	1,97	29,48
188164	R-196	5,0	5,0	10	10	196	196	3,07	46,06
188166	R-238	5,5	5,5	10	10	238	238	3,72	55,73
188168	R-283	6,0	6,0	10	10	283	283	4,42	66,32
188172	R-385	7,0	7,0	10	10	385	385	6,02	90,27
188176	R-636	9,0	9,0	10	10	636	636	9,95	149,22
188150	R-64	3,5	3,5	15	15	64	64	1,01	15,17
188152	R-84	4,0	4,0	15	15	84	84	1,32	19,81
188154	R-106	4,5	4,5	15	15	106	106	1,67	25,07
188158	R-131	5,0	5,0	15	15	131	131	2,06	30,95
188160	R-158	5,5	5,5	15	15	158	158	2,50	37,45
188161	R-188	6,0	6,0	15	15	188	188	2,97	44,57
188167	R-257	7,0	7,0	15	15	257	257	4,04	60,66
188170	R-335	8,0	8,0	15	15	335	335	5,28	79,23
188173	R-424	9,0	9,0	15	15	424	424	6,69	100,28
188175	R-524	10	10	15	15	524	524	8,25	123,80
188148	R-53	4,5	4,5	30	30	53	53	0,84	12,53

AsL: Área de acero (mm²/m) de los alambres longitudinales.

Dimensiones estándar: 6,25 x 2,40 m = 15m²

AsT: Área de acero (mm²/m) de los alambres transversales.

Medidas y especificaciones especiales bajo pedido

$$e_{AR} = \frac{84 \text{ mm}^2}{914 \text{ mm}} = 0.09 \text{ mm}$$

El espesor de las losas de pisos superiores será $e_p = 84 + 0.09 + 20 = 104.09 \text{ mm}$. El cálculo de las secciones de losa introduce un error dentro de los cálculos por parte del programa SAP200 debido a que el peso de los materiales es diferente.

Con los datos calculados se procede a ingresarlos dentro del programa.

Para la correcta unión entre los diferentes tipos de vigas con las secciones de losa de todo el edificio se necesita crear elementos de losa en las regiones encerradas por vigas secundarias y principales.

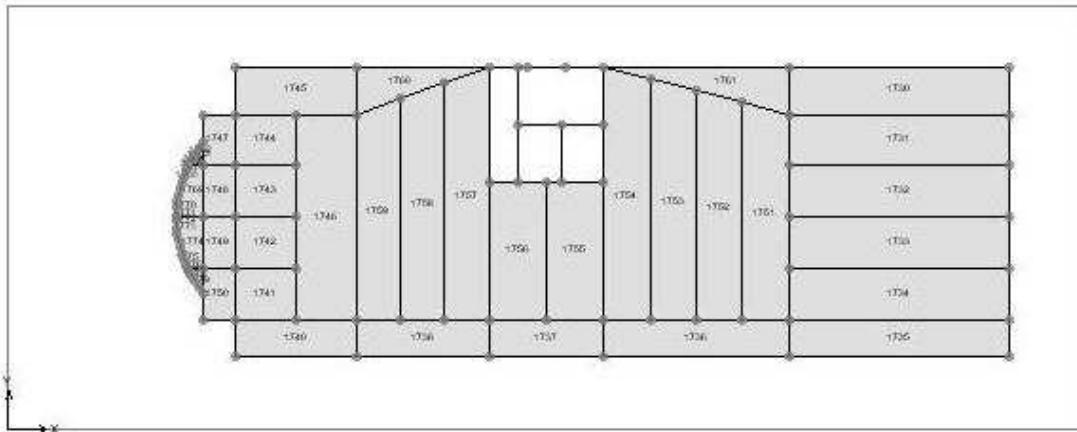


Figura 4.27. Creación de áreas para losas en diferentes pisos.

Para que cada elemento se encuentre conectado entre la malla de la losa y la viga se debe crear una restricción denominada.

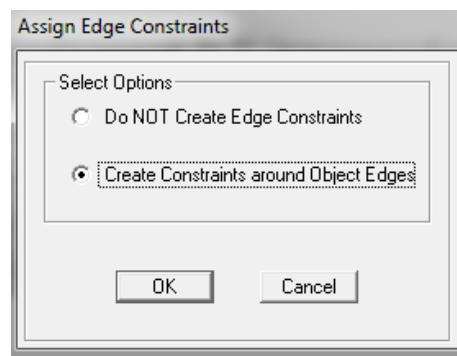


Figura 4.28. Restricción en el borde del elemento de área en losas.

Una vez establecida esta restricción se debe crear una malla para la división de la losa en el momento del análisis. En este caso de acuerdo a la magnitud de la estructura se establece la dimensión máxima de malla en 300x300 mm y el tipo de figuras serán cuadrados y triángulos solamente.

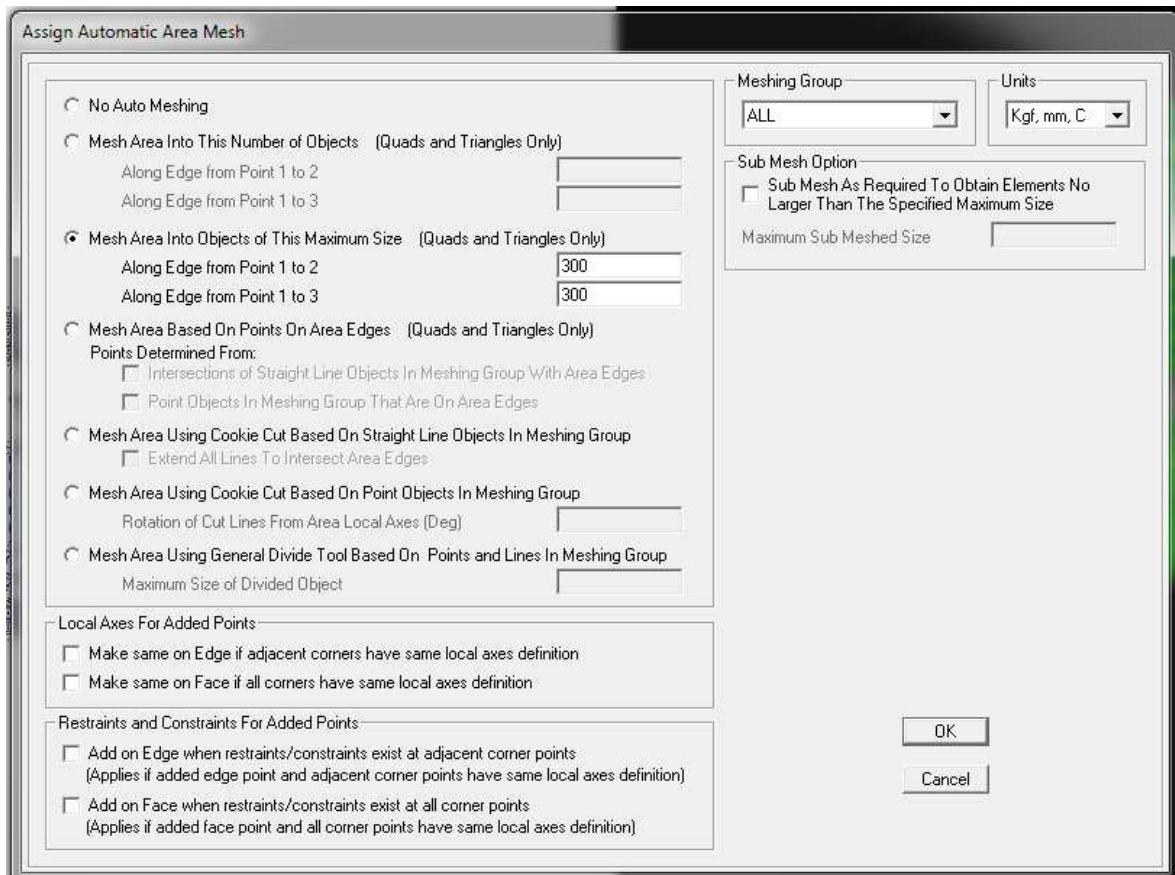


Figura 4.29. Tipo de malla para losas y sus dimensiones.

Se debe tener en cuenta de dar la restricción de diafragma a las juntas del edificio entero para que el sistema se deforme en su conjunto. Se señala todas las juntas establecidas desde el subsuelo evitando señalar las que van en la unión de la placa base.

Debido a la necesidad de colocar restricciones a la losa en el lugar donde va el muro de contención, se divide a la misma en secciones cuadradas de 1000 mm cada una y a continuación en cada nodo sin apoyo se prosigue a dar una restricción para simular la presencia del muro de contención.

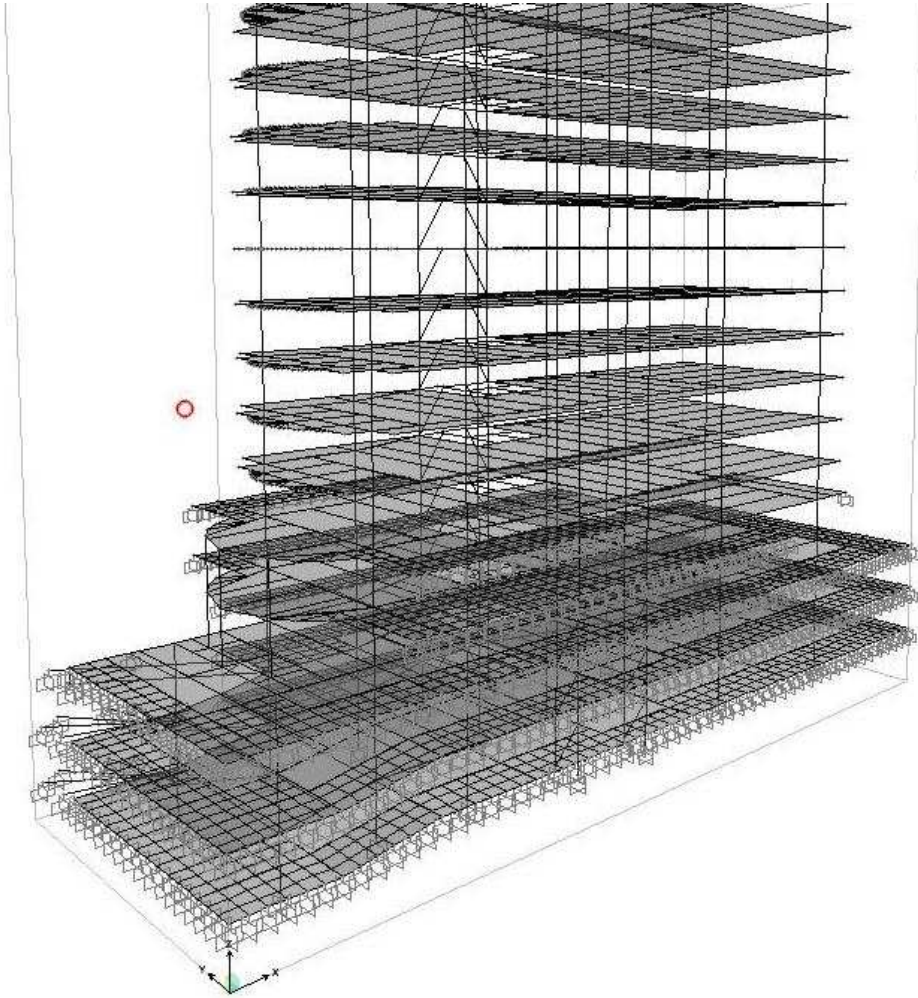


Figura 4.30. Restricciones para simulación de presencia de muros de contención.

4.6 ANÁLISIS DE CARGAS PRESENTES EN EL EDIFICIO

En el análisis de cada tipo de estructura se necesita establecer las cargas que está soportando. Estas se dividen en cargas estáticas y cargas vivas. Cada una de las mencionadas varía dependiendo de la aplicación.

- **Cargas Estáticas:** Son aquellas que consisten en el peso del sistema estructural y que permanecen invariantes con el transcurso del tiempo en su punto de aplicación.
- **Cargas Dinámicas o Vivas:** Son aquellas cargas que provienen de fuerzas de la naturaleza y no son permanentes ni en magnitud ni en su punto de aplicación.

4.6.1 CARGA ESTÁTICA O CARGA MUERTA (D)

Se denomina carga estática a la sumatoria de la carga de peso propio más la carga de seguridad.

$$D = W_{pp} + W_s$$

En el caso del presente trabajo se tomará la carga muerta como la calculada por el programa. Debido a las restricciones que se tiene en el conocimiento del peso real de cada uno de los perfiles ya que difieren entre el real y el establecido dentro de este entorno. Se recuerda nuevamente que los perfiles utilizados en este edificio son soldados.

Para estar de acuerdo a las especificaciones de la norma UBC 97 se debe establecer la carga muerta total como $1.3D$ para tomar en cuenta el factor de seguridad.

Al ingresar el patrón de carga en el SAP2000 se necesita colocar dentro del campo del multiplicador del peso propio el valor de 1.3 para definir esta carga.

4.6.2 CARGA VIVA DE PISO O CARGA DE OCUPACIÓN (L)

En el caso del presente trabajo se necesita establecer la carga por ocupación para lo cual se toma como referencia lo estipulado dentro del CEC (código ecuatoriano de la construcción) presente en la siguiente tabla.

Tabla 4.13. Tabla del CEC para determinar la carga por ocupación.

USO U OCUPACIÓN		Carga uniforme (1) Kg/m ²	Carga concentrada Kg
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN		
Armerías		750	0
Áreas de reuniones (4) Auditorios y galerías	Áreas de asientos fijos	250	0
	Áreas de asientos móviles y otras áreas	500	0
	Escenarios y plataformas	600	0
Cornisas, marquesinas y balcones de residencias		300	0
Facilidades de salida públicas (5)		500	0
Garajes	Almacenaje general y/o reparación	500	(3)
	Almacenaje particular	250	(3)
Hospitales	Salas y cuartos	200	450 (2)
Bibliotecas	Salas de lectura	300	450 (2)
	Cuartos de anaqueles	600	700 (2)
Fabricas	Livianas	400	900 (2)
	Pesadas	600	1400 (2)
Oficinas		250	900 (2)
Imprentas	Cuartos de impresión	750	1200 (2)
	Cuartos de composición y linotipos	500	900 (2)
Residencias (6)		200	0
Salas de descanso (7) Plataformas de revisión Grandes tribunas y Graderíos		500	0
Escuelas	Aulas	200	450 (2)
Veredas y calzadas	Acceso público	1200	(3)
Bodegas	Livianas	600	
	Pesadas	1200	
Almacenes	Minoristas	400	900 (2)
	Mayoristas	500	1400 (2)

Dentro de la tabla anterior se define que para edificios residenciales, como es el elemento de estudio, el valor considerado debe ser de 200 kg/m².

Se debe establecer la carga que se debe dar para la cubierta o techo de la edificación. En este caso el CEC presenta la siguiente tabla de valores.

Tabla 4.14. Tabla de valores para cubierta presentada por el CEC en kg/m².

INCLILACIÓN DE LA CUBIERTA	ÁREA TRIBUTARIA DE CARGA EN METROS CUADRADOS PARA CUALQUIER ELEMENTO ESTRUCTURAL		
	0 a 20	21 a 60	Sobre 60
<i>Plana o con pendiente menor que 1:3 Arco o bóveda con flecha menor a 1/8 de luz.</i>	100	80	60
<i>Pendiente de 1:3 a menos de 1:1 Arco o bóveda con flecha de 1/8 de luz a menos de 3/8 de luz</i>	80	70	60
<i>Pendiente de 1:1 y mayor Arco o bóveda con flecha de 3/8 de luz o mayor</i>	60	60	60
<i>Marquesinas, excepto cubiertas con tela</i>	25	25	25
<i>Invernaderos y edificios agrícolas</i>	50	50	50

De acuerdo a las características del edificio se tiene un área tributaria sobre 60 por lo que se determina el valor de 60 kg/m². Este valor estará presente en el techo de la edificación.

4.6.3 CARGA DE VIENTO (W_v)

La carga de viento es tomada como una presión lateral que soporta el edificio debido al choque del aire en movimiento con la estructura. Mientras mayor es la altura de los edificios tiene mayor importancia. Esta carga tan solo se encuentra dentro de los pisos sobre el nivel de la superficie.

$$W_v = C_e \cdot C_q \cdot q_s \cdot I_w$$

W_v = Presión de viento

C_e = Altura combinada ó coeficiente del factor de ráfaga y exposición como se muestra en la tabla. Para este caso se tiene un valor de 2.02 16-G del CEC

C_q = Coeficiente de presión para la estructura o parte de la estructura, bajo consideración como se muestra en la tabla. En este caso se tiene el valor de 1.2 para los elementos estructurales y 1.3 para el techo. 16-H del CEC.

I_w = Factor de importancia establecida en la tabla. Para edificios de vivienda se tiene el valor de 1. 16-K del CEC.

q_s = Presión de estancamiento de viento a una altura estándar de 33 ft (10000 mm) como se establece en la tabla 16-F del CEC.

Aunque también se la puede determinar según la siguiente fórmula

$$q_s = 0.06371xV^2 = 0.06371 * (10)^2 = 6.371 \text{ kg/m}^2$$

Siendo V la velocidad del viento en m/s

Con las características antes mencionadas se tiene.

$$W_v = 2.02 x 1.2 x 1 x 6.371 = 15.44 \text{ kg/m}^2$$

Este será para el valor para las paredes laterales mientras que para el techo se tiene:

$$W_v = 2.02 x 1.3 x 1 x 6.371 = 16.73 \text{ kg/m}^2$$

4.6.4 CARGA DE SISMO (W_{SS})

Para el cálculo de la carga de sismo se toma como secuencia de cálculo la presentada por el CEC y se utiliza las tablas que en su resumen se establecen.

$$\%V = \frac{ZxIx C}{Rx\phi_p x \phi_E}$$

$\%V$ = Es el factor de amplificación de sismo

Z = Es el factor de zona sísmica, correspondiente a un valor de 0.4 debido a que la ubicación es Quito se tiene una zona de alto riesgo sísmico.

I = Es el factor de importancia, correspondiente a un valor de 1.5 ya que esta estructura esta dentro de la categoría de edificaciones.

C = Es el factor de conducción de onda del suelo, correspondiente a la siguiente fórmula:

$$C = \frac{1.25xS^s}{T}$$

C = Es el coeficiente del suelo correspondiente a un valor crítico de 1.2 correspondiente a la serranía en general que cuenta con un tipo especial de suelo.

T = Es el período de vibración que se calcula mediante la siguiente ecuación para el CEC:

$$T = C_T x h_n^{3/4}$$

h_n = Es la altura básica de la edificación medida desde la base. La misma es establecida en 36.4 metros.

C_T = Es una constante cuyo valor corresponde a 0,06 para pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales y para otras estructuras.

$$T = 0.06 x 36.4^{0.75} = 0.889$$

$$C = \frac{1.25 x 1.2^{1.2}}{0.889} = 1.75$$

R es el factor de reducción de la respuesta estructural, correspondiendo a un valor de 10 de acuerdo a las especificaciones del CEC en su tabla 7.

