

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA TOMA DE DECISIONES EN LA CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL MENCIÓN ESTRUCTURAS

BOHÓRQUEZ ANDRADE ÁLVARO NICOLÁS

alvaro.bohorquez@epn.edu.ec

VITERI BAUTISTA ESTEBAN PATRICIO

esteban.viteri@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ph.D. ÁVILA VEGA CARLOS FABIÁN

cavila67@gmail.com

Quito, septiembre 2022

DECLARACIÓN

Nosotros, Álvaro Nicolás Bohórquez Andrade y Esteban Patricio Viteri Bautista, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Álvaro Nicolás Bohórquez Andrade

Esteban Patricio Viteri Bautista

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Álvaro Nicolás Bohórquez Andrade y Esteban Patricio Viteri Bautista, bajo mi supervisión.

Ph.D. Carlos Fabián Ávila Vega

DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a mis padres, que me han permitido imponerme grandes metas; a través del ejemplo me han enseñado que un trabajo honesto acarrea grandes recompensas. Además, que desde muy pequeño me han inculcado el amor hacia ingeniería y la construcción.

Quiero agradecer a mis hermanos, Oscar y Sandy y a mi cuñado Rodrigo, que me han enseñado de distintas maneras como sobrellevar los obstáculos que se presenten en la vida.

Agradezco, a mi novia Carolina, quien me ha acompañado durante la mayor parte de mi etapa universitaria, quien con su amor y apoyo permitió superarme a mí mismo.

A mi compañero de tesis, Esteban con su arduo y calidad de trabajo, ha permitido encaminar el desarrollo de esta tesis. Además, de darme la confianza para la realización de la misma.

Por último, a nuestro director de tesis el PhD. Carlos Ávila, quien muy consciente de la problemática mundial del cambio climático, nos ha inspirado en explorar nuevas áreas de estudio, en relación a la sostenibilidad en la construcción.

Álvaro Nicolás Bohórquez Andrade

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a mis padres, quienes han sido el motor fundamental en mi vida, los que han sabido apoyarme y guiarme en los caminos que he tomado. Les agradezco todo el cariño y la confianza que han puesto en mí, y sobre todo los valores y enseñanzas que me han sabido inculcar.

A mis hermanos, Raúl, Eli y Paula quienes siempre me brindaron su cariño, sus consejos, sus experiencias y siempre están dispuestos a darme una mano cuando lo necesite.

A mi compañero de tesis, Nicolás, quien con sus ideas y su ingenio logró una propuesta para el análisis de impactos ambientales presentados en este trabajo. Gracias por su dedicación, su enorme esfuerzo y por tener la paciencia para poder culminar con éxito este trabajo de titulación.

A mis amigos Sebastián, Jhosselyn, Katherine, Valentina, Sofía, Diana, Karen, Gerio, Steven, José, Vane, Paola, Freddy y Alejandro con quienes compartí momentos amenos a lo largo de este viaje universitario. Gracias por su ayuda, su compañía y sincera amistad. A mis amigos de toda la vida, Julio, Joseph y Melanie quien desde el colegio hemos pasado por agradables experiencias, gracias por siempre estar.

Finalmente, al director de esta tesis, PhD. Carlos Ávila, quien con su vasto conocimiento y su capacidad para discutir los resultados obtenidos, se logró sacar este proyecto adelante. Gracias por desafiarnos a salir de nuestra zona de confort y desarrollar nuestro pensamiento crítico.

Esteban Patricio Viteri Bautista

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

A mis padres, Oscar y Sandra quien ha sido los precursores en luchar por sueños. A mis hermanos Sandy y Oscar y a mi cuñado Rodrigo en ser el apoyo incondicional durante mi vida. A mi novia Carolina quien ha podido despertar en mí, mi mejor versión. Finalmente, a mis abuelos quienes han sido en mi inspiración en nunca darme por vencido.

Álvaro Nicolás Bohórquez Andrade

Hoy cuando concluyo mi trabajo de titulación, les dedico a ustedes este logro amados padres, hermanos y amigos quienes siempre confiaron en mí. A todos los ingenieros que buscan sostenibilidad en el medio, que este trabajo sea un primer paso hacia una construcción sostenible y que a futuro se desarrollen más trabajos que enmarquen un sistema basado en los principios de la economía circular.

Esteban Patricio Viteri Bautista

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3. ALCANCE	3
1.4. JUSTIFICACIÓN	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. DISEÑO SISMORRESISTENTE.....	8
2.1.1. REQUISITOS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE	8
2.1.2. SISTEMAS ESTRUCTURALES	9
2.1.3. ANÁLISIS SÍSMICO	11
2.1.4. MATERIALES EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO.....	13
2.1.5. HORMIGÓN.....	13
2.1.6. ACERO DE REFUERZO	15
2.1.7. MADERA DE ENCOFRADO.....	17
2.2. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV).....	19