ϕ_P = Coeficiente de configuración estructural de la planta, definiéndose como:

Se define de la siguiente manera

$$\phi_P = \phi_{PA} x \phi_{PB}$$

ϕ_{PA} = Mínimo valor de ϕ_{Pi} dado en la tabla del CEC. En este caso se toma un valor de 0.9 de acuerdo a las características establecidas para ese valor.

ϕ_{PB} = Se toma el valor de 0.9 de acuerdo a las características igualmente expuestas por el CEC.

$$\phi_E = \phi_{EA} + \phi_{EB} + \phi_{EC}$$

De acuerdo a las características de las edificaciones se establece un valor de $\phi_E = 0.9$ debido a que el edificio presenta irregularidad geométrica en los pisos. Este valor se toma de la tabla 6 del CEC.

Teniendo todos los coeficientes se procede a calcular el porcentaje del corte basal

$$\%V = \frac{Z x I x C}{R x \phi_P x \phi_E} = \frac{0.4 x 1.5 x 1.75}{10 x 0.9 x 0.9} = 0.1296$$

El peso del edificio ha sido establecido con el uso de SAP2000.

Object Type	Material	Total Weight Kgf	Num Pieces Unitless
Frame	A36	333543.66	2287
Frame	C 18x4	291325.25	156
Frame	C 20x4	6501.5	3
Frame	C 22x4	31647.36	16
Frame	C 22x8	31647.36	16
Frame	C 25x8	63294.72	32
Frame	C 28x4	63294.72	32
Frame	C 28x8	31647.36	16
Area	4000Psi	1411289.45	
Area	6000Psi	590225.15	

Figura 4.31. Determinación del peso muerto del edificio en SAP2000.

Al sumar las cantidades resulta un peso total de 2854.416 Ton.

La carga de sismo esta establecida como:

$$W_{ss} = \%V \times W_{pp} = 0.1296 \times W_{pp} = 0.17 \times 2854.416 = 485 \text{ Ton}$$

Para el ingreso de esta carga de sismo se establece en el programa a la carga muerta con un factor multiplicador de 0.167. Esta carga estará aplicada en cada uno de los nodos de los pisos del edificio.

Tabla 4.15. Carga distribuida de sismo.

Piso	Carga de sismo W_{ss} (Ton)	Número de nodos	Carga (Ton)
15	485	6	81
14	445	6	74
13	411	6	69
12	404	6	67
11	364	6	61
10	323	6	54
9	293	6	49
8	242	6	40
7	202	6	34
6	161	6	27
5	121	4	30
4	80	4	20

4.6.5 CARGA DE GRANIZO (S)

La carga de granizo se establece como el peso específico de este multiplicado por la altura de acumulación que pueda tener en la terraza del edificio.

En la terraza se tiene un muro pequeño de 0.5 m de alto que rodea el perímetro del edificio. Por lo tanto se tiene

La máxima precipitación de granizo en los últimos años se ha establecido en el valor de 0.01 m por parte del INAMHI. Por lo que se tiene:

$$S = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 0.1 m = 100 \frac{kg}{m^2}$$

4.6.6 CARGA DE CENIZA VOLCÁNICA (G)

De acuerdo al INAMHI, la máxima capa de ceniza que se ha tenido en la ciudad de QUITO es de 0.01 m. Por lo que se tiene:

$$G = 1500 \frac{kg}{m^3} \times 0.01 m = 15 \frac{kg}{m^2}$$

La carga de granizo como de sismo se establecen sobre el techo de la edificación.

4.6.7 INGRESO DE CARGAS EN SAP 2000

Una vez determinadas las características de las cargas presentes en el edificio se prosigue a ingresarlas en el programa

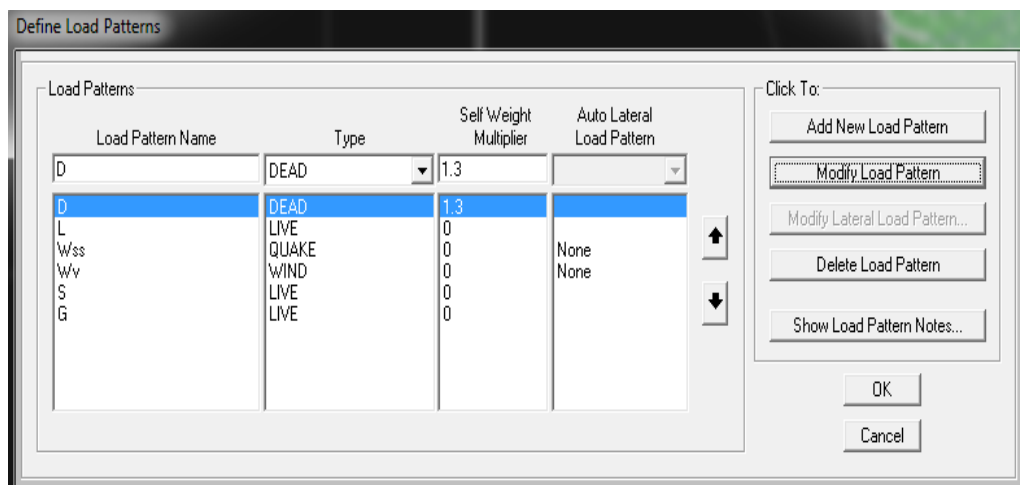


Figura 4.32. Ingreso de cargas en SAP2000.

4.6.8 COMBINACIONES DE CARGA

De acuerdo al CEC se establece las siguientes combinaciones de carga como alternativas a las básicas para análisis de las estructuras metálicas:

1. $D + L + S$
2. $D + L + W_v$
3. $D + L + 0.7W_{ss}$
4. $D + L + W_v + 0.5 S$
5. $D + L + S + 0.5 W_v$
6. $D + L + S + 0.7 W_{ss}$

Se tendrán entonces 6 combinaciones de carga en el presente estudio.

4.6.9 RESULTADOS GRÁFICOS DEL PROGRAMA SAP2000

Como se comentó anteriormente, se tuvo la necesidad de realizar algunas aproximaciones para la generación del modelo dentro del programa. Es importante tener presente que cualquier aproximación introduce siempre un porcentaje de error entre los cálculos que el programa realiza y la realidad.

Con el fin de reducir la incertidumbre, el plan de mantenimiento debe contener una intervención de mantenimiento preventivo que contemple el resolver la estructura minuciosamente en función a datos menos aproximados y mas cercamos a las condiciones reales de carga y resistencia de los materiales de los elementos estructurales; para esto se deberá contemplar la extracción de probetas de todos los elementos. Se puede utilizar también un programa que permita realizar una aproximación mayor como puede ser ETABS, o como otra opción se podría reunir un quipo que tome datos, calcule y verifique manualmente el diseño y estado de carga del edificio.

Sin embargo como referencia del estado de carga del edificio se presentan los siguientes resultados gráficos.

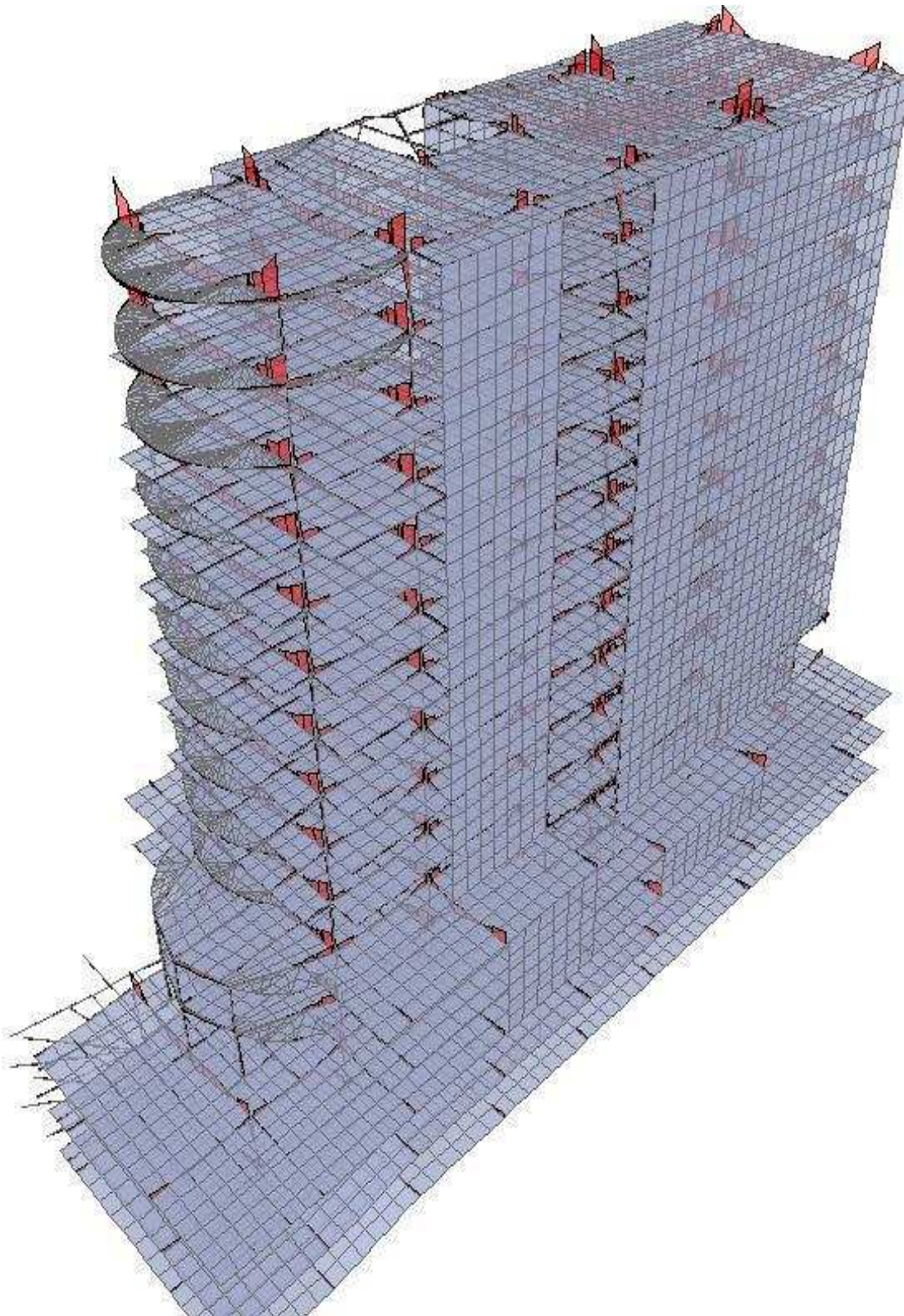


Figura 4.33. Resultado gráfico para la combinación de carga 6 (edificio completo).

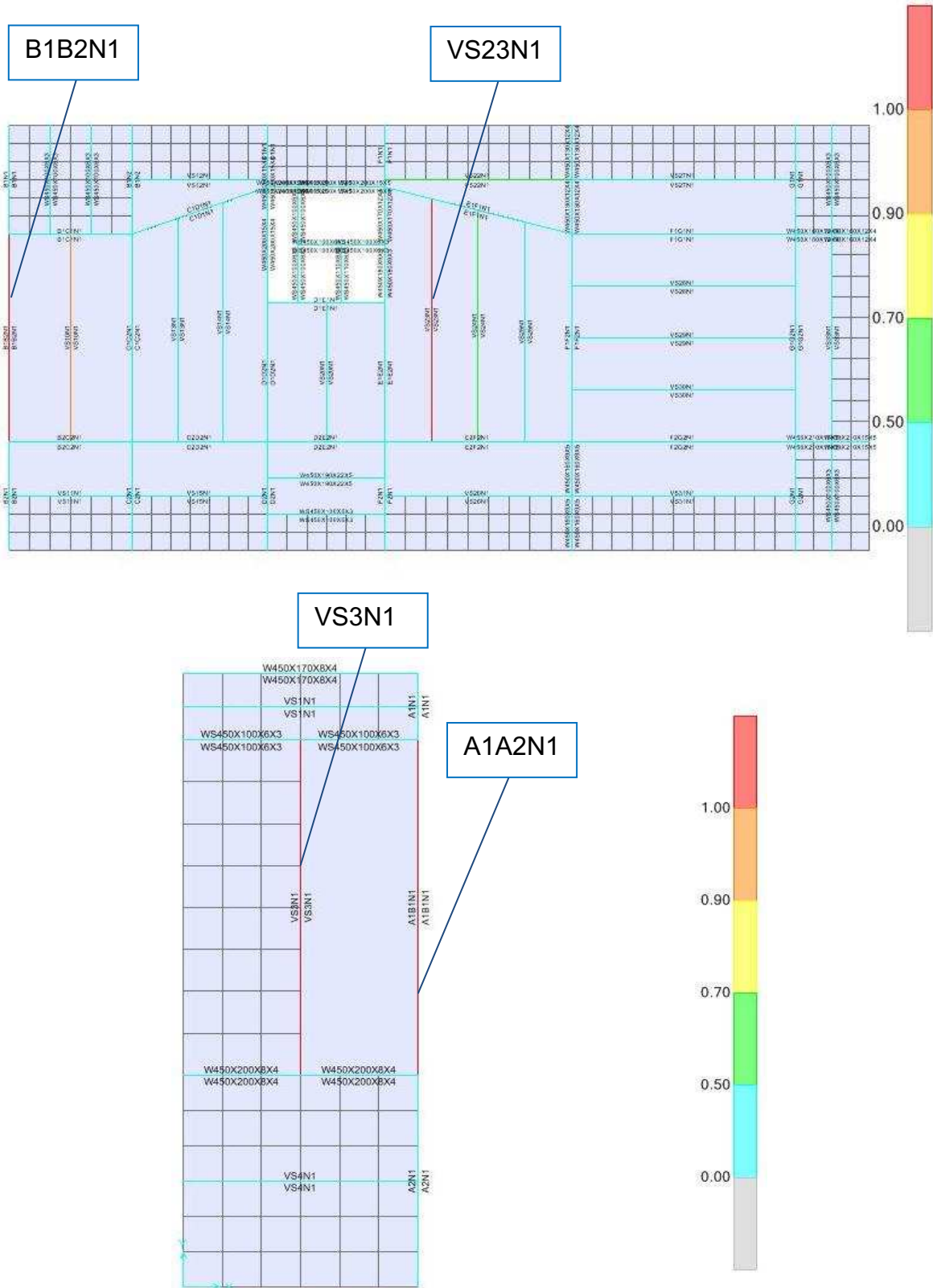


Figura 4.34. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 1.

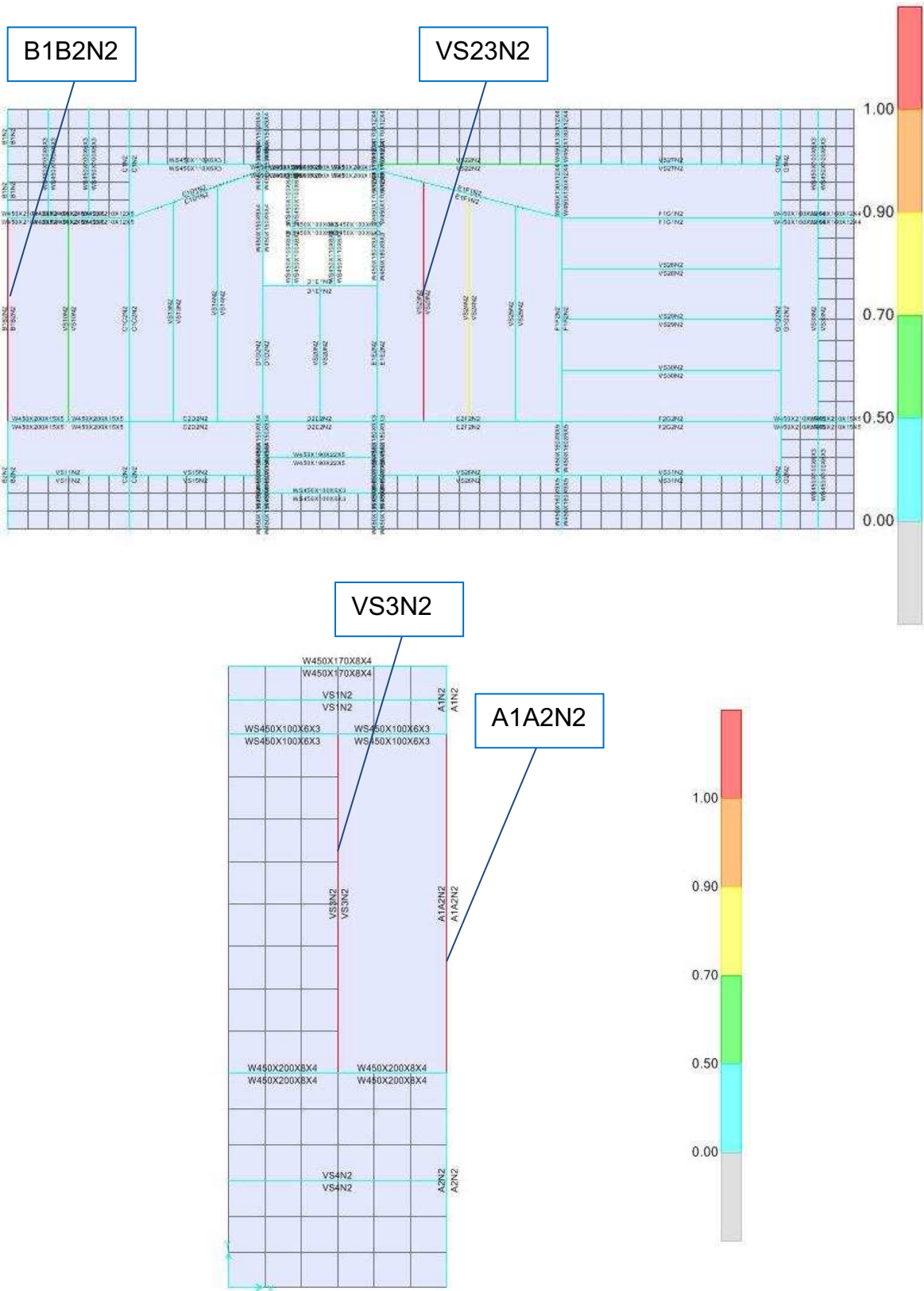


Figura 4.35. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 2.

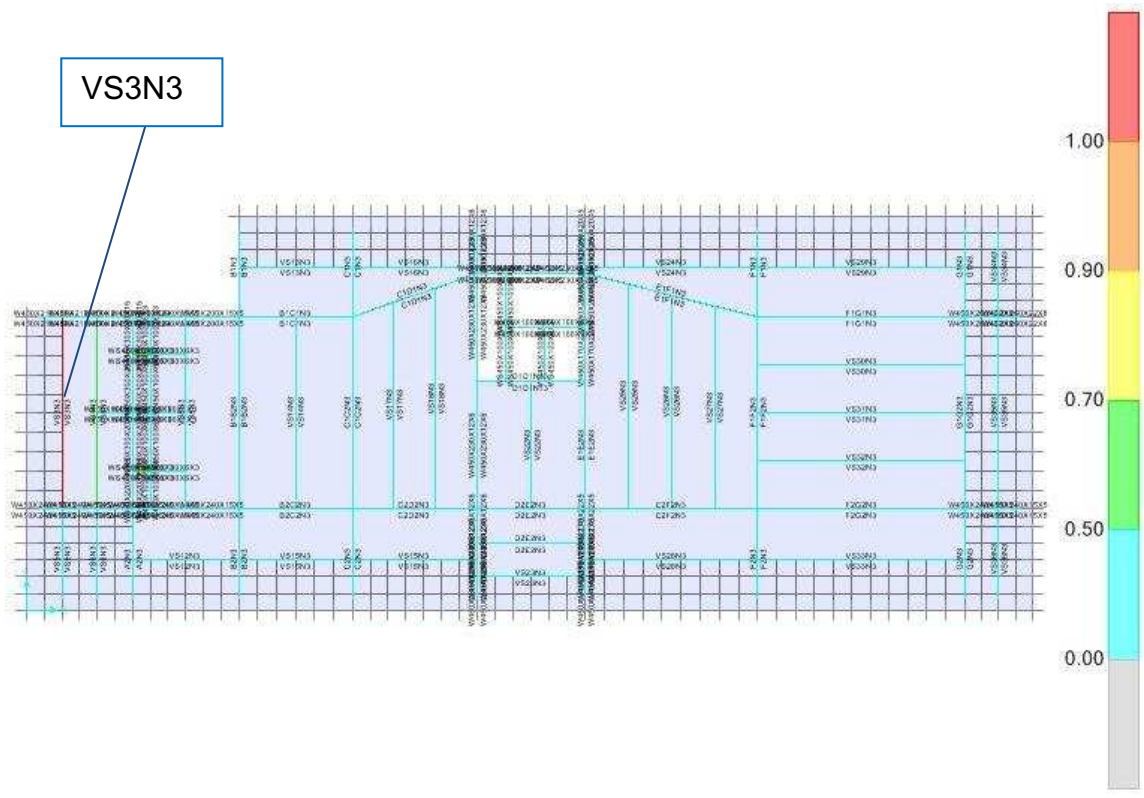


Figura 4.36. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 3.

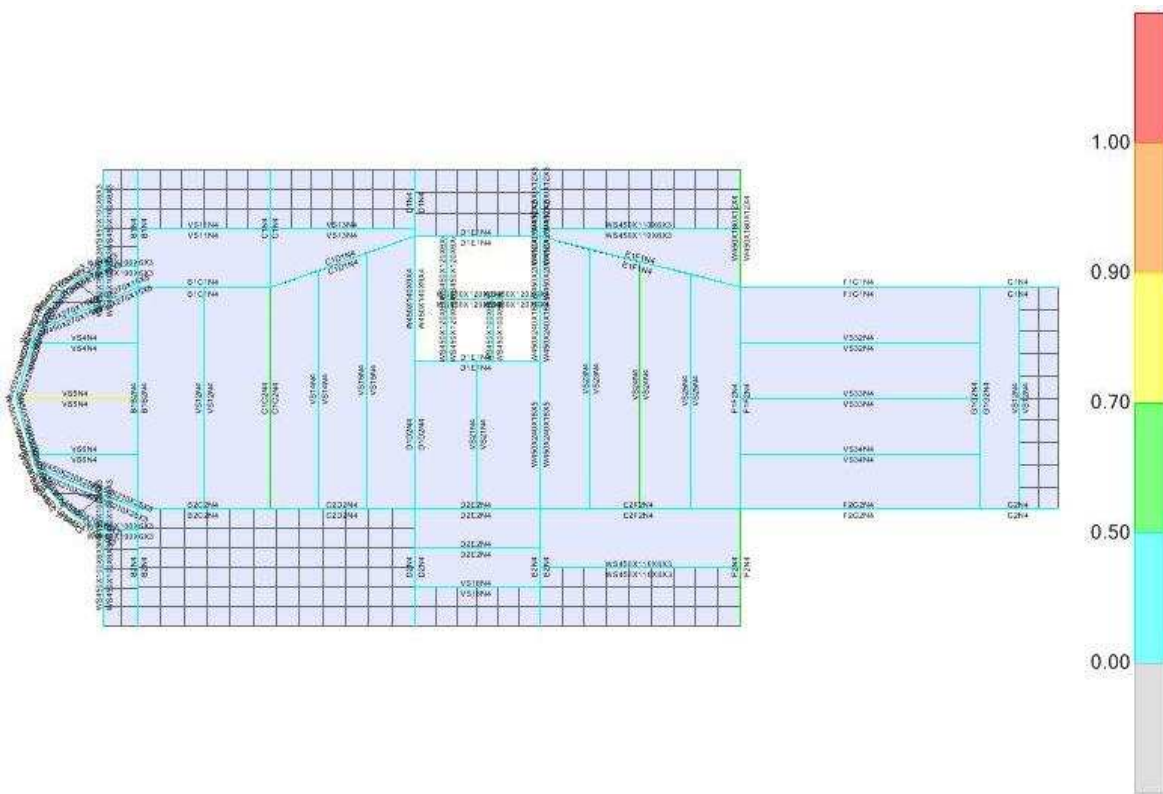


Figura 4.37. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 4.

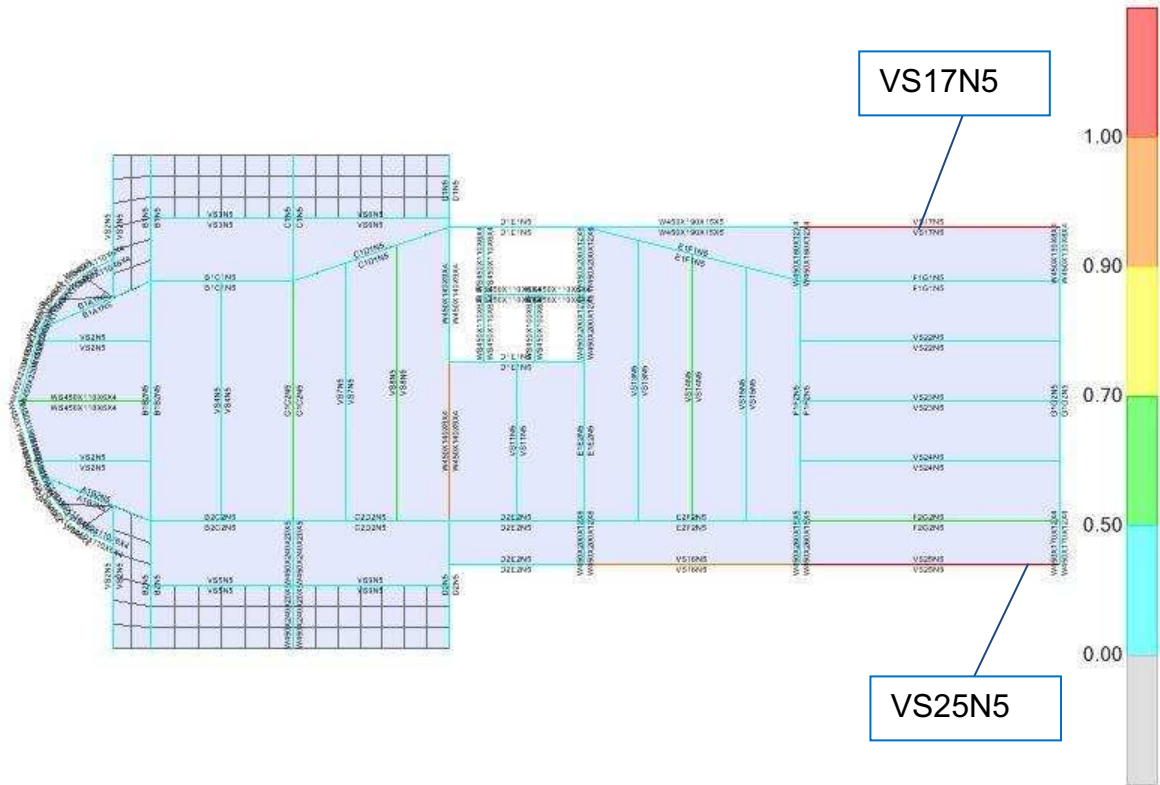


Figura 4.38. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 5.

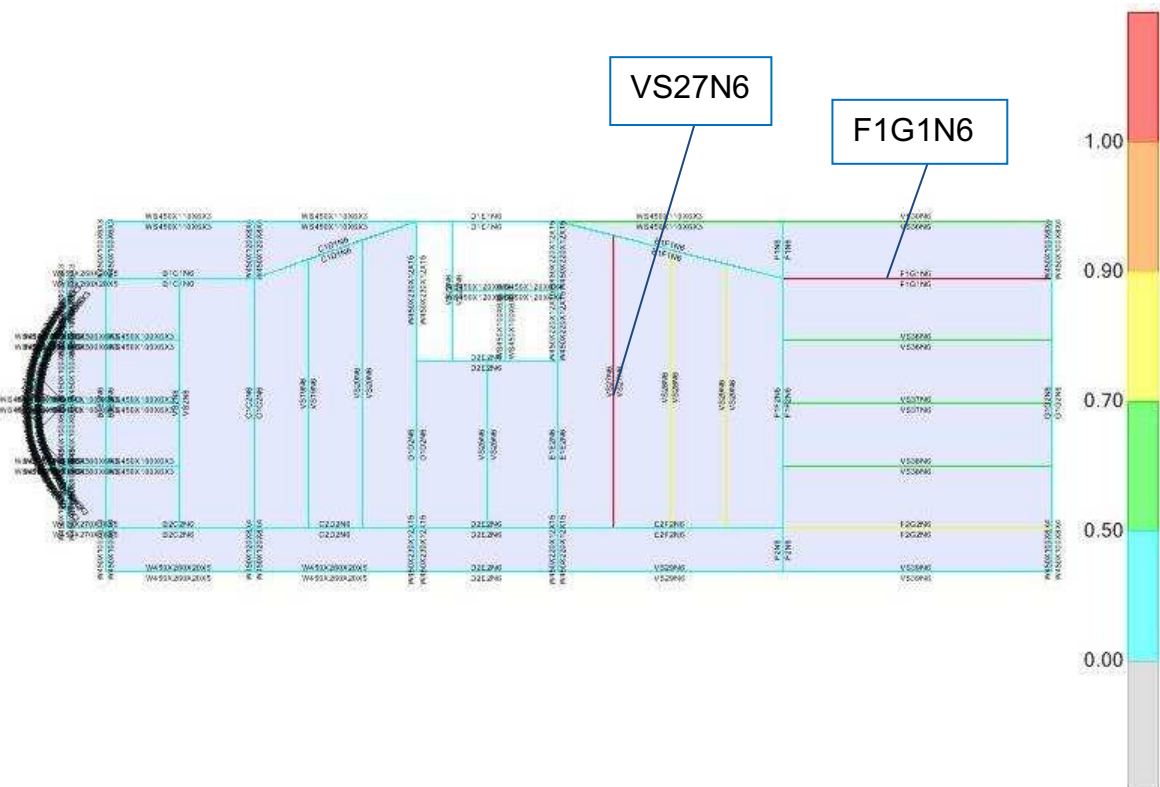


Figura 4.39. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 6.

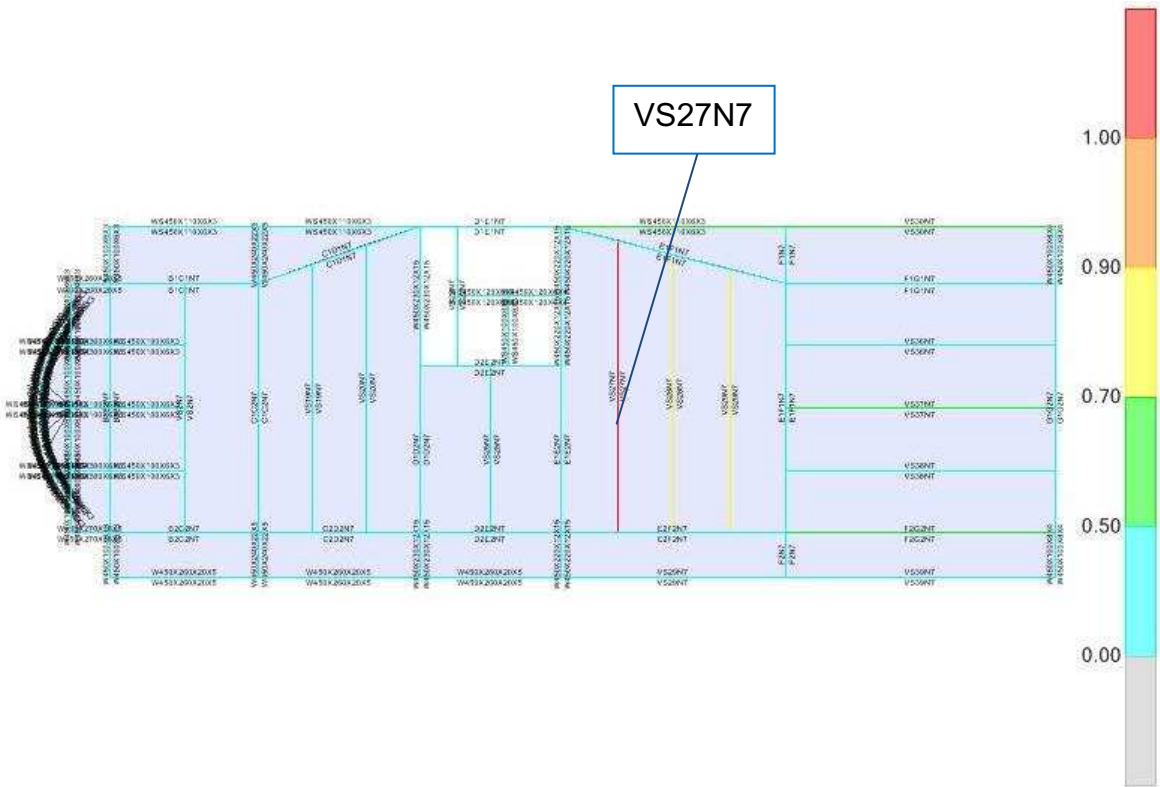


Figura 4.40. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 7.

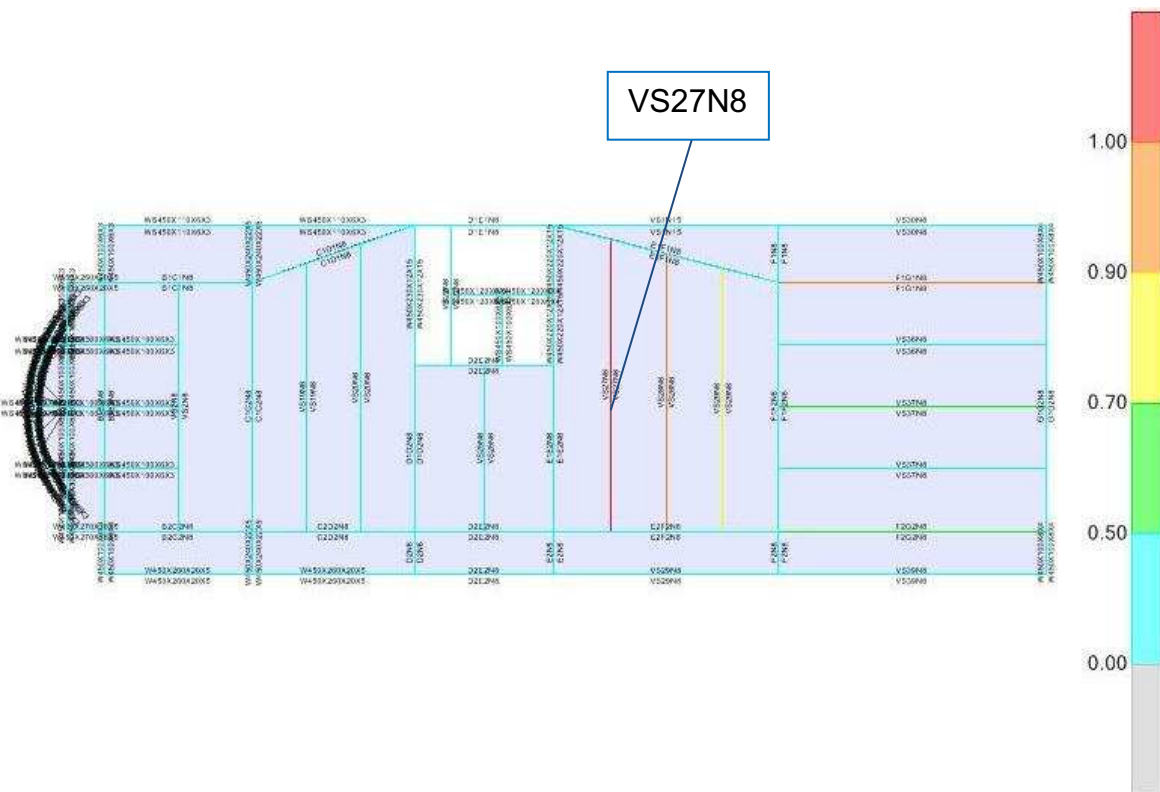


Figura 4.41. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 8.

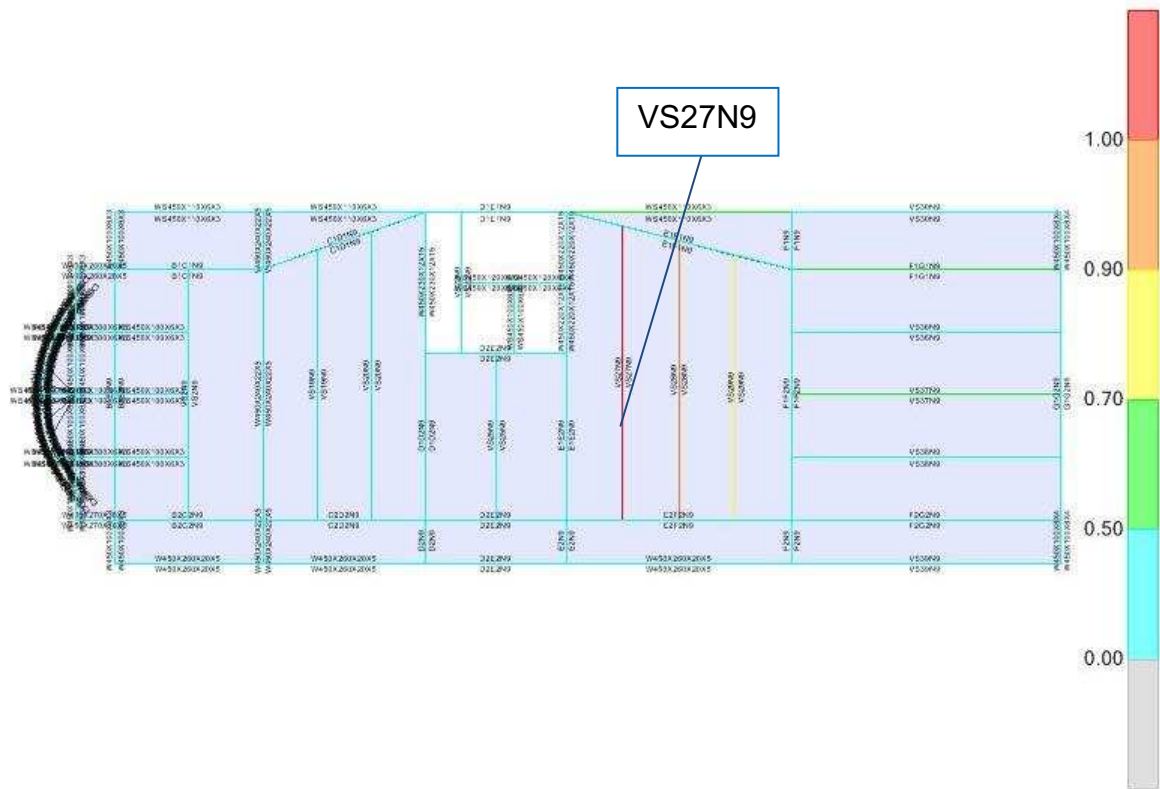


Figura 4.42. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 9.