2.2.1. CLASIFICACIÓN DEL ACV SEGÚN EL ALCANCE	19
2.2.2. ETAPAS DEL ACV	21
2.3. SOSTENIBILIDAD Y DISEÑO CIRCULAR	27
2.3.1. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	27
2.3.2. DISEÑO CIRCULAR.....	28
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	29
3.1. DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	29
3.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA.....	30
3.3. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	31
3.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	35
3.4.1. UBICACIÓN.....	35
3.4.2. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA.....	39
3.4.3. TIPO DE SUELO	43
3.4.4. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	46
3.4.5. COEFICIENTE DE BALASTO	47
3.5. SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	47
3.6. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	47
3.6.1. SISTEMA APORTICADO OPTIMIZADO	48
3.6.2. SISTEMA DUAL OPTIMIZADO	51
3.6.3. SISTEMA APORTICADO EQUIVALENTE	54
3.7. MEMORIAS DE CÁLCULO.....	57
3.7.1. CÓDIGOS EMPLEADOS	57
3.7.2. MATERIALES.....	57
3.7.3. ESTIMACIÓN DE CARGAS	57

3.7.4.	FUENTE DE MASAS.....	61
3.7.5.	COMBINACIONES DE CARGA.....	62
3.7.6.	ESCALAMIENTO POR CORTANTE BASAL.....	63
3.7.7.	REVISIÓN DE CORTANTE EN SDO	64
3.7.8.	COMPORTAMIENTO MODAL	65
3.7.9.	DERIVAS.....	67
3.7.10.	RESUMEN ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS TRES SISTEMAS	71
3.7.11.	DISEÑO ESTRUCTURAL	71
3.8.	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	72
3.8.1.	CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES.....	72
3.8.2.	FACTORES DE EMISIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO EN MATERIALES	76
3.8.3.	FACTORES DE EMISIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO EN EQUIPO Y MAQUINARIA	78
3.8.4.	TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPO	83
3.8.5.	EVALUACIÓN DE EMISIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA	87
3.8.6.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	97
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		105
4.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS GENERALES.....	105
4.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS POR ETAPA DEL ACV	108
4.2.1.	RESULTADOS PORCENTUALES POR ETAPA.....	110
4.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS POR MATERIAL	113
4.3.1.	RESULTADOS PORCENTUALES POR MATERIAL.....	116

4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR ELEMENTO ESTRUCTURAL	119
4.4.1. RESULTADOS PORCENTUALES POR ELEMENTO ESTRUCTURAL	122
4.4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR COMPOSICIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN EL ELEMENTO ESTRUCTURAL.....	125
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
5.1. CONCLUSIONES	132
5.2. RECOMENDACIONES	136
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
ANEXOS	144
ANEXO 1	145
ANEXO 2	149
ANEXO 3	151
ANEXO 4	179
ANEXO 5	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de fabricación del acero de refuerzo.	16
Figura 2. Proceso de fabricación de tableros MDP.	18
Figura 3. Tipos de Análisis de Ciclo de Vida.	20
Figura 4. Etapas de Análisis de Ciclo de Vida.	21
Figura 5. Inventario del de Ciclo de Vida para un proceso unitario.	23
Figura 6. Ciclo de Vida de una edificación.....	26
Figura 7. Zonas homogéneas del DMQ según elementos del PUOS.....	29
Figura 8. Zona financiera (en amarillo) dentro del DMQ.....	31
Figura 9. Edificios con información levantada.	31
Figura 10. Resultados de edificios levantados según su ocupación.....	33
Figura 11. Número de pisos promedio según ocupación de la edificación	34
Figura 12. Área útil en planta promedio según ocupación de la edificación.	34
Figura 13. Ubicación del terreno destinado para el emplazamiento del edificio. .	36
Figura 14. Zonificación según el PUOS para terreno seleccionado.	37
Figura 15. Planta tipo: 1er, 2do, 3ro, 4to, 5to, 6to y 7mo piso.	39
Figura 16. Planta subsuelos.	40
Figura 17. Corte 1-1.	41
Figura 18. Corte A-A.....	42
Figura 19. Clasificación de suelo en zonas en la ciudad de Quito.....	43
Figura 20. Clasificación de suelos en Quito.....	45
Figura 21. Modelo planta estructural SAO pisos superiores.....	50
Figura 22. Modelo planta estructural SAO subsuelos.....	50
Figura 23. Modelo computacional en 3D del SAO realizado en ETABS.....	51

Figura 24. Modelo planta estructural SDO pisos superiores.....	53
Figura 25. Modelo planta estructural SDO subsuelos.	53
Figura 26. Modelo computacional en 3D del SDO realizado en ETBAS.	54
Figura 27. Modelo planta estructural SAE pisos superiores.	55
Figura 28. Modelo planta estructural SAE subsuelos.	56
Figura 29. Modelo computacional en 3D del SAE realizado en ETBAS	56
Figura 30. Esquema en corte de losa alivianada.....	58
Figura 31. Definición espectro de diseño.	61
Figura 32. Asignación de fuente de masas.....	62
Figura 33. Definición combinaciones de carga.	63
Figura 34. Distancia desde obra hasta planta de hormigón premezclado	84
Figura 35. Estructura Desglosada del Trabajo para el SAO y SAE.	88
Figura 36. Estructura Desglosada del Trabajo para el SDO.....	89
Figura 37. Formato de Análisis de Emisión y Consumo de Energía Unitario (AECEU).....	97
Figura 38. Emisión en toneladas de CO ₂ equivalente, por sistema estructural.	105
Figura 39. Consumo energético en millones de Mega Joules, por sistema estructural.	106
Figura 40. Emisión toneladas de CO ₂ equivalente, por sistema estructural y etapa del ACV.....	108
Figura 41. Consumo energético en millones de Mega Joules, por sistema estructural y etapa del ACV.	109
Figura 42. Emisión de CO ₂ por etapa en el SAO.....	110
Figura 43. Consumo energético por etapa en el SAO.	110
Figura 44. Emisión de CO ₂ por etapa en el SDO.	111