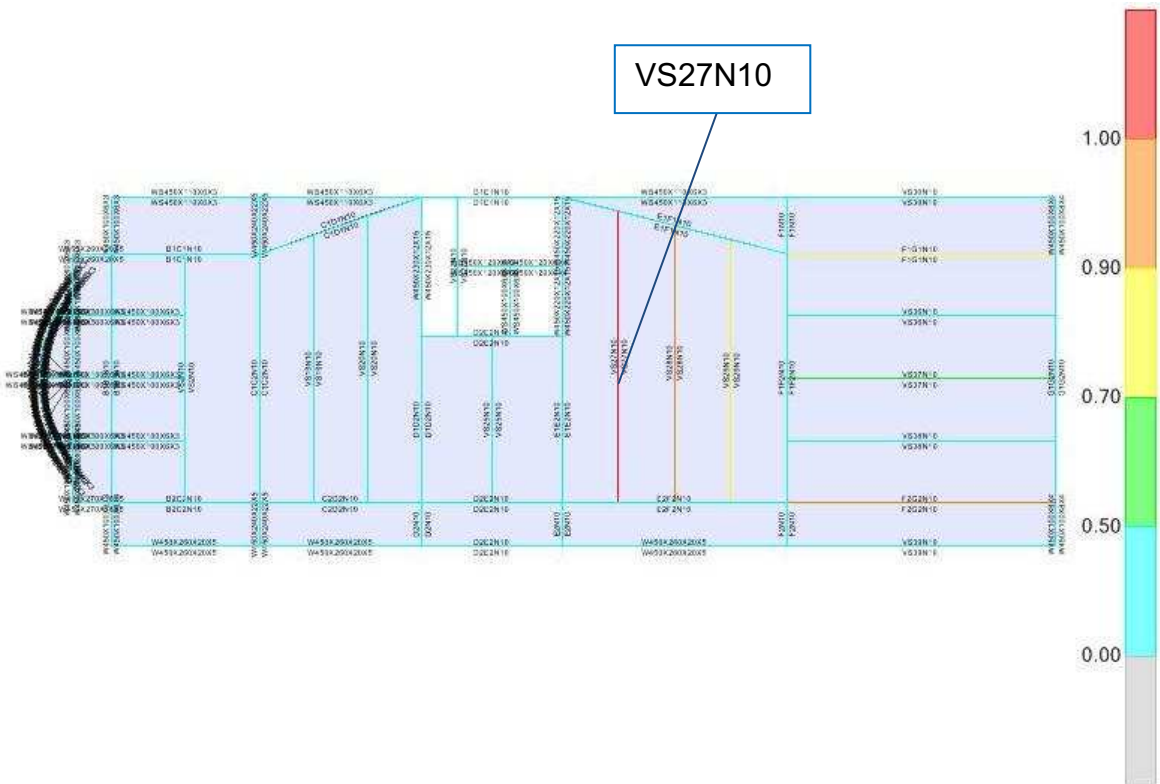


Figura 4.43. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 10.

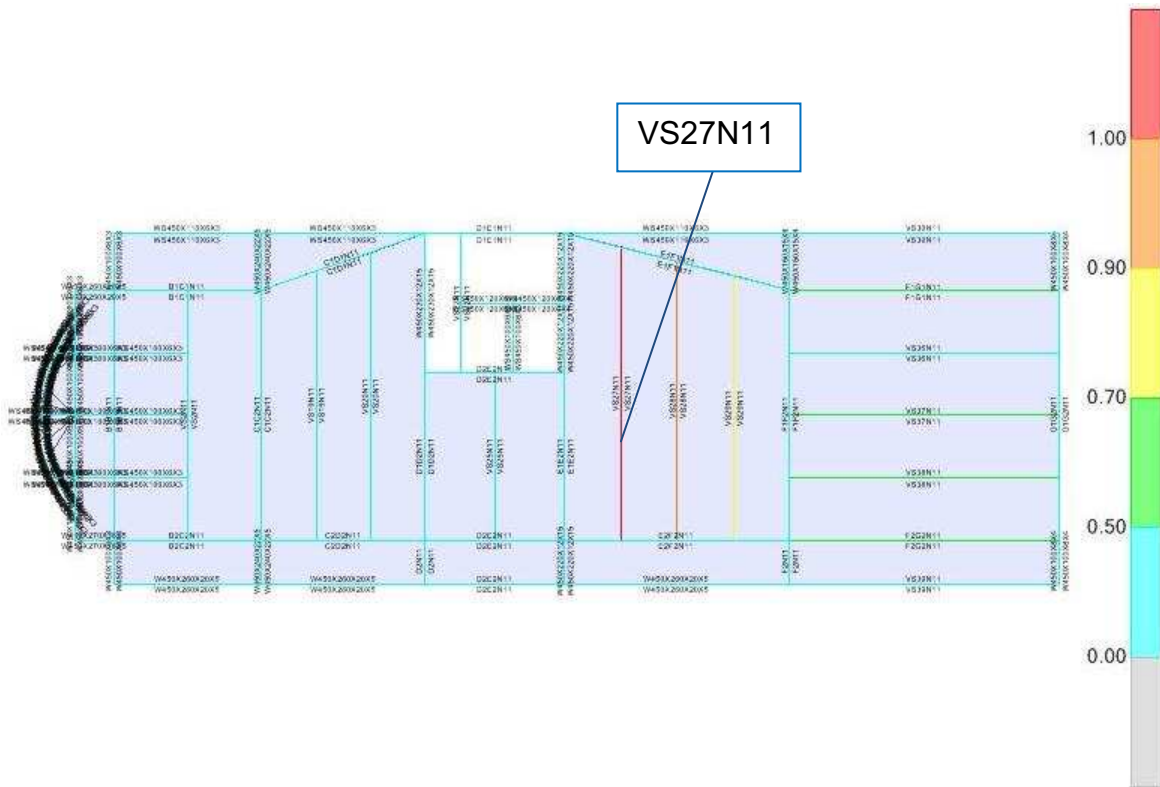


Figura 4.44. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 11.

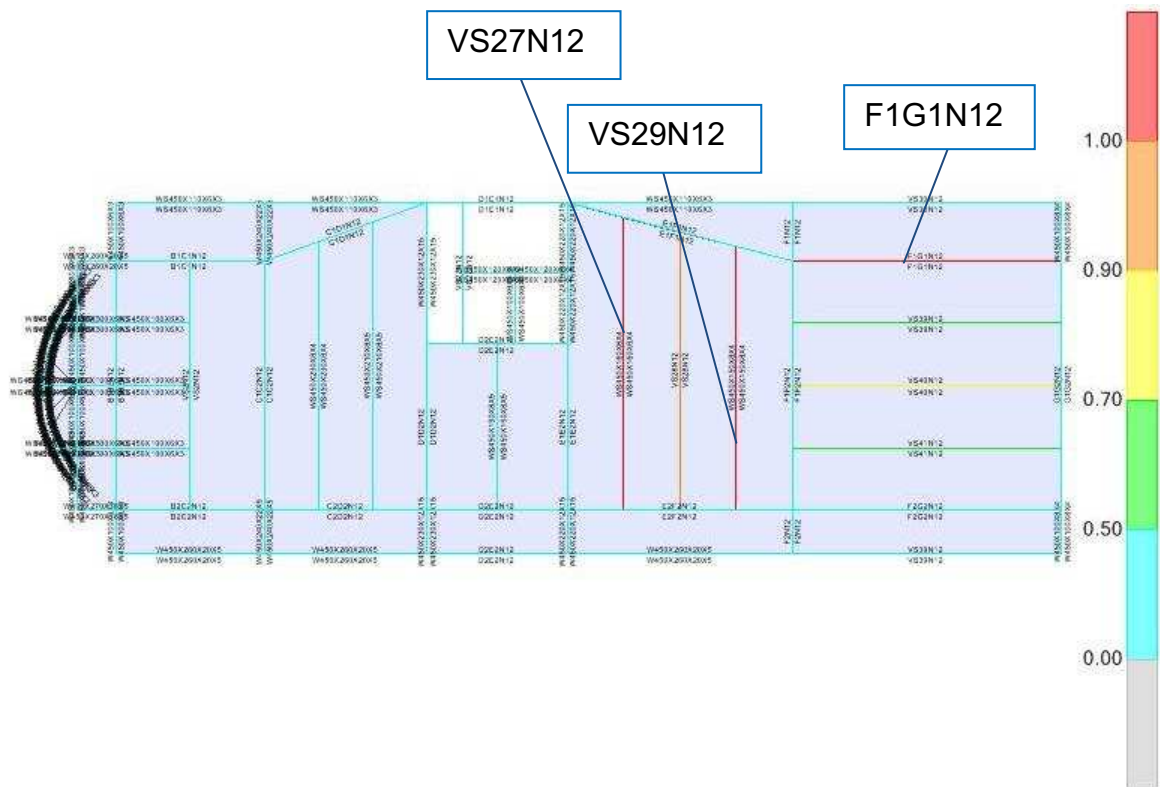


Figura 4.45. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 12.

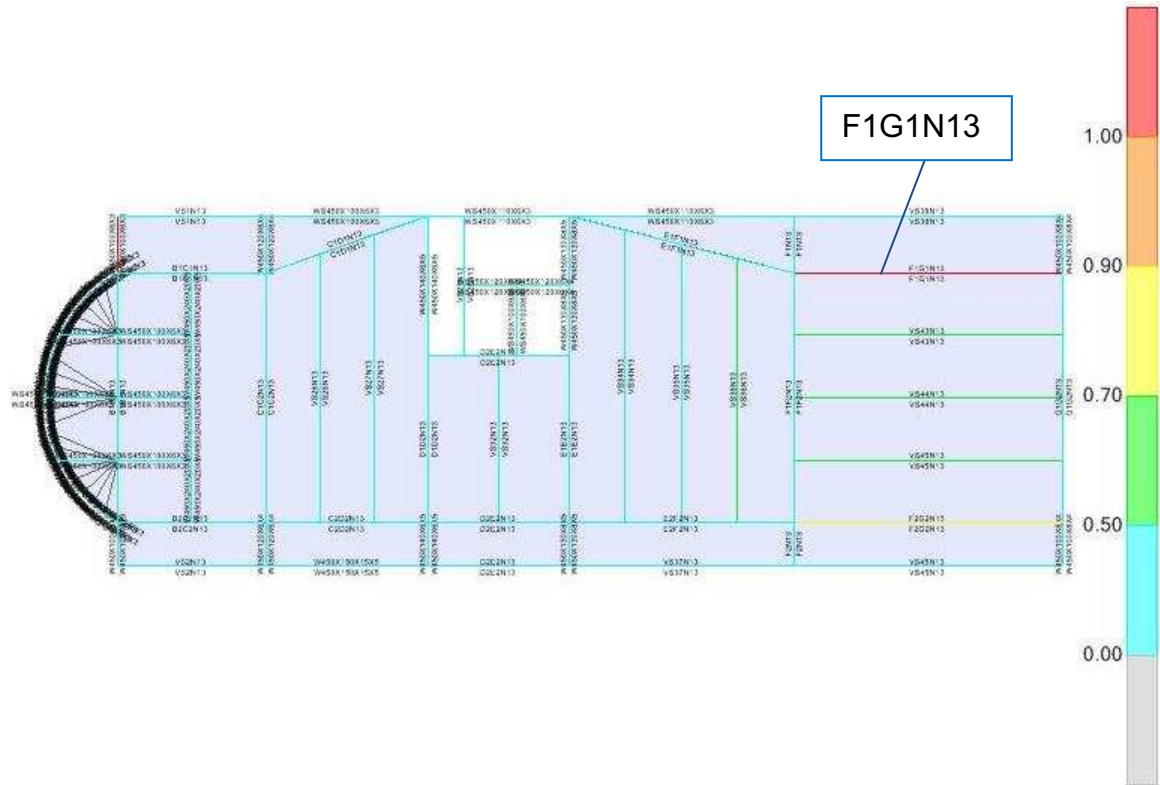


Figura 4.46. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 13.

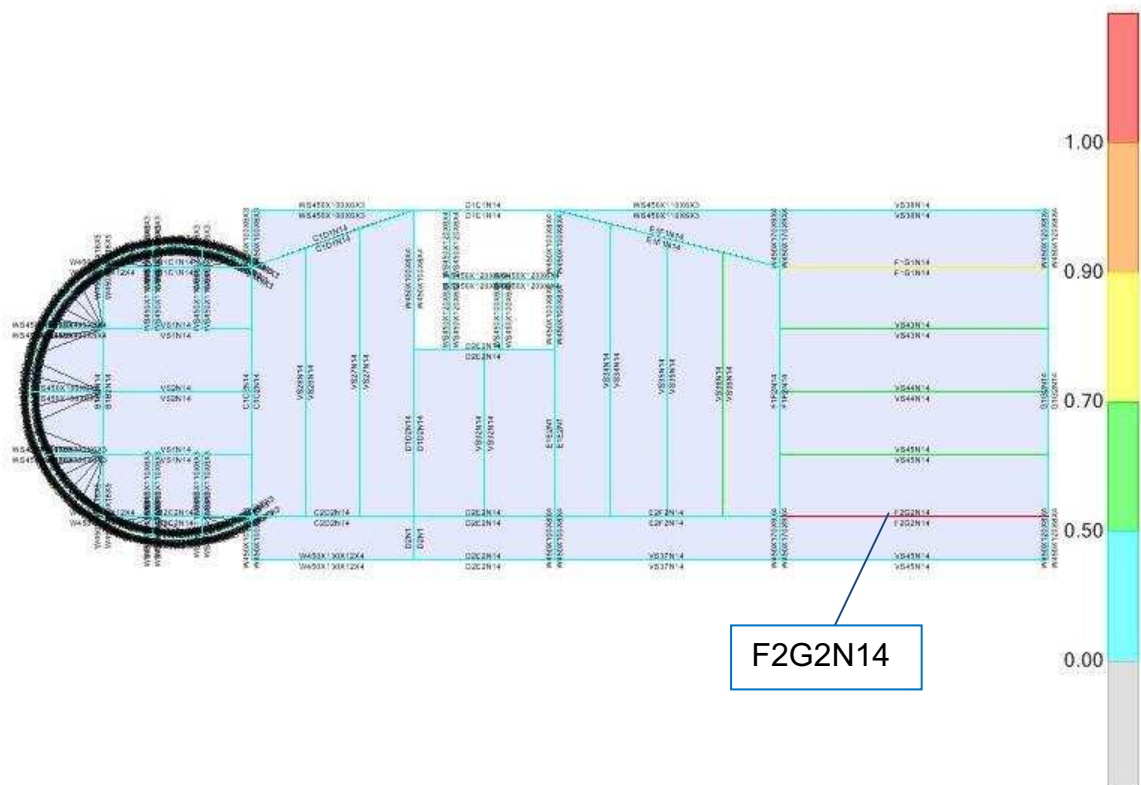


Figura 4.47. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 14.

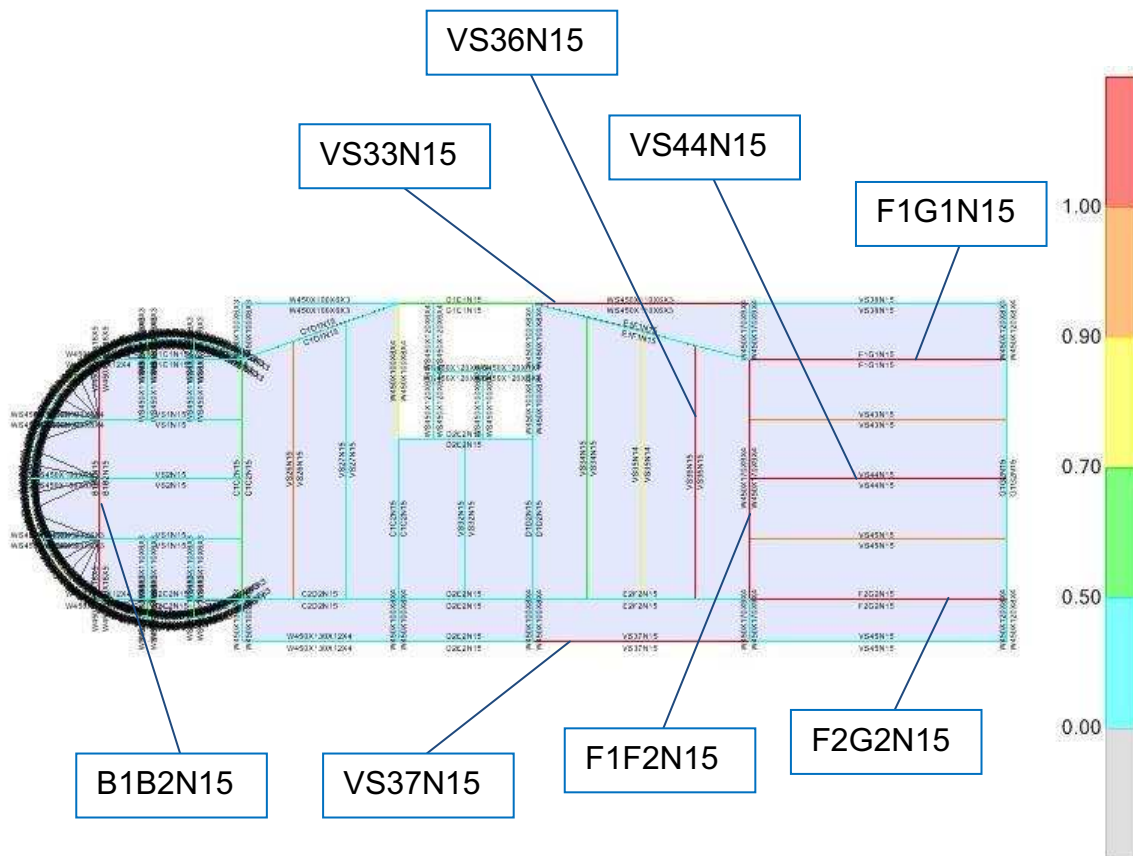


Figura 4.48. Resultado gráfico análisis SAP2000 NIVEL 15.