Figura 45. Consumo energético por etapa en el SDO.....	111
Figura 46. Emisión de CO ₂ por etapa en el SAE.....	112
Figura 47. Consumo energético por etapa en el SAE.	112
Figura 48. Emisión en toneladas de CO ₂ equivalente, por sistema estructural y material.	114
Figura 49. Consumo energético en millones de Mega Joules, por sistema estructural y material.....	114
Figura 50. Emisión de CO ₂ por material en el SAE.	116
Figura 51. Consumo energético por material en el SAE.....	116
Figura 52. Emisión de CO ₂ por material en el SDO.....	117
Figura 53. Consumo energético por material en el SDO.	117
Figura 54. Emisión de CO ₂ por material en el SAE.	118
Figura 55. Consumo energético por material en el SAE.....	118
Figura 56. Emisión en toneladas de CO ₂ equivalente, por sistema y elemento estructural.....	120
Figura 57. Consumo energético en millones de Mega Joules, por sistema y elemento estructural.....	121
Figura 58. Emisión de CO ₂ por elemento estructural en el SAO.	122
Figura 59. Consumo energético por elemento estructural en el SAO.....	122
Figura 60. Emisión de CO ₂ por elemento estructural en el SDO.	123
Figura 61. Consumo energético por elemento estructural en el SDO.	123
Figura 62. Emisión de CO ₂ por elemento estructural en el SAE.....	124
Figura 63. Consumo energético por elemento estructural en el SAE.	124
Figura 64. Emisión de CO ₂ en columnas por material en el SAO.....	127
Figura 65. Emisión de CO ₂ en columnas por material en el SDO.	127

Figura 66. Emisión de CO ₂ en columnas por material en el SAE.	128
Figura 67. Consumo energético en columnas por material en el SAO.	128
Figura 68. Consumo energético en columnas por material en el SDO.	128
Figura 69. Consumo energético en columnas por material en el SAE.	129
Figura 70. Emisión de CO ₂ en losas por material en el SAO.	129
Figura 71. Emisión de CO ₂ en losas por material en el SDO.	129
Figura 72. Emisión de CO ₂ en losas por material en el SAE.	130
Figura 73. Consumo energético en losas por material en el SAO.	130
Figura 74. Consumo energético en losas por material en el SDO.	130
Figura 75. Consumo energético en losas por material en el SAE.	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los sistemas estructurales para edificios de hormigón armado según NEC-SE-HM.	10
Tabla 2 Categorías e indicadores de impacto más utilizados en ACV	25
Tabla 3 Resultados de análisis estadístico.	32
Tabla 4 Rango de valores de número de pisos de edificios levantados.	33
Tabla 5 Rango de valores área en planta de edificios levantados.	33
Tabla 6 Características del edificio tipo	35
Tabla 7 Propiedades del terreno destinado para el emplazamiento del edificio a analizar.	36
Tabla 8 Detalle de propiedades zonificación (A24) según el PUOS para terreno seleccionado.	38
Tabla 9 Tabla de propiedades arquitectónicas proyecto seleccionado.	42
Tabla 10 Velocidad de corte a distintas profundidades en cada zona.	44
Tabla 11 Clasificación tipo de suelos.	46
Tabla 12 Estimación de carga muerta.	58
Tabla 13 Carga muerta de recubrimientos.....	59
Tabla 14 Cargas muertas totales en losas de entrepiso y losa de cubierta	59
Tabla 15 Factores sísmicos para definir el espectro de diseño de la NEC-15.....	60
Tabla 16 Cortante basal análisis dinámico en los tres sistemas.....	63
Tabla 17 Cortante basal análisis estático en los tres sistemas.....	64
Tabla 18 Revisión escalamiento de análisis dinámico	64
Tabla 19 Revisión SDO	65
Tabla 20 Comportamiento modal del SAO.	66