En estos resultados gráficos, luego de ser examinado el diseño del edificio con el programa SAP2000 bajo la norma AISC-ADS89, algunos de los elementos se muestran en color rojo. En aquellos elementos de la estructura, la relación demanda capacidad excede el valor 1. A continuación se presenta un ejemplo del formato de presentación de resultados en el programa.

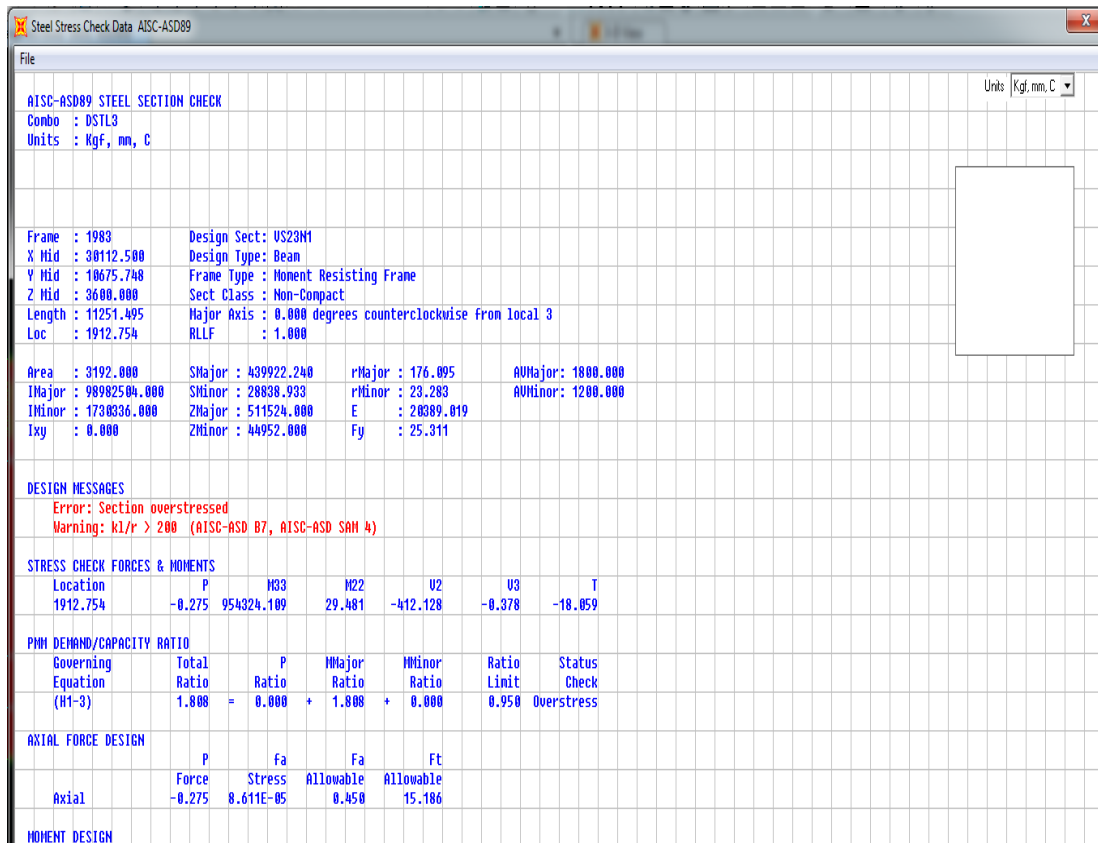


Figura 4.49. Formato de presentación de resultados dentro del programa SAP2000.

La tabla en la que se resumen los resultados se presenta a continuación con la totalidad de elementos.

Tabla 4.16. Vigas cuya relación Demanda/Capacidad es mayor a 1, en el programa SAP2000.

Elemento	D/C
VS23N1	1.807
B1B2N1	2.524
VS3N1	1.023
A1A2N1	1.423
VS23N2	1.822
B1B2N2	2.170
A1A2N2	1.330
VS3N2	1.027
VS3N3	2.000
VS17N5	1.021
VS25N5	0.983
VS27N6	1.164
F1G1N6	1.105
VS27N7	1.171

VS27N8	1.182
VS27N9	1.177
VS27N10	1.188
VS27N11	1.193
VS27N12	1.193
VS29N12	1.279
F1G1N12	1.188
F1G1N13	1.835
F2G2N14	1.304
B1B2N15	0.964
VS33N15	1.113
VS36N15	1.362
VS37N15	1.370
F1G1N15	3.465
F1F2N15	1.455
VS44N15	1.048
F2G2N15	3.263

De acuerdo a la tabla y a los resultados gráficos presentados anteriormente se establece que para la combinación de carga que más exige a la estructura, combinación 6, algunas vigas presentan una relación demanda/capacidad de carga mayor a la unidad. El diseño de acuerdo a estos factores, presenta fallas en estos elementos. Las cargas que se establecieron para el análisis son las mínimas sugeridas por norma.

De acuerdo al análisis anterior, si se presentara esta combinación de carga en algún momento, como por ejemplo un sismo de gran intensidad, estos elementos serían los primeros en fallar.

4.7 REGISTRO GENERAL DE DAÑOS

Posterior a la Inspección Preliminar y al análisis de diseño y estado de carga del edificio en el programa SAP2000. se realizó una inspección mucho más cuidadosa y enfocada a los lugares y/o elementos que en la Inspección Preliminar mostraban ciertas peculiaridades o daños, los resultados y observaciones de esta inspección se ingresaron y respetan el formato del Registro General de Daños, en el cual se determinaron las acciones preventivas y correctivas para:

- Conexiones

- Muros
- Baldosas,
- Losas
- Pasamanos

El Registro General de Daños no fue suficiente para definir el estado y posteriores intervenciones sobre vigas y cimentaciones, es entonces que se hace necesaria una Inspección Detallada de los mismos.

El informe del Registro General de Daños del edificio tipo, generado por el software de mantenimiento se presenta impreso en el Anexo 10.

4.8 INSPECCIÓN DETALLADA

4.8.1 INSPECCIÓN DE VIGAS

Además de la corrosión presente se observa que las vigas que conforman la estructura del edificio están pandeadas, por esta razón se hace necesaria la toma de datos de la deflexión en las vigas del sector de los subsuelos.

Para medir la deflexión primero se coloco la identificación de la viga, misma que considera el número de nivel y el código que identifica al elemento en los planos estructurales del edificio. Posteriormente, se tensó una cuerda entre sus extremos y se midió la mayor distancia existente entre la cuerda y el patín inferior de la viga.



Figura 4.50. Procedimiento para medir la deflexión de una viga.

De acuerdo con el Código de la Construcción Internacional (ICB 2006), algunos de los límites de deflexión máxima permisible en milímetros para vigas de estructuras de acero se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.17. Límites de deflexión en milímetros para vigas de estructuras de acero según el Código de Construcción Internacional (IBC 2006).

Construcción	Límites de Deflexión		
	Carga viva	Carga muerta + viva	Nieve o viento
Elementos de techo:			
Portantes de cielo raso enlucido	Luz / 360	Luz / 240	Luz / 360
Portantes de piso y equipos	Luz / 240	Luz / 180	Luz / 240
Vigas de techo y correas	Luz / 180	Luz / 120	Luz / 180
Elementos de piso	Luz / 360	Luz / 240	-----

Con el fin de comparar la deflexión medida en la inspección detallada de las vigas de los tres subsuelos, con los datos generados en la simulación mediante SAP2000 y los obtenidos utilizando la fórmula de la tabla anterior de Luz/360 correspondiente a vigas de piso sometidas a carga viva se tiene la siguiente tabla:

Tabla 4.18. Deflexión según simulación, real y máxima para vigas consideradas en la Inspección Detallada.

<i>Elemento</i>	<i>Luz [mm]</i>	<i>d(SAP2000) [mm]</i>	<i>d(real) [mm]</i>	<i>dmax (Luz/360) [mm]</i>	<i>dmax - d(real) [mm]</i>
<i>F1G1</i>	10050	1,70	6	27,9	21,9
<i>F2G2</i>	10050	1,57	2	27,9	25,9
<i>N1VS13</i>	10000	4,10	24	27,8	3,8
<i>N1VS14</i>	10800	4,72	27	30,0	3,0
<i>N1VS23</i>	8650	7,25	24	24,0	0,0
<i>N1VS24</i>	10400	4,45	33	28,9	-4,1
<i>N1VS25</i>	9800	3,91	19	27,2	8,2
<i>N1VS28</i>	10350	4,29	18	28,8	10,8
<i>N1VS29</i>	10350	4,30	24	28,8	4,8
<i>N1VS30</i>	10350	4,29	15	28,8	13,8
<i>N1VS33</i>	9500	2,02	26	26,4	0,4
<i>N2VS13</i>	10000	4,08	18	27,8	9,8
<i>N2VS14</i>	10800	4,72	5	30,0	25,0
<i>N2VS23</i>	8650	7,27	13	24,0	11,0
<i>N2VS24</i>	10400	4,96	24	28,9	4,9
<i>N2VS25</i>	9800	3,90	21	27,2	6,2
<i>N2VS28</i>	10350	4,31	20	28,8	8,8
<i>N2VS29</i>	10350	4,31	15	28,8	13,8
<i>N2VS30</i>	10350	4,31	16	28,8	12,8
<i>N2VS33</i>	9500	2,04	28	26,4	-1,6
<i>N3VS17</i>	10200	3,29	22	28,3	6,3
<i>N3VS18</i>	11000	4,01	10	30,6	20,6
<i>N3VS25</i>	11000	4,39	11	30,6	19,6
<i>N3VS26</i>	10400	3,82	6	28,9	22,9

N3VS27	10000	3,13	18	27,8	9,8
N3VS30	10350	3,36	23	28,8	5,8
N3VS31	10350	3,37	5	28,8	23,8
N3VS32	10350	3,37	19	28,8	9,8
N3VS35	9600	1,75	4	26,7	22,7

En esta tabla se observa que los valores de deflexión medidos sobrepasan a los valores obtenidos en la simulación de SAP2000, y además, existen algunos valores que se igualan y otros que hasta sobrepasan el máximo permisible. Por esto es importante realizar intervenciones correctivas de refuerzo en las vigas correspondientes a los valores sombreados de la tabla anterior y preventivas de control de deflexión en todos los elementos.

Por otro lado, se debe mencionar que algunas de estas vigas presentan ciertas cavidades para el paso de ductos y tuberías que reducen su resistencia mecánica y se convierten en concentradores de esfuerzos a pesar de estar reforzados.

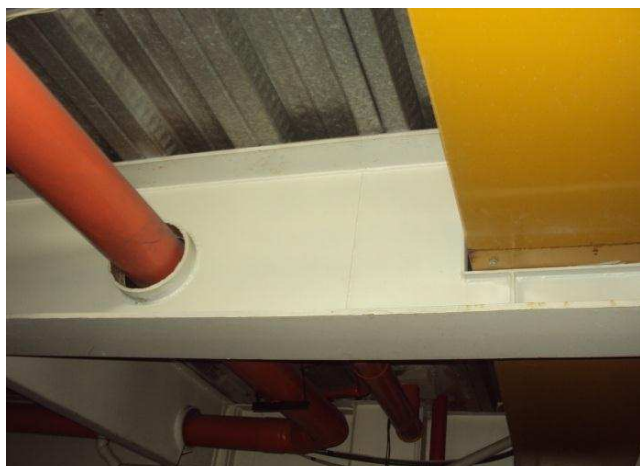


Figura 4.51. Cavidades en las vigas de los subsuelos.

4.8.2 INSPECCIÓN DE PLACAS BASE

Las placas base son uno de los elementos principales de sujeción entre las columnas que reciben la carga de la estructura y las cimentaciones que transmiten las mismas hacia el suelo. Como se indicó anteriormente, algunas de estas se encuentran en malas condiciones por la presencia de tomas de agua. A continuación se muestra la placa base en peor estado.

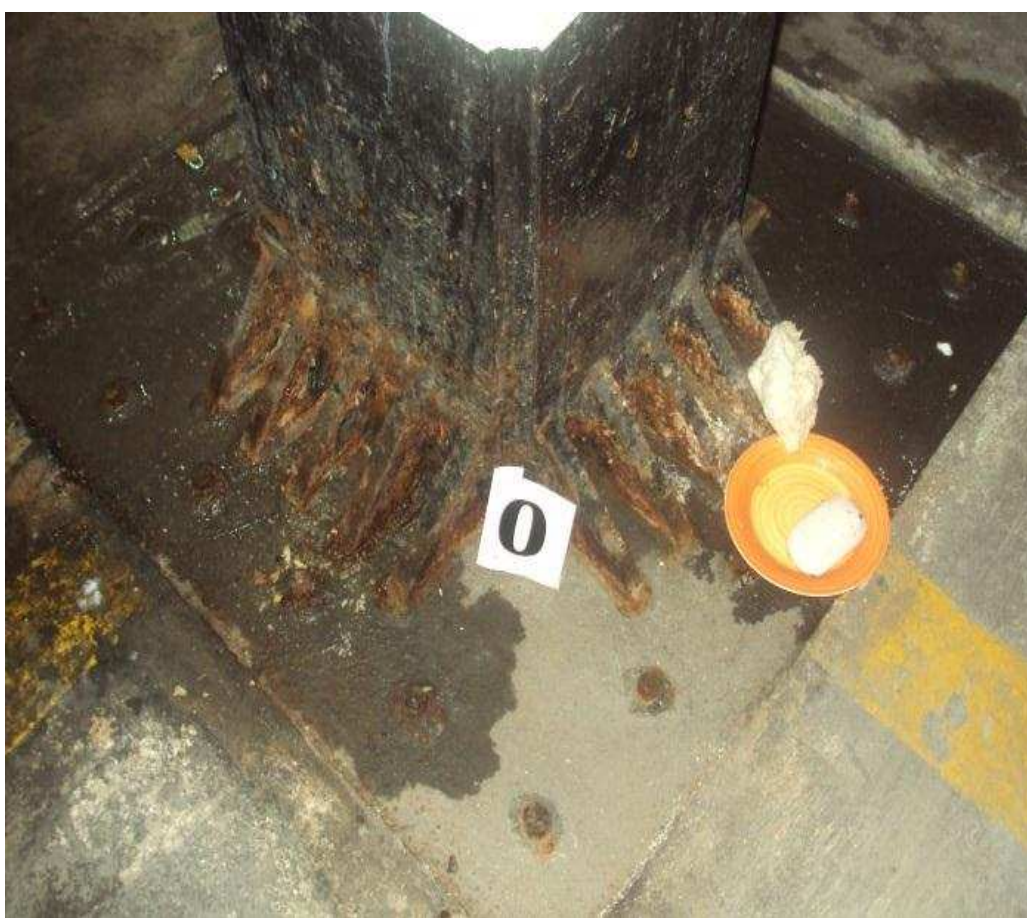


Figura 4.52. Placa base corroída.

Para el caso de conocer el estado de los cordones de soldadura y del recubrimiento anticorrosivo de las placas se utilizó el método de tintas penetrantes.

Previo la inspección detallada de las placas base del subsuelo 3 del edificio tipo se identificó a las mismas según el siguiente croquis.

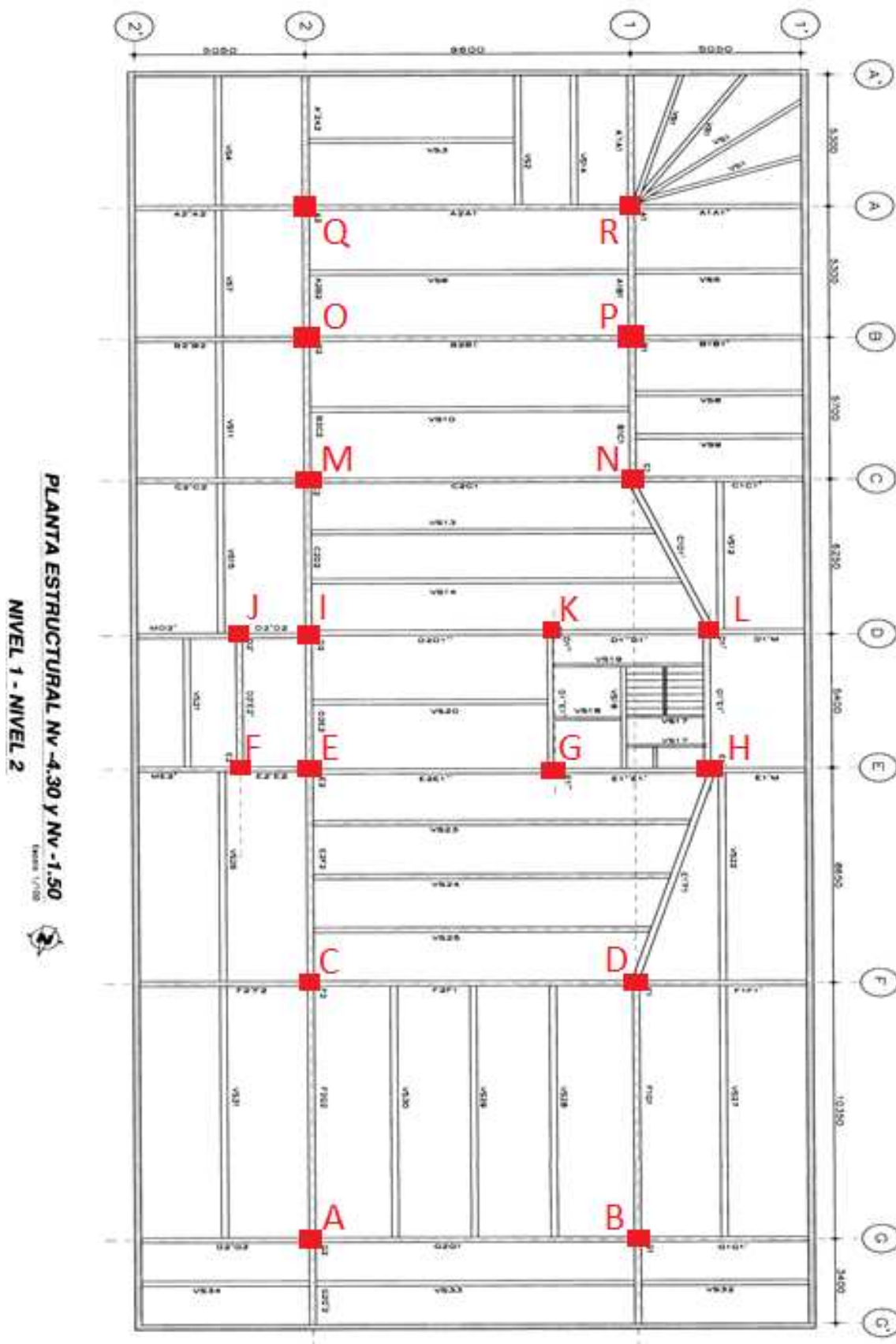


Tabla 4.19. Codificación de placas base del subsuelo 3 – edificio tipo “Ardres Plaza”.