Tabla 21 Comportamiento modal del SDO.	66
Tabla 22 Comportamiento modal del SAE.	67
Tabla 23 Análisis de derivas SAO en X.	68
Tabla 24 Análisis de derivas SAO en Y.	68
Tabla 25 Análisis de derivas SDO en X.	69
Tabla 26 Análisis de derivas SDO en Y.	69
Tabla 27 Análisis de derivas SAE en X.	70
Tabla 28 Análisis de derivas SAE en Y.	70
Tabla 29 Resumen variables estructurales de los tres sistemas	71
Tabla 30 Cuantificación de materiales en el SAO.	72
Tabla 31 Cuantificación de materiales en el SDO.	73
Tabla 32 Cuantificación de materiales en el SAE.	74
Tabla 33 Cuantificación de volúmenes de suelo en el SAO.	75
Tabla 34 Cuantificación de volúmenes de suelo en el SDO.	75
Tabla 35 Cuantificación de volúmenes de suelo en el SAE.	76
Tabla 36 Factores de emisión y consumo de energía en materiales.	77
Tabla 37 Rendimiento combustible en maquinaria y equipo.	78
Tabla 38 Potencia equipo eléctrico.	79
Tabla 39 Factores de emisión y consumo energético debido al consumo de combustible (diésel) y energía eléctrica.	80
Tabla 40 Factores de emisión y consumo energético en equipo y maquinaria.	82
Tabla 41 Resultados análisis transporte de materiales en el SAO.	84
Tabla 42 Resultados análisis transporte de materiales en el SDO.	85
Tabla 43 Resultados análisis transporte de materiales en el SAE.	85

Tabla 44 Resultados análisis transporte de bomba de hormigón y accesorios en SAO y SAE.	86
Tabla 45 Resultados análisis transporte de bomba de hormigón y accesorios en SDO.	86
Tabla 46 Listado de Rubros para Evaluación de Emisiones y Consumo de Energía en el SAO.	90
Tabla 47 Listado de Rubros para Evaluación de Emisiones y Consumo de Energía en el SDO.	91
Tabla 48 Listado de Rubros para Evaluación de Emisiones y Consumo de Energía en el SAE.	93
Tabla 49 Resultados evaluación ambiental en el SAO.	98
Tabla 50 Resultados evaluación ambiental en el SDO.	100
Tabla 51 Resultados evaluación ambiental en el SAE.	102
Tabla 52 Resultados generales en los tres sistemas estructurales.	105
Tabla 53 Resultados obtenidos por sistema estructural y por etapa del ACV. ...	108
Tabla 54 Resultados obtenidos por sistema estructural y por material.	113
Tabla 55 Resultados obtenidos por sistema y por elemento estructural.	119
Tabla 56 Resultados obtenidos por sistema, por elemento estructural y por material.	125

RESUMEN

El mundo actual se enfrenta a una crisis creciente por el cambio climático, generado principalmente por la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), cuyo origen es la quema de combustibles fósiles y los principales causantes son las distintas industrias, que emplean grandes cantidades de energía para la transformación de materia prima hasta sus productos finales. La industria de la construcción abarca gran parte de las emisiones de GEI y consumo energético a nivel mundial.

Hoy por hoy, los principales estudios realizados en cuanto a evaluación del impacto ambiental dentro de la construcción van de acuerdo a variables arquitectónicas; dejando de lado los criterios de diseño estructural. Es por eso que el presente trabajo de titulación evaluó el impacto generado en la adopción de tres sistemas estructurales, Sistema Aporticado Optimizado (SAO), Sistema Dual Optimizado (SDO) y Sistema Aporticado Equivalente (SAE), dos de los sistemas fueron concebidos en base a la optimización de secciones y el último considerando a la deriva como criterio básico y fundamental para establecer que el sistema aporticado es estructuralmente equivalente al sistema dual; todo esto se desarrolló en un edificio tipo; es decir, en un edificio que contenía las cualidades arquitectónicas más representativas de los edificios construidos en la zona financiera de Quito.

La metodología del ACV, desde la “cuna a la puerta”, permitió evaluar las emisiones de CO₂ y consumo de energía en los tres sistemas estructurales. Los resultados evidenciaron que el SAO, SDO y SAE tienen 844, 887 y 1366 [t CO₂ eq.] y 10.3, 10.9 y 16.3 [MJ*10⁶] respectivamente. De este modo, se encontró que el sistema estructural con menos emisiones y consumo de energía incorporado es el SAO; sin embargo, más allá de lo que reflejó los resultados ambientales, se debe tener siempre en consideración la seguridad estructural. Así pues, el SDO se estableció como el sistema más idóneo; ya que, al disminuir considerablemente la deriva evita posibles daños en elementos no estructurales como mamposterías, salvaguardando la seguridad de los ocupantes; además, el impacto generado es tan solo mayor en un 5% al SAO. Por consiguiente, se lograría una armonía entre variables estructurales e impactos ambientales para la concepción estructural.

ABSTRACT

The world today is facing a growing crisis due to climate change, generated by the emission of Greenhouse Gases (GHG). The origin of GHG is the burning of fossil fuels and the main cause is the different industries, which use large amounts of energy for the transformation of raw materials to their final products. Within this, the construction industry accounts for a large part of GHG emissions and energy consumption worldwide.

Today, the main studies carried out in terms of environmental impact assessment within construction are based on architectural variables, leaving aside the criteria of structural design. That is why the present titling work evaluated the impact generated in the adoption of three structural systems, Optimized Framing System (OFS), Optimized Dual System (ODS) and Equivalent Framing System (EFS), two of the systems were conceived on the basis to optimization of sections and the last considering drift as a basic and fundamental criterion to establish that the framed system is structurally equivalent to the dual system; all this was developed in a typical building; that is, in a building that contained the most representative architectural qualities of the buildings built in the financial zone of Quito, or also called the Carolina sector.

The LCA methodology, from the “cradle to the gate”, allowed the evaluation of CO₂ emissions and energy consumption in the three structural systems. The results showed that OFS, ODS and EFS have 844, 887 and 1366 [t CO₂ eq.] and 10.3, 10.9 and 16.3 [MJ*10⁶], respectively. In this way, it was evidenced that the structural system with the least emissions and energy consumption incorporated is the OFS; however, beyond what the environmental results reflected, the structural criteria must always be taken into consideration. That is why the ODS was established as the most suitable system; since, by reducing drift, it prevents damage to non-structural elements such as masonry, safeguarding the safety of the occupants; In addition, the impact generated is only 5% higher than the OFS. In this way, a harmony between structural variables and environmental impacts for the structural design would be achieved.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El calentamiento global es la principal amenaza a la humanidad en la actualidad; debido a que, el incremento de temperatura en la atmósfera terrestre tiene un impacto negativo en la vida tal como se la conoce. El principal causante de este fenómeno son los gases de efecto invernadero productos de los procesos industriales. Una de las principales industrias contaminantes es la industria de la construcción, que representa más del 35% del uso global de energía y casi el 40% de las emisiones totales de CO₂ (Sparandara et al., 2019); además, según Anink et al. (1996), este sector es responsable del 50% de recursos naturales empleados.

Los estudios de Kim et al. (2013), demostraron que el uso de distintos materiales de construcción, como es el hormigón armado y el acero estructural tienen diferentes resultados respecto al impacto ambiental. En este caso se analizó cuatro edificios, dos de hormigón y dos de acero, mediante un análisis de entrada y salida de datos respecto a los materiales involucrados en las distintas estructuras aporticadas; se determinó que los edificios de hormigón armado tienen menores emisiones de CO₂, respecto a un edificio de acero. Por otra parte, Moussavi & Akbarnezhad (2015), demostraron la incidencia en el impacto ambiental, tanto del material del cual está hecho el edificio como del sistema estructural, mediante un Análisis de Ciclo de Vida desde la fabricación de materiales hasta su demolición. En este estudio, se determinó que el acero tiene un mayor impacto ambiental, que las estructuras de hormigón armado; además, el tipo de sistema estructural más eficiente en cuanto a emisiones de CO₂, es el sistema dual de hormigón armado. Otro estudio, en donde se evaluó el impacto ambiental mediante distintos sistemas estructurales, es el de Paik & Na (2019), en donde se evaluó las emisiones de CO₂, según el tipo de losa, ya sea de tipo maciza o alivianada; se estudió un complejo de edificios en Corea del Sur, mediante un análisis de ciclo de vida enfocado en la etapa de construcción. En este estudio, se reflejó que la implementación de losas alivianadas tiene un menor impacto ambiental en cuanto a emisiones de CO₂, que las losas macizas.

En el Ecuador, se han realizado pocos estudios, pero existen aportes como el de Vázquez (2016), quien cuantificó tanto el consumo de energía, como la cantidad de CO₂ involucrados en la fabricación de cada metro cúbico de hormigón premezclado. A pesar de no ser un estudio enfocado en el sistema estructural de un edificio, es un primer aporte a la temática de impacto ambiental relacionada a la ingeniería civil, desarrollado en territorio nacional.

La metodología más viable para abordar las variables ambientales en la industria de la construcción es mediante un Análisis de Ciclo de Vida (ACV). De acuerdo con García Ochoa et al. (2020), el ACV resulta apropiado para evaluar edificios con el objetivo de diseñar de forma eficiente y con materiales que tengan menor impacto ambiental. Para las empresas de la construcción las fases más significativas del ciclo de vida son desde la producción de materiales hasta la construcción; es decir, de la “cuna a la puerta” (Gasol, 2013).

Actualmente en Quito, existe una tendencia a construir edificaciones cada vez más altas. Un diseño sismorresistente es obligatorio en todas las edificaciones, porque la ciudad se encuentra en una zona de alto peligro sísmico. Para satisfacer las demandas sísmicas se adoptan diversos sistemas estructurales en hormigón armado. Uno de los sistemas estructurales más convencionales en la ciudad de Quito es el sistema aporticado de hormigón armado, que está conformado por vigas y columnas. Sin embargo, existe además el sistema dual que provee mayor rigidez lateral ante cargas sísmicas, mejorando el comportamiento dinámico de los edificios.