Codificación Inspección Detallada Bases N1-S3	Columnas N1-S3
A	G2
B	G1
C	F2
D	F1
E	E2
F	E2´
G	E1´´
H	E1´
I	D2
J	D2´
K	D1´´
L	D1´
M	C2
N	C1
O	B2
P	B1
Q	A2
R	A1

4.8.2.1 Inspección Detallada de Placas Base por el Método de Tintas Penetrantes

Este es un método de inspección no destructivo mediante el cual se puede reconocer la presencia de fisuras dentro de la soldadura además de visualizar el estado de recubrimientos. Para llevar a cabo este proceso se necesita contar con un kit de tintas penetrantes el cual consta de un limpiador, un spray de tinta penetrante y un revelador. Además se necesita también: guapes limpios, grata o cepillo metálico, thinner y equipo de protección como guantes y mascarilla.



Figura 4.54. Kit de tintas penetrantes y demás aditamentos utilizados.

Para la aplicación de este método se siguen los siguientes pasos:

1. Limpieza de la superficie (thinner, grata, brocha, guaípe), remoción de óxidos, polvo, grasa u otros elementos.



Figura 4.55. Limpieza de la superficie.

2. Aplicación de la tinta penetrante, luego de lo cual se debe esperar 15 minutos antes de limpiar el exceso de tinta y aplicar el revelador.



Figura 4.56. Aplicación de la tinta penetrante.

3. Limpieza del exceso de tinta. Es necesario tener cuidado de no aplicar demasiado limpiador, una vez aplicado retirar el exceso de tinta con un guaipe limpio.



Figura 4.57. Limpieza del exceso de tinta.

4. Aplicación del revelador. Una vez aplicado se debe esperar un lapso de 10 minutos para que se hagan visibles fisuras, porosidades o cualquier otro tipo de anomalía.



Figura 4.58. Aplicación del revelador.

Es importante revisar las indicaciones que vienen con cada kit de tintas penetrantes ya que dependiendo del fabricante o del tipo de tintas el procedimiento descrito anteriormente puede variar.

La mayoría de las placas base se encuentran en buenas condiciones por lo que se realiza este ensayo a las que a simple vista presentan problemas. A continuación se muestran algunas fotografías los resultados más explícitos de los ensayos realizados.



Figura 4.59. Presencia de corrosión bajo la protección anticorrosiva de la placa base "A".

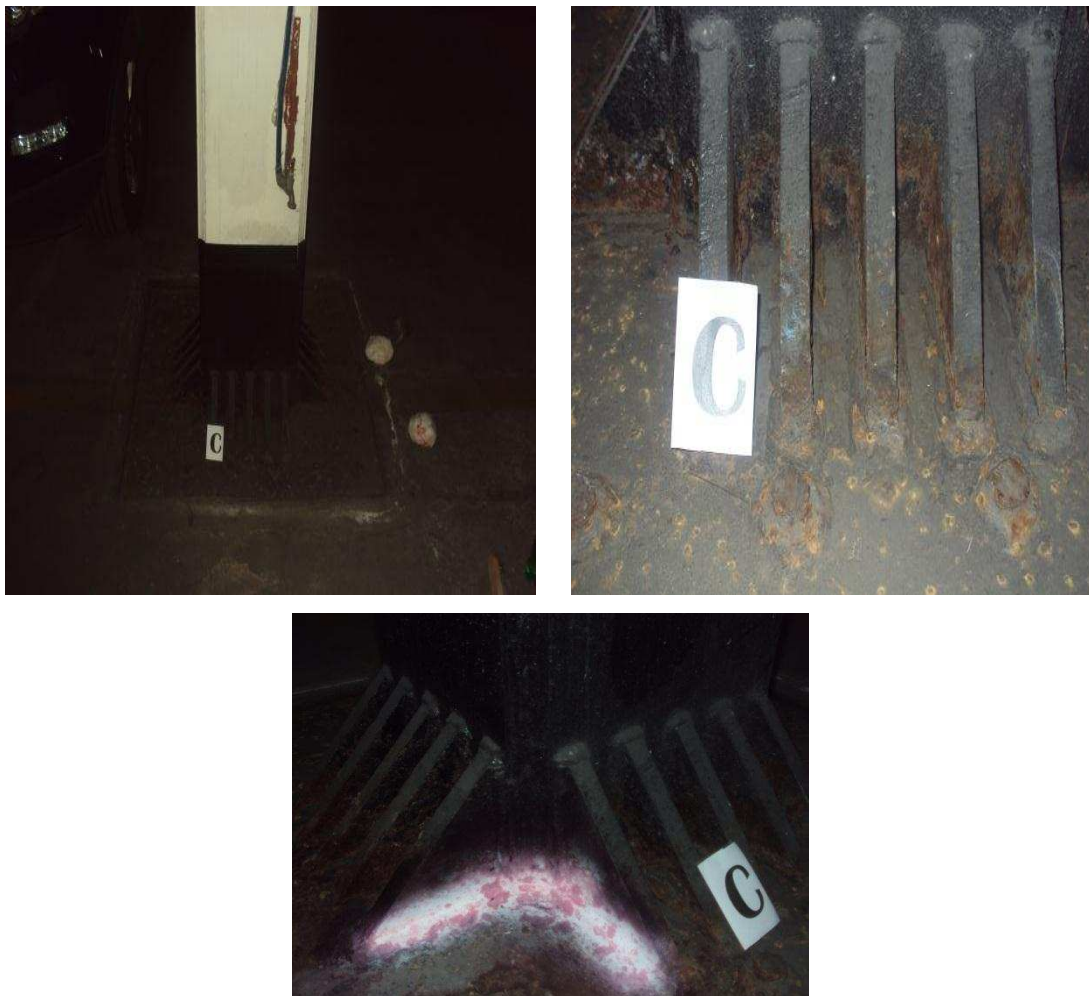


Figura 4.60. Corrosión agresiva en placa base "C" agravada por la existencia de una toma de agua en su columna.



Figura 4.61. Corrosión agresiva en placa base “O” agravada por la existencia de una toma de agua en su columna.

Los por menores de cada una de las inspecciones detallada y auxiliar del edificio tipo se presentan mediante informes impresos de Access 2010 en el Anexo 11, generados por el software de mantenimiento.

4.9 INSTRUCCIONES TECNICAS DE MANTENIMIENTO

Estas serán generadas por el responsable del mantenimiento con el objetivo de establecer lineamientos específicos para ejecutar una Tarea de Mantenimiento correctiva o preventiva.

Las IT's de Mantenimiento desarrolladas en el presente trabajo se muestran mediante informes impresos de Access 2010 en el Anexo 12, generados por el software de mantenimiento.

4.10 PLAN DE MANTENIMIENTO

Una vez analizados minuciosamente todos los fallos, se procede a diseñar un Plan de Mantenimiento, cuyo objetivo primordial contempla el solucionar problemas presentes y prevenir futuros daños mediante intervenciones correctivas como reparaciones o preventivas como inspecciones de rutina y recolección de datos.

Es muy importante recalcar que el Plan de Mantenimiento deberá ser actualizado luego del desarrollo de cada intervención, es decir una vez concluida una Tarea de Mantenimiento sobre un elemento o sector del edificio, deberá generarse otra sobre ese mismo elemento o sector, a excepción de las tareas de mantenimiento correctivo que se presentan de manera inesperada y no obedecen un periodo de tiempo.

Todo lo realizado en el presente trabajo hasta este punto ha permitido desarrollar el Plan de Mantenimiento para el edificio tipo, el mismo que se genera en el software de mantenimiento y presenta impreso mediante informes de Access 2010 en el Anexo 13.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO – EDIFICIO TIPO

5.1 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

5.1.1 COSTO

El Costo o Coste es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio. Dicho en otras palabras, el costo es el esfuerzo económico (el pago de salarios, la compra de materiales, la fabricación de un producto, la obtención de fondos para la financiación, la administración de la empresa, etc.) que se debe realizar para lograr un objetivo operativo.

De acuerdo a la clasificación primaria de los costos se puede ver que este se subdivide en costos fijos y costos variables.

5.1.1.1 Costos Fijos

Estos costes son soportados por las empresas de manera independiente a la cantidad producida, en consecuencia el coste no aumenta cuando sube la cantidad producida, ni baja cuando lo hace la cantidad producida e incluso en el caso extremo hay que soportarlos aun cuando la cantidad producida sea nula. Son principalmente los valores o rubros de sueldo de las personas que laboran en la empresa además de los costos de mantenimiento de los diferentes equipos y maquinarias.

5.1.1.2 Costos Variables

Este tipo recoge aquellos costes que varían al mismo ritmo que la producción o cantidad de trabajo. Es relevante señalar que la clasificación de variable corresponde al costo total, esto es, que en la medida que cambie el elemento que lo hace variar en su totalidad variará proporcionalmente, sin embargo en términos unitarios en un escenario de economía perfecta y precios constantes, un costo que aparece como variable a nivel total tiene un comportamiento fijo a nivel unitario.

De acuerdo a la clasificación anterior se tiene que para el presente proyecto el análisis óptimo es el de costos unitarios.

A continuación se da una clasificación de costos variables.

5.1.2 COSTOS UNITARIOS

El presente análisis requiere del conocimiento completo de todas las actividades que se van a realizar durante el mantenimiento además de la necesidad de contar con precios de materiales y costo de mano de obra y maquinaria.

5.1.2.1 Factor de utilización

Este valor esta relacionado, como su nombre lo dice, con el tiempo que se utiliza una determinada maquinaria o el tiempo que le lleva a una persona desarrollar una determinada actividad.

5.1.2.2 Rendimiento

Tiene que ver con la eficacia con la que un proyecto es desarrollado.

5.1.2.3 Formato para análisis de costos unitarios

Para el análisis de este tipo de costos es necesario dividirlo en rubros, los cuales son: equipos, mano de obra, materiales, transporte. Además de costos directos, costos indirectos, gastos generales, utilidades, fiscalización e impuestos. Algunos de los cuales antes citados necesitan ser identificados claramente por lo que a continuación se dará una breve explicación.

5.1.2.3.1 Mano de obra

Es el costo de la mano de obra necesaria para las distintas actividades a realizarse dentro de la actividad de mantenimiento.

5.1.2.3.2 Materiales

Dentro de cada actividad de mantenimiento son los consumibles que se utilizan.

5.1.2.3.3 Indirectos

Son los costos que no se relacionan directamente con la actividad desarrollada pero son necesarios para el funcionamiento de una empresa.

Tabla 5.1. Cuadro de Costos Indirectos.

CARGOS ADMINISTRATIVOS				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Agua				
Energía Eléctrica				
Telefonía				
Alquileres de oficina				
Secretaria				
Gerente General				
Gerente Financiero				
Contador General				
Mensajero				
Seguro de accidentes				
Vehículo de oficina				
GASTOS OPERATIVOS NO DIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Transporte planta – obra				
Agua				
Energía eléctrica				
Jefe de planta				
Residente de obra				
Renta mensual bodegas				
Renta mensual de oficinas				
Bodeguero				
Inspector END				
Jefe del Dpto. Cálculo				
Jefe del Dpto. Diseño				
GASTOS DE VENTAS				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Publicidad				
Telefónica				
Vendedor				
Transporte				
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				

Como resumen de lo anteriormente citado se tiene la siguiente tabla para el análisis de costos.

Tabla 5.2. Formato para análisis de Costos Unitarios.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:

UNIDAD:

RENDIMIENTO:

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
PARCIAL:(M)						

MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
PARCIAL:(N)						

MATERIALES						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
PARCIAL:(O)						

TRANSPORTE						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
PARCIAL:(P)						

TOTAL COSTOS DIRECTOS	Q=(M+N+O+P)		
COSTOS INDIRECTOS:	10%Q		

(R) Gastos Generales	10%Q		
(S) Utilidades	10%(Q+R)		
(R) Fiscalización	4%(Q+R+S)		
(R) Impuestos	2%(Q+R+S+T)		
PRECIO UNITARIO TOTAL			

5.1.3 ANÁLISIS DE COSTOS POR TAREA A REALIZARSE

Las principales tareas a realizarse dentro del plan de mantenimiento del edificio son las que se encuentran listadas a continuación:

5. Reparación de la corrosión existente y remplazo el recubrimiento anticorrosivo en conexiones de columnas, vigas principales y vigas secundarias en subsuelos 1,2 y 3.
 - Limpieza y remoción de pintura anterior
 - Limpieza de corrosión.
 - Pintura base anticorrosiva
 - Pintura esmalte

6. Reparación de grietas y fisuras en muros de subsuelos 1, 2, y 3.
 - Colocación de grapas metálicas
 - Colocación sellador de fisuras
 - Pintura de muro

7. Reparación de grietas y fisuras en muros de escaleras.
 - Colocación de grapas metálicas
 - Colocación sellador de fisuras
 - Pintura de muro

8. Reparación de grietas y fisuras en muros de pasillos de pisos superiores.
 - Colocación de grapas metálicas
 - Colocación sellador de fisuras
 - Pintura de muro

9. Reparación de grietas y fisuras en pisos de pasillos de pisos superiores.
 - Colocación de grapas metálicas
 - Colocación sellador de fisuras
 - Colocación de nueva baldosa

10.Reparación de grietas y fisuras en terraza.

- Colocación de grapas metálicas
- Colocación sellador de fisuras
- Colocación de placa de aluminio impermeable

11.Reparación de soldaduras en pasamanos de escaleras y uniones varias.

- Limpieza de superficie
- Soldadura de junta dañada
- Pintura

12.Cambio de localización de grifos existentes en el subsuelo 1.

Se realizará su respectivo análisis de costos para cada una de las actividades descritas anteriormente.

5.1.3.1 Tarifas de maquinaria e insumos

Debido a la necesidad de realizar las actividades anteriores se hace necesario contar con las herramientas que se describe a continuación.

La siguiente información se ha tomado de la revista Construcción de la Cámara de Construcción de Quito en su edición No. 221 de Marzo-Abril 2012.

Para la realización de las tareas antes mencionadas se hace necesario contar con los siguientes equipos.

La persona a cargo de la delegación de actividades e inspección de cumplimiento de los trabajos es el ingeniero a cargo, quien a su vez es responsable del estudio estructural del edificio y creación de rutinas de mantenimiento preventivo.

Tabla 5.3. Características de herramientas necesarias para el mantenimiento.

HERRAMIENTA	CARACTERÍSTICAS
LIMPIEZA PATÍN INFERIOR	
Amoladora	2500 W, 8500 rpm
Grata	
PINTURA DE PATÍN INFERIOR DE VIGAS	
Compresor	2 HP, 10 ft ³ /min, 140 psi
Pistola	1 litro
Base de pintura anticorrosiva	
Pintura esmalte color blanco	
LIMPIEZA PLACAS BASE	
Amoladora	2500 W, 8500 rpm
Grata	
Cepillo metálico	
Soldadora	220V, 225AMP, SMAW
PINTURA DE PLACAS BASE	
Compresor	2 HP, 10 ft ³ /min, 140 psi
Pistola	1 lt
Base de pintura anticorrosiva	
Pintura color negro	
CORRECCIÓN DE FISURAS EN MUROS	
Grapas para material de mampostería	Acero galvanizado
Pistola de grapas para muros	
Sellador de fisuras	
CORRECCIÓN DE FISURAS EN TECHO	
Impermeabilizante	
Placa flexible de aluminio	
CAMBIO LOCALIZACIÓN GRIFOS SUBSUELO	
Cizalla para tubería	
Cierra metálica	
Tubería PVC	
CORRECCIÓN FISURAS DE PASAMANO	
Soldadora	220V, 225AMP, SMAW

Como se puede observar en la tabla anterior se requiere de la utilización constante de la mayoría de maquinaria por lo que es prudente comprarlos en lugar de alquilarlos.

A continuación se presenta la tabla resumen de los costos de equipos mano de obra y materiales.

Tabla 5.4. Tarifa de costo horario para herramientas.

TARIFA DE EQUIPOS					
Nº	DETALLE	CANT.	COSTO (USD)	COSTO HORARIO (USD)	REFERENCIA
1	Amoladora	2	200	1.31	Revista Construcción
2	Soldadora SMAW	1	400	1.90	Revista Construcción
3	Compresor	1	550	14	Reglamento Técnico
4	Pistola para grapas	1	180	0.85	Revista Construcción

Tabla 5.5. Tarifa de costo de mano de obra.

TARIFAS MANO DE OBRA					
Nº	Detalle	Número	Salario Mensual	Costo horario(USD)	referencia
1	Ingeniero	1	1500	9.5	Revista Construcción
2	Pintor	2	320	2.58	Revista Construcción
4	Ayudante de pintor	4	295	1.85	Revista Construcción
5	Soldador	1	320	2.58	Revista Construcción
6	Ayudante de Soldador	1	295	1.85	Revista Construcción
7	Albañil	1	320	2.58	Revista Construcción
8	Ayudante de albañil	2	295	1.85	Revista Construcción

Tabla 5.6. Tarifa de costo de materiales.

TARIFA DE MATERIALES						
Nº	DETALLE	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total (USD)	Fuente
1	Disco abrasivo	10	u	6	60	Revista Construcción
2	Lija N 80	50	u	0.39	19.50	Revista Construcción
3	Grata	5	u	3.50	17.50	Revista Construcción
4	Base pintura	30	4000 cc	13.37	401.1	Revista Construcción
5	Esmalte blanco	15	4000 cc	16.08	241.20	Revista Construcción
6	Pintura látex	5	4000 cc	13.60	68	Revista Construcción

7	Cepillo metálico	10	u	14.30	143	Revista Construcción
8	Pistola para pintura	2	u	12.50	25	Revista Construcción
9	Esmalte negro	15	4000 cc	16.08	241.20	Revista Construcción
10	Grapas para muro	200	u	0.25	50	Revista Construcción
11	Pistola para grapas	1	u	50	50	Revista Construcción
12	Sellador de juntas para mampostería (techo y muros)	40	lt	11.97	478.80	Revista Construcción
13	Placa de aluminio impermeabilizante	20	m	12.38	247.60	Revista Construcción
14	Terraja para tubería plástica	1	u	18.50	18.50	Revista Construcción
15	Tubería PVC	10	6 m	8.13	80.13	Revista Construcción
16	Codos PVC ½"	10	u	0.83	8.30	Revista Construcción
17	Unión PVC ½"	10	u	0.43	4.30	Revista Construcción
18	T PVC ½"	5	u	0.45	2.25	Revista Construcción
19	Cierra metálica	2	u	6.25	12.50	Revista Construcción
20	Electrodo 6011	10	kg	3.83	38.30	Revista Construcción
21	Brochas	10	u	1.25	12.50	Revista Construcción

Como se puede observar dentro del Anexo 13, se realizó la planificación de las tareas de mantenimiento que contemplan la corrección de fallas y el posterior seguimiento que se debe realizar a los distintos elementos estructurales.

La delegación del trabajo, es decir el grupo de personas inmersas en el presente procedimiento de mantenimiento tendrá que desarrollar ciertas actividades, mismas que se encuentran enlistadas a continuación:

1. Reparación de la corrosión existente y remplazo del recubrimiento anticorrosivo en conexiones de columnas, vigas principales y vigas secundarias tanto como bases y conexiones soldadas en subsuelos 1,2 y 3.
 - Personal: 2 pintores y 4 ayudantes

- Tiempo: 1 semana por nivel hasta completar los tres niveles correspondientes a los 3 subsuelos.
2. Reparación de grietas, filtraciones de agua y eliminación de humedad en muros de subsuelos 1, 2, y 3.
- Personal: 1 albañil y un ayudante
 - Tiempo: 1 semana por nivel hasta completar los tres niveles correspondientes a los 3 subsuelos.
3. Reparación de grietas, eliminación de humedad y pintura de muros de pasillos y escaleras.
- Personal: 1 Albañil y 2 ayudantes
 - Tiempo: 1 semana
4. Reparación de grietas y fisuras de techo y barandales.
- Personal: 1 Albañil y 2 ayudantes
 - Tiempo: 1 semana
5. Reparación y refuerzo de pasamanos; soldadura en elementos que se requiera.
- Personal: 1 Soldador y 1 ayudante
 - Tiempo: 1 semana
-
- Cambio de localización de grifos existentes en el subsuelo 1.
 - Personal: 1 Albañil y 1 ayudante
 - Tiempo: 2 días

5.1.4 COSTO UNITARIO POR ACTIVIDAD A REALIZARSE

Con los datos anteriormente recopilados y el formato de costo unitario se procede a realizar el análisis de costo unitario por tarea a realizarse.

Tabla 5.7. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 1.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**ACTIVIDAD:**

1

UNIDAD:

m/h

RENDIMIENTO:

120

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Amoladora	2	1.31	1	2.62	0.022	0.25%
Compresor	1	14	1	14	0.117	1.31%
PARCIAL:(M)					0.139	1.56%

MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Pintor	2	2.58	1	5.16	0.043	0.5%
Ayudante	4	1.85	1	7.4	0.062	0.7%
PARCIAL:(N)					0.105	1.2%

MATERIALES					
Descripción	Unidad	Costo	Factor de Utilización	Costo	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	
Disco abras.	1	6	0.1	0.60	6.8%
Lija N80	1	0.39	1	0.39	4.4%
Pintura antic.	1	13.37	0.2	2.67	30.1%
Pintura blanc.	1	16.08	0.2	3.22	36.2%
Grata	1	17.5	0.1	1.75	19.7%
PARCIAL:(O)				8.63	97.3%

TOTAL COSTOS DIRECTOS:	Q=(M+N+O)	8.87	100%
-------------------------------	------------------	------	------

(R) Gastos Generales	10%Q	0.89
(S) Utilidades	10%(Q+R)	0.98
(T) Fiscalización	4%(Q+R+S)	0.43
(U) Impuestos	2%(Q+R+S+T)	0.22
PRECIO UNITARIO TOTAL		11.39

Tabla 5.8. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 2.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ACTIVIDAD:			UNIDAD:			RENDIMIENTO:
2			m/h			120
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Compresor	1	14	1	14	0.12	1.73%
PARCIAL:(M)					0.12	1.73%
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Albañil	1	2.58	1	2.58	0.02	0.32%
Ayudante	1	1.85	1	1.85	0.02	0.23%
PARCIAL:(N)					0.04	0.55%
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Costo	Factor de Utilización	Costo		%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)		
Grapas	5	0.25	1	1.25		18.56%
Pistola grap.	1	0.39	0.01	0.00		0.06%
Brochas	1	1.25	0.3	0.38		5.57%
Pintura latex	1	13.6	0.1	1.36		20.20%
Sellador junt	0.3	11.97	1	3.59		53.33%
PARCIAL:(O)				6.58		97.72%
TOTAL COSTOS DIRECTOS:				Q=(M+N+O)	6.73	100%
(R) Gastos Generales				10%Q	0.67	
(S) Utilidades				10%(Q+R)	0.74	
(T) Fiscalización				4%(Q+R+S)	0.33	
(U) Impuestos				2%(Q+R+S+T)	0.17	
PRECIO UNITARIO TOTAL					8.64	

Tabla 5.9. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 3.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**ACTIVIDAD:**

3

UNIDAD:

m/h

RENDIMIENTO:

40

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Compresor	1	14	1	14	0.350	4.94%
PARCIAL:(M)					0.350	4.94%

MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Albañil	1	2.58	1	2.58	0.065	0.91%
Ayudante	2	1.85	1	3.7	0.093	1.31%
PARCIAL:(N)					0.157	2.22%

MATERIALES						
Descripción	Unidad	Costo	Factor de Utilización	Costo	%	
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)		
Grapas	5	0.25	1	1.250	17.64%	
Pistola grap.	1	0.39	0.01	0.004	0.06%	
Pintura látex	1	13.6	0.1	1.360	19.19%	
Brocha	1	1.25	0.3	0.375	5.29%	
Sellador junt	0.3	11.97	1	3.591	50.67%	
PARCIAL:(O)				6.580	92.85%	

TOTAL COSTOS DIRECTOS:	Q=(M+N+O)	7.087	100%
-------------------------------	------------------	-------	------

(R) Gastos Generales	10%Q	0.71
(S) Utilidades	10%(Q+R)	0.78
(T) Fiscalización	4%(Q+R+S)	0.34
(U) Impuestos	2%(Q+R+S+T)	0.18
PRECIO UNITARIO TOTAL		9.10

Tabla 5.10. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 4.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**ACTIVIDAD:**

4

UNIDAD:

m/h

RENDIMIENTO:

40

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Compresor	1	14	1	14	0.350	3.09%
PARCIAL:(M)					0.350	3.09%

MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Albañil	1	2.58	1	2.58	0.065	0.57%
Ayudante	2	1.85	1	3.7	0.093	0.82%
PARCIAL:(N)					0.157	1.38%

MATERIALES					
Descripción	Unidad	Costo	Factor de Utilización	Costo	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	
Grapas	7	0.25	1	1.750	15.43%
Pistola grap.	1	0.39	0.01	0.004	0.03%
Lámina met.	1	12.38	0.25	3.095	27.29%
Sellador junt	0.5	11.97	1	5.985	52.77%
PARCIAL:(O)				10.834	95.53%

TOTAL COSTOS DIRECTOS:	Q=(M+N+O)	11.341	100%
-------------------------------	------------------	--------	------

(R) Gastos Generales	10%Q	1.13
(S) Utilidades	10%(Q+R)	1.25
(T) Fiscalización	4%(Q+R+S)	0.55
(U) Impuestos	2%(Q+R+S+T)	0.29
PRECIO UNITARIO TOTAL		14.56

Tabla 5.11. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 5.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**ACTIVIDAD:**

5

UNIDAD:

m/h

RENDIMIENTO:

40

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Amoladora	1	1.31	1	1.31	0.03	0.25%
Soldadora	1	1.9	1	1.9	0.05	0.36%
PARCIAL:(M)					0.08	0.61%

MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Soldador	1	2.58	1	2.58	0.06	0.49%
Ayudante	1	1.85	1	1.85	0.05	0.35%
PARCIAL:(N)					0.11	0.85%

MATERIALES						
Descripción	Unidad	Costo	Factor de Utilización	Costo		%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)		
Electrodos	3	3.83	0.25	2.87		21.93%
Disco abras.	1	6	0.30	1.80		13.74%
Lija N 80	2	0.39	0.25	0.20		1.49%
Pintura negra	1	16.08	0.50	8.04		61.38%
PARCIAL:(O)				12.91		98.54%

TOTAL COSTOS DIRECTOS:	Q=(M+N+O)	13.10	100%
-------------------------------	------------------	-------	------

(R) Gastos Generales	10%Q	1.31
(S) Utilidades	10%(Q+R)	1.44
(T) Fiscalización	4%(Q+R+S)	0.63
(U) Impuestos	2%(Q+R+S+T)	0.33
PRECIO UNITARIO TOTAL		16.81

Tabla 5.12. Análisis de Costos Unitarios en Tarea de Mantenimiento 6.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ACTIVIDAD:		UNIDAD:			RENDIMIENTO:	
6		m/h			16	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Factor de Utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)	D=C/R	
Albañil	1	2.58	1	2.58	0.16	1.63%
Ayudante	1	1.85	1	1.85	0.12	1.17%
PARCIAL:(N)					0.28	2.79%
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Costo	Factor de Utilización	Costo		%
	(A)	(B)	(F)	(C)=(A)(B)(F)		
Tubería PVC	1	8.13	1	8.13		82.00%
Codos PVC	1	0.83	1	0.83		8.37%
Unión PVC	1	0.43	1	0.43		4.34%
Terraja	1	18.5	0.01	0.19		1.87%
Cierra	1	6.25	0.01	0.06		0.63%
PARCIAL:(O)				9.64		97.21%
TOTAL COSTOS DIRECTOS:				$Q=(M+N+O)$	9.91	100%
(R) Gastos Generales	10%Q			0.99		
(S) Utilidades	10%(Q+R)			1.09		
(T) Fiscalización	4%(Q+R+S)			0.48		
(U) Impuestos	2%(Q+R+S+T)			0.25		
PRECIO UNITARIO TOTAL					12.73	

5.1.5 COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO

Además de los costos anteriormente citados por la ejecución de las actividades se necesita incluir el valor del sueldo del Ingeniero a cargo y el resumen de costo será el siguiente.

Tabla 5.13. Análisis de Costo Total de Mantenimiento.

Actividad	Costo Unitario	Horas	Total
1	11.39	120	1366.72
2	8.64	120	1037.15
3	9.10	40	363.86
4	14.56	40	582.27
5	16.81	40	672.51
6	12.73	16	203.61
Ingeniero	9.38	376	3526.88
			7753.00

CONCLUSIONES GENERALES

- En el Ecuador las construcciones con estructura de acero han proliferado en tal magnitud que en la actualidad se presenta como una de las principales formas de construcción para edificios en el país.
- Debido a que el acero es un material propenso a la corrosión, este aspecto debe ser tomado en cuenta al momento de levantar una edificación como son: recubrimientos anticorrosivos, protección catódica y otros.
- Para la reparación de los distintos elementos dentro de una estructura metálica se debe seguir determinados procedimientos, probados por la práctica o diseñados en base investigación y ensayos; para así, devolverles, a los elementos afectados, sus características iniciales.
- Existen diversas formas de elaborar perfiles utilizados en estructuras metálicas, entre los que se tienen perfiles conformados en caliente y soldados. Los perfiles soldados presentan la característica de poder adaptarse a las necesidades del diseñador mientras que los perfiles conformados vienen con su geometría establecida de fábrica. Al ser confeccionados en base a la unión de placas mediante soldadura, los perfiles soldados, son adaptados para solicitaciones específicas, como es el caso de las vigas no prismáticas del edificio tipo, en las cuales, el espesor de la lámina utilizada cambia de acuerdo a la necesidad.
- La resistencia de las vigas soldadas es diferente a las vigas conformadas, a pesar de que las dos posean de la misma geometría básica. Las últimas poseen una mayor capacidad de carga.
- La utilización de acero-hormigón presenta varios beneficios como material compuesto. En el presente trabajo se encontró este tipo de material en cimentaciones, losas y columnas.
- Las losas deck presentan grandes beneficios al momento de ser colocadas en una construcción, entre los cuales se tiene: reducción del espesor de la losa y por ende reducción de peso de la misma, y excelentes características de resistencia otorgadas por la forma específica de su geometría.
- Para el diseño y análisis de una estructura se toma como referencia ciertas especificaciones y datos del Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC). El cual dentro de su cuerpo presenta los diferentes estados de carga además de

las combinaciones de las mismas con las que deben ser analizados las estructuras.

- Para transformar secciones a otras equivalentes se utilizan fórmulas establecidas por el AISC que ayudan al modelado de la estructura en los diferentes programas.
- El programa SAP2000 permite el análisis del estado de carga de una estructura en función de una determinada norma.
- La malla en que se dividan las áreas de losas y muros debe ser la menor posible con el fin de obtener una distribución de carga con una mayor aproximación a la real.
- La Inspección Preliminar permite identificar en breves rasgos el estado de la estructura y evaluar en primera instancia la habitabilidad del edificio.
- La información de la Inspección Preliminar es ratificada mediante la Inspección Visual y en caso de necesitarse una Inspección Detallada se procede con la misma con el fin de verificar claramente el estado de un elemento o sector determinado de la estructura.
- La base de datos generada en Microsoft Access 2010, permite registrar y consultar toda la información requerida para el desarrollo de un Plan de Mantenimiento organizado y efectivo.
- El contar con un Plan de Mantenimiento basado en acciones preventivas permite la disminución de operaciones de mantenimiento correctivo y representa a largo plazo una reducción de costos en reparación de daños y un aumento de la confiabilidad, seguridad y plusvalía de la edificación.

CONCLUSIONES DEL EDIFICIO TIPO

- Luego de examinarse el diseño del edificio con el programa SAP2000 bajo la norma AISC-ADS89, la relación demanda capacidad (en función del estado de carga mas exigente) para los siguientes elementos excede el valor de 1: VS23N1, B1B2N1, VS3N1, A1A2N1, VS23N2, B1B2N2, A1A2N2, VS3N2, VS3N3, VS17N5, VS25N5, VS27N6, F1G1N6, VS27N7, VS27N8, VS27N9, VS27N10, VS27N11, VS27N12, VS29N12, F1G1N12, F1G1N13, F2G2N14, B1B2N15, VS33N15, VS36N15, VS37N15, F1G1N15, F1F2N15, VS44N15 y F2G2N15. Si bien, por el momento no presentan mayor problema, es debido a que las solicitaciones aplicadas a la estructuras son de menor magnitud que la máxima combinación de carga simulada. En el caso de producirse algún fenómeno que presente este tipo de combinación de carga extrema, el edificio podría sufrir daños de gran magnitud.
- Los valores de las deflexiones medidas en las vigas N1VS13, N1VS14, N1VS29 y N2VS24 no sobrepasan el valor máximo establecido por el IBC 2006, pero son muy cercanos.
- Los valores de las deflexiones medidas en las vigas N1VS23, N1VS24, N1VS33 y N2VS33, igualan o sobrepasan el valor máximo establecido por el IBC 2006. Lo cual es un indicador de que esos elementos han fallado y deben generarse acciones correctivas de inmediato.

RECOMENDACIONES GENERALES

- El responsable a cargo del mantenimiento de la edificación deberá poseer un buen nivel de conocimiento sobre Access 2010, a fin de evitar acciones descuidadas e inadecuadas que terminen en el peor de los casos en la pérdida de toda o gran parte de la información almacenada en la base de datos.
- El procedimiento de mantenimiento preventivo deberá incluir procedimientos detallados que deben ser completados en cada inspección o ciclo.
- Antes del desarrollo de cualquier proceso de mantenimiento preventivo o correctivo, es importante conocer toda la información relevante como por ejemplo: contraindicaciones de uso, equipos complementarios, acciones de emergencia, equipos de protección, en sí , todo el respaldo teórico que garantice una correcta ejecución del procedimiento de mantenimiento y a la vez permita tomar las precauciones de seguridad pertinentes.
- En el estudio estructural se encontró que algunos elementos fallan al soportar la combinación de carga que más exige a la misma. Se debe realizar un seguimiento de estos y si es necesario reforzar los elementos.
- Es importante cumplir con todas las intervenciones programadas en el Plan de Mantenimiento ya que de esta manera se podrá recuperar y/o mantener las características iniciales y de operación de la estructura.

RECOMENDACIONES DEL EDIFICIO TIPO

- Como se conoce se debe evitar el contacto metal-metal debido a que se puede crear corrosión galvánica entre aquellos elementos. En ciertos sectores de las rejillas de los subsuelos se presenta este fenómeno por lo que se hace necesario repararlo.
- Los gases de escape de los automotores de los subsuelos están compuestos por elementos que forman atmósferas altamente corrosivas que afectan a las vigas presentes en este sector. Razón por lo cual se necesita reparar el recubrimiento anticorrosivo dañado. Además de lo anterior, es factible la implementación de un sistema de extracción de gases para disminuir el efecto que estos elementos tienen sobre las vigas de estos niveles.

- Con el fin de reducir la incertidumbre, como una intervención posterior de mantenimiento preventivo se deberá resolver la estructura minuciosamente en función a datos reales de carga y resistencia de los materiales de los elementos estructurales, para esto se deberá contemplar la extracción de probetas de todos los elementos. Se puede utilizar también un programa que permita realizar una aproximación mayor como puede ser ETABS, o como otra opción se podría reunir un quipo que tome datos, calcule y verifique manualmente el diseño y estado de carga del edificio.
- .Para las vigas cuyo valor real de deflexión es cercano, igual o sobrepasa el máximo establecido por el IBC, se debe calcular el sistema de refuerzo y detallar el procedimiento para la implementación del mismo, especificando: lista de materiales y equipos, fecha de intervención, procedimiento, personal, planos, medidas de seguridad y equipos de protección personal.