En base a lo mencionado anteriormente, dentro de la concepción estructural de un edificio, se debe tener en cuenta no únicamente variables estructurales; sino también variables ambientales. Es decir, analizar cómo la concepción estructural, sea de un sistema aporticado o un sistema dual, puede repercutir en parámetros ambientales. Dentro de esta misma lógica, la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida resulta ideal para evaluar variables ambientales como las emisiones de CO₂ y el consumo energético, respecto a tres materiales principales empleados en las estructuras de hormigón armado: hormigón, acero de refuerzo y madera de encofrado.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar variables ambientales generadas por la adopción de dos sistemas estructurales sismorresistentes en hormigón armado en un edificio tipo de la ciudad de Quito.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la configuración arquitectónica, tanto en planta como en elevación, de un edificio tipo en la ciudad de Quito, con las cualidades más comunes de los edificios construidos en la capital.
- Diseñar en base a dos configuraciones estructurales sismorresistentes el edificio tipo utilizando hormigón armado, según las normas de construcción vigentes.
- Definir un marco del Análisis de Ciclo de Vida con métricas de evaluación de variables ambientales de dos sistemas estructurales sismorresistentes en el edificio tipo de la ciudad de Quito.

1.3. ALCANCE

El presente trabajo pretende evaluar como varían los parámetros ambientales, considerados en este estudio, debido a la toma de decisiones en la concepción estructural de un edificio tipo de la ciudad de Quito. Se han tomado en cuenta dos sistemas estructurales: Sistema Aporticado y Sistema Dual. Este estudio se desarrollará mediante un Análisis de Ciclo de Vida desde la fase de fabricación de materiales hasta la etapa de construcción y las variables ambientales a ser evaluadas son el consumo energético y las emisiones de CO₂.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Ecuador es responsable del 0.15% del total de emisiones de gases de efecto invernadero en los últimos años. De ese porcentaje, 5.67% se deriva de la construcción; además, esta actividad demanda el 18% del consumo energético nacional (Silva, 2015). Estas cifras tienden a agravarse en ciudades como Quito en donde existe un creciente desarrollo urbano, con edificios cada vez más altos.

La construcción es una industria que consume recursos naturales, financieros y aporta al progreso social y económico; razón por la cual, debe ser una actividad que se desarrolle dentro un marco sostenible (Domínguez et al., 2019). A nivel mundial, se ha dado más relevancia al diseño de sistemas constructivos enfocados al uso eficiente de los recursos: luz y agua; que a la influencia de la variable estructural. En este mismo sentido, en Ecuador no existen estudios que relacionen los impactos ambientales generados por la adopción de un determinado sistema estructural.

El presente trabajo de investigación busca evidenciar cómo la adopción de un determinado sistema estructural permitirá disminuir el impacto ambiental, en cuanto a emisiones de CO₂ y consumo de energía, desde la fase de fabricación de los materiales hasta la etapa de construcción; de esta manera incluir a la variable ambiental dentro de las consideraciones de diseño.

En un inicio se plantearon dos sistemas estructurales, que son Sistema Aporticado Optimizado (SAO) y Sistema Dual Optimizado (SDO). Estos dos sistemas son creados en base a la optimización de secciones; es decir, son las secciones mínimas con las que se cumple criterios de resistencia y serviciabilidad, especificados por normas nacionales e internacionales, y aspectos relacionados con la viabilidad constructiva. Sin embargo, dentro del desarrollo se observó una diferencia significativa en el comportamiento de estas dos estructuras, en cuanto a la deriva de piso. Páez (2017), menciona que la incidencia de una alta deriva de piso se refleja en el daño de elementos no estructurales como mamposterías, evidenciado en el sismo de Pedernales en 2016.

En este caso, el SAO constituye una estructura más flexible; por consiguiente, tiene una mayor deriva de piso que el SDO; en otras palabras, estos sistemas no presentan el mismo nivel de comportamiento estructural frente a acciones sísmicas. Por este motivo, se extendió la investigación a un tercer sistema estructural que es el Sistema Aporticado Equivalente (SAE), en este sistema se llevó al SAO al mismo nivel de desempeño, en cuanto a deriva de piso, que el SDO; por lo tanto, se consigue un sistema estructuralmente equivalente.

Más allá de las decisiones estructurales en esta tesis, uno de los objetivos es la evaluación de variables ambientales. En este contexto la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), resulta ideal para la evaluación del consumo de energía y emisiones de CO₂ en las distintas etapas del ciclo de vida. Con el objetivo, de establecer cual fase resulta más crítica. Además, Eurofins (2021), menciona que “el Análisis de Ciclo de Vida es una herramienta determinante en la transición hacia un modelo de Economía Circular porque aporta información valiosa sobre los perfiles ambientales de productos y servicios”.

Las etapas de fabricación de materiales, transporte y construcción son las etapas más representativas para la evaluación de variables ambientales en productos o servicios (PAS 2050, 2011). De este modo, es de nuestro interés evaluar dichas etapas, más no las fases de operación y demolición.

El Análisis de Ciclo de Vida parcial, propuesto para este estudio, tiene un enfoque híbrido; es decir, combina el enfoque basado en procesos y el enfoque de entrada y salida de datos (IOA). Se ha evidenciado que el enfoque híbrido proporciona información integral respecto a las emisiones incorporadas desde el punto de vista desde la “cuna a la puerta” (García Ochoa et al., 2020). La base para realizar el Análisis de Ciclo de Vida es la cuantificación de los materiales de construcción, que será extraída de los planos estructurales elaborados en la etapa de diseño estructural.