BIBLIOGRAFIA

1. BROCKENBROUGH ROGER; MERRITT FREDERICK, Diseño de Estructuras de Acero, Ed. Mc Graw Hill, Colombia, 1997, 2º edición, Tomo 1.
2. BRESLER BORIS; LIN T.; SCALZI JOHN, Diseño de Estructuras de Acero, Ed. Limusa, México, 1997, 2º edición.
3. ANDRADE DE MATTOS DÍAS LUIS, Estructuras de Acero: conceptos técnicas y lenguaje, Ed. Zigurate Editora e Comercial Ltda. ILAFA, 2006.
4. McCORMAC JACK C., Diseño de Estructuras de Acero: Método LRFD, Ed. Alfaomega, México, 2003, 2º edición.
5. BOWLES JOSEPH E., Diseño de Acero Estructural, Ed. Limusa, México, 1996, 1º edición.
6. CRESPO VILLALAZ C., Mecánica de Suelos y Cimentaciones; Limusa, México, 1999.
7. INTERNATIONAL CODE COUNCIL, International Building Code, U.S.A., 2006.
8. GARCES D., ZALDUMBIDE J.; Mantenimiento de Puentes Colgantes con Estructura de Acero; Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico EPN; 2006.
9. <http://www.arqhys.com/tutoriales/2009/11/armaduras-y-su-eficiencia-estructural.html>
10. http://books.google.com.ec/books?id=oollpZDyXzEC&pg=PA12&lpg=PA12&dq=conexion+con+esparragos+soldados&source=bl&ots=RhhzHEZfSt&sig=jCdDVxhkQlpogbYmF6bgbadmQ8s&hl=es&ei=0s7FTtTuDY6gsQKF1uD3Cg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false

11. <http://www.parro.com.ar/definicion-de-estructura+reticular>
12. <http://avances-cientificos-notables.blogspot.com/p/grandes-construcciones.html>
13. <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/1594df24-7a58-4fa9-8638-23dad7b60609/37455/CAPITULOIborde.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

**ESTACIONES UBICADAS POR EL INAMHI Y
VELOCIDADES DE VIENTO POR ESTACIÓN**

Wind Ecuador⁴⁶				
ID	No Est	NOMBRE	INAMHI	Wind_Vel (m/s)
1	1	San Cristobal	M221	15
2	2	El progreso Socavón	M193	14
3	3	Cayapas	M154	3
4	4	Esmeraldas-Inocar(Las palmas)	M269	16
5	5	Muisne	M153	12
6	6	San Gabriel	M103	8
7	7	Cahuasqui-FAO	M107	4.5
8	8	El Angel	M102	16
9	9	El Caramelo	M101	8
10	10	Inguincho	M001	18
11	11	Otavalo	M105	14
12	12	Olmedo-Pichincha	M023	18
13	13	La concordia	M025	10
14	14	San Antonio de Pichincha	M115	10
15	15	Tomalón-Tabacundo	MA2T	20
16	16	Tumbaco	M114	12
17	17	Jama	M167	12
18	18	El Cármen	M160	6
19	19	La tola	M002	16
20	20	Quito-Iñaquito	M024	10
21	21	Palmorente-Huashito	M293	12
22	22	Izobamba	M003	9.8
23	23	Papallacta	M188	12
24	24	Puerto ILA	M026	8
25	25	Chone	M162	6
26	26	San Lorenzo	M224	5
27	27	Inmoriec-El Vergel	M283	4
28	28	Manta Inocar	M047	12
29	29	Rocafuerte	M165	10
30	30	Pilalo	M122	10
31	31	Rumipamba - Salcedo	M004	13
32	32	Tena	M070	10
33	33	Nuevo Rocafuerte	M007	8

⁴⁶ INAMHI; Velocidades del Viento en el Ecuador; PDF [en línea]; [Fecha de consulta: 03 diciembre 2011];

34	34	Portoviejo	M005	3.7
35	35	Pichilingue	M006	6
36	36	El corazón	M123	8
37	37	Pillaro	M127	10
38	38	Julcuy	M169	8
39	39	Olmedo-Manabí	M166	8
40	40	Vinces-INAMHI	M466	6
41	41	Pueblo Viejo	M172	8
42	42	Caluma	M169	10
43	43	Urbina	M390	20
44	44	Pedro Fermín Cevallos	M120	10
45	45	Querochaca-UTA	M258	20
46	46	Baños	M029	20
47	47	Puyo	M008	6
48	48	Pungales	M243	14
49	49	Camposano 2	M171	14
50	50	Babahoyo UTB	M051	4
51	51	San Pedro de Atenas	M131	10
52	52	Guaslan	M133	10
53	53	Sangay (P.Santa Ana)	M041	6
54	54	Chillanes	M130	14
55	55	Milagro Ingenio Valdez	M037	7
56	56	Ancon	M174	10
57	57	Guayaquil Inocar	M075	10
58	58	Ingenio San Carlos	M218	5
59	59	Bucay	M039	6
60	60	Chunchi	M136	18
61	61	Ingenio La Troncal	MA2U	10
62	62	Cañar	M031	12
63	63	Playas Gral. Villamil	M173	14
64	64	Naranjal	M176	8
65	65	El Labrador	M141	12
66	66	Biblian	M137	10
67	67	Paute	M138	8
68	68	Gualaceo	M139	5
69	69	Puná	M228	6
70	70	Pagua	M184	6
71	71	Machala-UTM	M185	8

72	72	Granja Santa Ines-UTM	M292	6
73	73	Yanzatsa	M190	8
74	74	Chacras	M482	6
75	75	Saraguro	M142	14
76	76	Zaruma	M180	8
77	77	Gualaquiza-INAMHI	M189	8
78	78	La Argelia-Loja	M033	17
79	79	Celica	M148	20
80	80	Gonzanama	M149	20
81	81	Malacatos	M143	10
82	82	Vilcabamba	M144	12
83	83	Cariamanga	M146	12
84	84	Zapotillo	M151	10
85	85	Yangana	M147	20

ANEXO 2

**TABLAS DEL CEC PARA DETERMINAR LAS CARGAS DE
SISMO**

FIGURA 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño

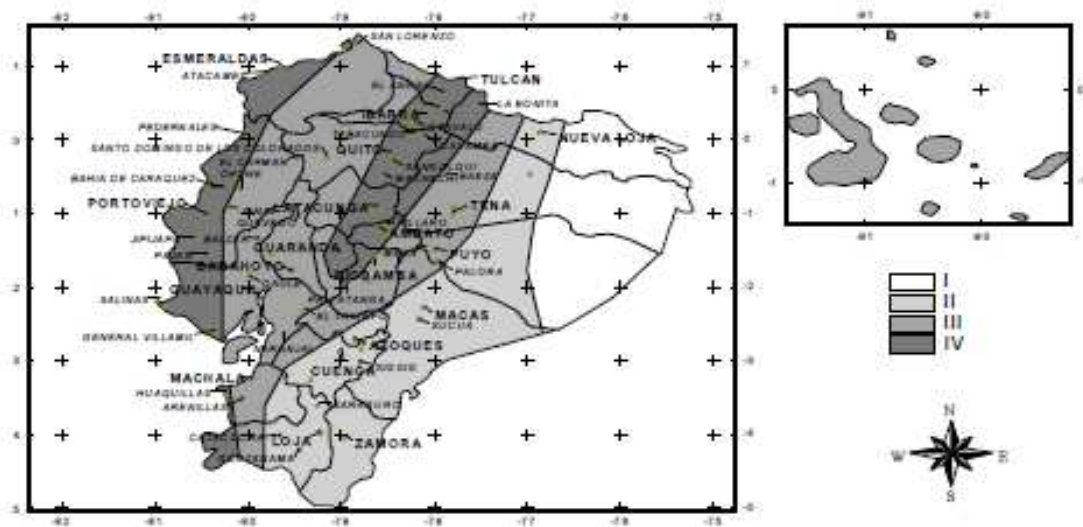


TABLA 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV
Valor factor Z	0,15	0,25	0,30	0,40

TABLA 3. Coeficiente de suelo S y Coeficiente Cm

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
S1	Roca o suelo firme	1,0	2,5
S2	Suelos intermedios	1,2	3,0
S3	Suelos blandos y estrato profundo	1,5	2,8
S4	Condiciones especiales de suelo	2,0 *	2,5

(*) = Este valor debe tomarse como mínimo, y no sustituye los estudios de detalle necesarios para construir sobre este tipo de suelos

TABLA 4. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

<i>Categoría</i>	<i>Tipo de uso, destino e importancia</i>	<i>Factor I</i>
<i>Edificaciones Esenciales y/o peligrosas</i>	<i>Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.</i>	<i>1,5</i>
<i>Estructuras de ocupación especial</i>	<i>Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.</i>	<i>1,3</i>
<i>Otras estructuras</i>	<i>Todas las estructuras de edificación v otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.</i>	<i>1,0</i>

TABLA 5. Coeficientes de configuración en planta.

<i>Tipo</i>	<i>DESCRIPCIÓN DE LAS IRREGULARIDADES EN PLANTA</i>	<i>Φ_{pl}</i>
<i>1</i>	<i>Irregularidad torsional</i> <i>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de frecuencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</i>	<i>0,9</i>
<i>2</i>	<i>Entrantes excesivos en las esquinas</i> <i>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</i>	<i>0,9</i>
<i>3</i>	<i>Discontinuidad en el sistema de piso</i> <i>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</i>	<i>0,9</i>
<i>4</i>	<i>Desplazamiento del plano de acción de elementos verticales</i> <i>Una estructura se considera irregular cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.</i>	<i>0,8</i>
<i>5</i>	<i>Ejes estructurales no paralelos</i> <i>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</i>	<i>0,9</i>
<i>6</i>	<i>Sistema de piso flexible</i> <i>Cuando la relación de aspecto en planta de la edificación es mayor que 4:1 o cuando el sistema de piso no sea rígido en su propio plano se debe revisar la condición de piso flexible en el modelo estructural.</i>	<i>-</i>

TABLA 6. Coeficientes de configuración en elevación

Tipo	Descripción de las irregularidades en elevación	Pórticos espaciales y pórticos con vigas banda ΦE_i	Sistemas duales o con diagonales ΦE_i
1	Piso blando (irregularidad en rigidez) La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.	0,9	1,0
2	Irregularidad en la distribución de las masas La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.	0,9	1,0
3	Irregularidad geométrica La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.	0,9	1,0
4	Desalineamiento de ejes verticales La estructura se considera irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento. Se exceptúa la aplicabilidad de este requisito cuando los elementos desplazados solo sostienen la cubierta de la edificación sin otras cargas adicionales de tanques o equipos.	0,8	0,9
5	Piso débil-Discontinuidad en la resistencia La estructura se considera irregular cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).	0,8	1,0
6	Columnas cortas Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.	-	-

TABLA 7. Coeficientes de reducción de respuesta estructural R

Sistema estructural	R
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente, con muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).	12
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente.	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y diagonales rigidizadoras.*	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y diagonales rigidizadoras.*	9
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.	8
Estructuras de acero con elementos armados de placas o con elementos de acero conformados en frío.	7
Estructura de aluminio.	7
Estructuras de madera.	7
Estructura de mampostería reforzada o confinada.	5
Estructuras con muros portantes de tierra reforzada o confinada.	3

* Cuando se utilizan diagonales, se debe verificar que los elementos en tensión cedan antes que los elementos en compresión.

ANEXO 3

FORMATO DE WPS PARA MANTENIMIENTO DE SOLDADURAS

ESPECIFICACION DEL PROCESO DE SOLDADURA

Nombre Compañia: WPS Precalificado: PQR de soporte: Según Norma:	N de Identificación: Realizado por: Revisado por: Fecha:
<p style="text-align: center;">JUNTA UTILIZADA</p> Soldadura a: Un lado: <input type="checkbox"/> Dos lados: <input type="checkbox"/> Preparar Junta: SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/> Método : Bisel: Abertura de raíz:	<p style="text-align: center;">TÉCNICA DE SOLDADURA</p> Proceso de soldadura: Tipo de Soldadura: Manual: <input type="checkbox"/> Automática: <input type="checkbox"/> Posición de Soldadura: Tipo de Junta: Soldadura Vertical: Ascendente: <input type="checkbox"/> Desendente: <input type="checkbox"/> Técnica: Un pase: <input type="checkbox"/> Varios Pases: <input type="checkbox"/> Limpieza: Pase de Raíz: Pases Sigüentes:
<p style="text-align: center;">METAL BASE</p> Especificación: Tipo 1: Espesor 1(T1): Espesor 2 (T2):	
<p style="text-align: center;">METAL DE APORTE</p> Marca del Electrodo: Denominación Comercial: Denominación AWS: Diámetro:	
<p style="text-align: center;">PRECALENTAMIENTO</p> Precalentamiento: SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/> Temperatura:	

NOTAS:

N° de Pase	Metal de Aporte		Corriente		Tensión de Trabajo (V)	Velocidad de Avance (cm/min)
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje		

Detalles de la Junta

ANEXO 4

FORMATO DE INSPECCION PRELIMINAR

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
PROCESO DE MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO**

IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACION

Nombre del Edificio: _____

Dirección: _____

Año de construcción: _____

Tipo de Edificación:

Departamental _____ Comercial _____ Of. Públicas _____
 Of. Privadas _____ Industrias _____ Bodegas _____
 Estacionamientos _____ Educación _____ Recreativo _____
 Otros _____

EVALUACIÓN PRELIMINAR

Nº	CONCEPTO	SI	NO	EN DUDA
1	Derrumbe			
2	Daños en la cimentación			
3	Inclinación notoria			
4	Daño en elementos estructurales			
5	Daño en muros de relleno, escaleras, balcones			
6	Daños en acabados			
7	Grietas, movimiento de suelos			
8	Edificación contigua con daños severos			
9	Balcones u otros elementos al borde de la caída			
10	Otros peligros (derrames tóxicos, fuga de gas..)			

TERRENO Y CONSTRUCCION

Posición en la manzana
 Esquina _____ Medio _____ Libre _____

Superficie total del terreno _____

Área de construcción _____

Sótano _____ Estacionam. _____ Mezanine _____
 Entrepisos _____ Apéndices _____

Detalles			

SECTORIZACION DE LA INSPECCION PRELIMINAR			
Inspección exterior	_____	Inspección Interior	_____
CIMENTACION			
Tipo	Profunda	_____	Zapatas
		_____	Otro
		_____	_____
Falla	Hundimiento	_____	Agrietamiento
		_____	Otra
		_____	_____
Estado	Bueno	_____	Regular
		_____	Malo
		_____	_____
Detalles			

MUROS			
Tipo	De contención	_____	De carga
		_____	Divisorios
		_____	_____
Falla	Desmoronamiento	_____	Agrietamiento
		_____	Rotura
		_____	_____
Estado	Bueno	_____	Regular
		_____	Malo
		_____	_____
Detalles			

PISOS			
Tipo	Loza reforzada	_____	Loza plana
		_____	Prefabricado
		_____	_____
	Loza con estruc. reticulada	_____	Otro
		_____	_____
Falla	Desmoronamiento	_____	Agrietamiento
		_____	Rotura
		_____	_____
Estado	Bueno	_____	Regular
		_____	Malo
		_____	_____
Detalles			

ESCALERAS

Tipo de escaleras	Concreto	_____	Metálico	_____	Otro	_____
Comodidad en escaleras	Buena	_____	Regular	_____	Mala	_____
Amplitud de escaleras	Poca	_____	Mediana	_____	Grande	_____
Pasamanos y/o protección	Bueno	_____	Regular	_____	Malo	_____
Iluminación	Natural	_____	Artificial	_____	No existe	_____
Ventilación	Buena	_____	Regular	_____	Mala	_____
Estado	Bueno	_____	Regular	_____	Malo	_____
	Detalles	_____				

PASILLOS

Iluminación	Natural	_____	Artificial	_____	Ambas	_____
	Buena	_____	Regular	_____	Mala	_____
Ventilación	Natural	_____	Artificial	_____	Ambas	_____
	<i>Buena</i>	_____	Regular	_____	Mala	_____
Estado	Bueno	_____	Regular	_____	Malo	_____
	Detalles	_____				

TECHO

Tipo	Losa	_____	Estruc. de acero	_____	Otro	_____
Falla	Corrosión	_____	Agrietamiento	_____	Rotura	_____

Impermeabilizante	Si	_____	No	_____
	Tipo	_____		
Hongos/musgos	Si	_____	No	_____
Jaulas para tendido de ropa	Si	_____	No	_____
Estado	Bueno	_____	Regular	_____
			Malo	_____
	Detalles	_____		

INSTALACIÓN HIDRÁULICA

Tipo de material	PVC	_____	Acero galv.	_____	Cobre	_____
Fugas o agrietamientos	Si	_____	No	_____		
Estado	Bueno	_____	Regular	_____	Malo	_____
	Detalles	_____				

INSTALACIÓN SANITARIA

		SI		NO
Goteos		_____		_____
Debidamente asegurada la tubería		_____		_____
Estado	Bueno	_____	Regular	_____
			Malo	_____
	Detalles:	_____		

INSTALACIÓN DE GAS

	SI	NO
Tuberías en buen estado	_____	_____

Tuberías debidamente identificadas	_____	_____
Fugas en tuberías	_____	_____
Válvulas y medidores en buen estado	_____	_____
Fugas en válvulas y medidores	_____	_____
Tubería en ductos aislados	_____	_____
Tanque elevado	_____	_____
Estado	Bueno _____	Regular _____
		Malo _____
Detalles:	_____	

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

	SI	NO
Caja de interruptores con tapas	_____	_____
Facilidad de acceso a cajas de distribución	_____	_____
Cables en mal estado	_____	_____
Cables sin aislamiento	_____	_____
Conexiones sulfatadas	_____	_____
Cables en contacto con estructura visible	_____	_____
Estado	Bueno _____	Regular _____
		Malo _____
Detalles	_____	

SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA

		Nivel de riesgo		
	No existe	Bajo	Intermedio	Alto
Grietas en el suelo deslaves o movimiento	_____	_____	_____	_____
Inclinación de la edificación	_____	_____	_____	_____
Choque con edificaciones vecinas	_____	_____	_____	_____
Edificaciones colindantes con problemas	_____	_____	_____	_____
Detalles	_____			

SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

		Nivel de riesgo		
EXTERIORES	No existe	Bajo	Intermedio	Alto
Vidrios	_____	_____	_____	_____
Torres de anuncios	_____	_____	_____	_____
Acabados de fachada	_____	_____	_____	_____
Balcones	_____	_____	_____	_____
Pretilos	_____	_____	_____	_____
Tanques elevados	_____	_____	_____	_____

Otros		_____	_____	_____	_____
	Detalles	_____			

	INTERIORES	No existe	Bajo	Intermedio	Alto
Muros divisorios		_____	_____	_____	_____
Cielos rasos		_____	_____	_____	_____
Lámparas		_____	_____	_____	_____
Escaleras		_____	_____	_____	_____
Elevadores		_____	_____	_____	_____
Otros		_____	_____	_____	_____
	Detalles	_____			

	INSTALACIONES	No existe	Bajo	Intermedio	Alto
Gas		_____	_____	_____	_____
Eléctricas		_____	_____	_____	_____
Hidrosanitarias		_____	_____	_____	_____
Derrames tóxicos		_____	_____	_____	_____
	Detalles	_____			

CLASIFICACIÓN

HABITABLE	_____
PRECAUCIÓN	_____
INSEGURO	_____

REPARACIONES ANTERIORES

Descripción:

Ubicación:

ANEXO 5

FORMATO DE REGISTRO GENERAL DE DAÑOS

ANEXO 6

FORMATOS DE INSPECCION DETALLADA

ANEXO 7

FORMATO DE INSPECCION DETALLADA AUXILIAR

ANEXO 8

PLANOS ESTRUCTURALES EDIFICIO ARDRES PLAZA

ANEXO 9

**INFORME DE INSPECCION PRELIMINAR GENERADO EN
EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS
CON ESTRUCTURA DE ACERO - ACCESS 2010**

ANEXO 10

**INFORME DEL REGISTRO GENERAL DE DAÑOS
GENERADO EN EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO
PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO -
ACCESS 2010**

ANEXO 11

**INFORMES DE INSPECCION DETALLADA
(CIMENTACIONES Y VIGAS) GENERADOS EN EL
SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON
ESTRUCTURA DE ACERO - ACCESS 2010**

CIMENTACIONES

VIGAS

ANEXO 12

**INFORME DE LAS INSTRUCCIONES TECNICAS DE
MANTENIMIENTO GENERADO EN EL SOFTWARE DE
MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS CON ESTRUCTURA
DE ACERO - ACCESS 2010**

ANEXO 13

**INFORME DEL PLAN DE MANTENIMIENTO GENERADO
EN EL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PARA
EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO - ACCESS
2010**