La implementación de un Análisis de Ciclo de Vida para el presente estudio pretende establecer los procedimientos para la evaluación de variables ambientales en sistemas estructurales, basado en normas internacionales que se ajusten a la realidad del país. De este modo, se tendrá una guía metodológica para futuras investigaciones.

Los resultados de este estudio tendrán un impacto directo sobre el sector de la construcción en general. Los hallazgos obtenidos dentro del presente trabajo de investigación permitirán a los constructores adoptar un determinado sistema estructural en base a una armonía de criterios estructurales y ambientales. De este modo, se considerará la variable ambiental como un estado límite más al momento de la concepción estructural de un edificio.

Existen diversas organizaciones nacionales e internacionales, que incentivan a la inclusión de la variable ambiental dentro de los parámetros de diseño de un edificio, al conceder certificaciones ambientales homologadas y diversos beneficios. Algunas de las certificaciones que aplican en el Ecuador son:

La certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), creada por el Consejo de Construcción Ecológica de los Estados Unidos, es el sistema más utilizado de clasificación de edificios ecológicos. Esta certificación crea un marco de referencia para edificios de ambientes saludables, alta eficiencia y que ahorra costos (LEED, 2021). Los resultados del presente trabajo de investigación tienen una incidencia en la categoría ambiental de Energía y Atmósfera. Por otra parte, la ventaja de obtener esta certificación es que la edificación alcanza un renombre al estar calificada como edificio ecoeficiente; lo que aumenta su valor inmobiliario.

La certificación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies), es otra certificación de edificaciones residenciales y comerciales, creada por la Corporación Financiera Internacional (IFC). El proyecto debe demostrar que tendrá un ahorro de energía incorporada en los materiales, ahorro de energía en general y ahorro de agua, para poder obtener esta certificación (EDGE, 2021).

Los beneficios de conseguir esta certificación son: contribuir con una construcción amigable con el medio ambiente, incremento en el precio del inmueble; además, existe un fácil acceso a créditos para los constructores en las entidades financieras nacionales.

Una de las certificaciones nacionales es otorgada por el Municipio de Quito, llamada Matriz de Ecoeficiencia, esta es concedida a todos los edificios que reducen sus niveles de contaminación; con el objetivo, de fomentar la competitividad entre empresas constructoras; además, aumenta el compromiso empresarial con la protección y conservación ambiental. Sin embargo, dentro de las variables de evaluación, los criterios de diseño estructural son topados de manera muy superficial; ocasionando que el diseño ecoeficiente dependa mayoritariamente de parámetros arquitectónicos.

De forma particular, este estudio permitirá la inclusión de la variable ambiental dentro de la toma de decisiones en la concepción del sistema estructural generando así una armonía entre criterios de seguridad estructural con impactos ambientales. De forma general, este es el primer estudio a nivel nacional que sentará las bases para una construcción sostenible, a partir de un enfoque estructural; en otras palabras, el presente trabajo de titulación es el primer paso en el proceso de desarrollar edificaciones dentro de un marco conceptual de economía circular, desde un punto de vista de estructural adaptado a la realidad del país.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DISEÑO SISMORRESISTENTE

El diseño sismorresistente, según lo planteado en la NEC-SE-DS (2015), permite comprobar el nivel de seguridad de vida, definiendo un mecanismo dúctil, que disipe energía mediante deformaciones inelásticas reversibles, sin perder significativamente su resistencia, evitando así el colapso de la estructura y cuyas derivas de piso sean inferiores a las admisibles.

2.1.1. REQUISITOS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE

De acuerdo a NEC-SE-DS (2015), la filosofía de diseño sismorresistente debe cumplir los tres siguientes requisitos:

- No colapso - Condición de resistencia: Se deberá revisar que tanto la estructura como su cimentación no supere ningún estado límite de falla. La estructura no debe colapsar incluso cuando esté sometida a su carga máxima de diseño. Se puede decir, que los elementos estructurales satisfacen los estados límites de diseño cuando las sollicitaciones últimas son menores o iguales que su capacidad reducida, según el esfuerzo al que esté sometido como: compresión, tracción, cortante, torsión o flexión.
- Limitación de daños (deriva de piso): Las estructuras en hormigón armado no deberán presentar desplazamientos laterales relativos, de un piso con respecto al piso consecutivo, mayor a 0.02, debido a la acción de fuerzas sísmicas.
- Ductilidad: La estructura podrá disipar energía mediante las deformaciones inelásticas generadas por la formación de rótulas plásticas, en base a los criterios de diseño por capacidad.

2.1.1.1. Diseño Por Capacidad

Según la definición dispuesta por la NEC-SE-DS (2015), es un método de diseño en el cual se eligen ciertos elementos del sistema estructural de manera apropiada para asegurar la disipación energética bajo el efecto de deformaciones inelásticas, mientras que todos los otros elementos estructurales resisten lo suficiente para mantener la integridad de la estructura. Los elementos destinados para la disipación de energía dependen del sistema estructural adoptado.

2.1.2. SISTEMAS ESTRUCTURALES

El sistema estructural de una edificación es el conjunto de elementos horizontales y verticales resistentes y conectados entre sí. Dentro de un sistema estructural se encuentra los elementos que se encargan de transmitir las cargas gravitacionales al suelo, brindando estabilidad a la estructura; y los elementos que resisten las cargas laterales impuestas por el sismo. De acuerdo a la American Society of Civil Engineers (ASCE, 2016), este criterio consiste en destinar distintos tipos de cargas a los elementos y así generar los diferentes tipos de sistemas estructurales.

De forma general, algunos sistemas estructurales tienen mayor disipación de energía que otros, es por eso que existe el factor de reducción sísmica R , que permite parametrizar el nivel de ductilidad en cada sistema. Según la ASCE (2016), la importancia del factor R yace en que, dependiendo del valor, se reduce las fuerzas sísmicas y se calcula los esfuerzos ejercidos por dichas fuerzas en los distintos elementos y las derivas.

En este mismo sentido, la NEC-SE-HM (2015), clasifica a los sistemas estructurales dúctiles de hormigón armado en los siguientes tipos:

Tabla 1

Clasificación de los sistemas estructurales para edificios de hormigón armado según NEC-SE-HM.

Sistema Estructural	Elementos que resisten sismo	Ubicación de rótulas plásticas	Objetivo del detallamiento	Factor R de reducción sísmica
Pórticos especiales sismo resistentes, con vigas descolgadas (Sistema Aporticado)	Columnas y vigas descolgadas	Extremo de vigas y base de columnas 1er piso	Columna fuerte, conexión viga-columna fuerte, viga fuerte a corte, pero débil en flexión	8
Pórticos especiales sismo resistentes, con vigas descolgadas y con muros estructurales (Sistema Dual)	Muros estructurales y columnas	En la base de los muros y columnas 1er piso (a nivel de la calle)	Muro fuerte en corte, débil en flexión. Columna no falle por corte	8

Fuente: (NEC-SE-HM, 2015).

2.1.2.1. Sistema Aporticado

Los pórticos presentan elementos verticales (columnas) y horizontales (vigas) unidos entre sí mediante nudos rígidos, estos se encargan de resistir tanto las fuerzas laterales como gravitacionales.

El criterio para establecer vigas descolgadas en los sistemas aporticados, es en base a lo establecido en la sección 8.10 del ACI-318 (2019). En donde, se relaciona la rigidez a flexión de una sección de viga y la rigidez a flexión de una franja de losa, también llamado α_f .

Otro criterio importante de analizar es el periodo fundamental según la NE-SE-DS (2015), este corresponde al “tiempo que transcurre dentro de un movimiento armónico vibratorio, para que el sistema vuelva a su posición original considerada luego de un ciclo de oscilación”. Una forma de estimar este parámetro es por medio del Método 1, propuesto por la norma NEC-SE-DS (2015), en la sección 6.3.3. En base a esta misma norma, el periodo calculado por el análisis modal no debe exceder más de un 30% al calculado por el Método 1.

2.1.2.2. Sistema Dual

Los sistemas duales son aquellos que tienen diferentes elementos estructurales para soportar distintos tipos de carga. Los elementos pórticos están destinados a resistir cargas gravitacionales mientras que los muros de corte trabajan por la acción de cargas laterales.

La norma NEC-SE-DS (2015), establece que para que un sistema se considere como sistema dual, los muros de corte deben absorber al menos el 75% del cortante basal, en cada una de las direcciones.

Los criterios de análisis respecto a las vigas descolgadas, así como del periodo fundamental de la estructura, sigue los mismos lineamientos establecidos en la sección 2.1.2.1 de este trabajo.

2.1.3. ANÁLISIS SÍSMICO

De acuerdo con Segovia & Alvarado (2009), el Ecuador se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, debido a la presencia de la subducción de la placa Nazca bajo la placa Sudamericana; a nivel local la ciudad de Quito se ve afectada por la existencia de distintas fallas locales que atraviesan la ciudad. De este modo, estudiar la afección del fenómeno sísmico en las estructuras resulta necesario.

El análisis sísmico puede ser calculado mediante procedimientos estáticos o dinámicos. De acuerdo a la NEC-SE-DS (2015), ambos análisis son obligatorios para todo tipo de estructuras, a excepción de las estructuras totalmente regulares.

2.1.3.1. Análisis estático lineal

El análisis estático lineal consiste en la aplicación de cargas estáticas equivalentes a cada piso de la estructura como resultado de una fuerza lateral aplicada en la base de la estructura o también llamado cortante basal de diseño. Los pasos a seguir en el análisis estático lineal son los siguientes:

- Determinar el espectro de diseño $S_a(T)$ de acuerdo con las características geotectónicas de la ubicación de la estructura. Estas características se encuentran en la sección 3 de la NEC-SE-DS (2015).
- Cálculo aproximado del periodo fundamental T_a en concordancia a la sección 2.1.2.1 del presente trabajo.
- Determinar el cortante basal de diseño con el resultado de los pasos anteriores de acuerdo con la sección 6.3.2 de la NEC-SE-DS (2015).
- Direccionar la aplicación de estas fuerzas sísmicas y verificar que las lecturas de deriva no excedan los valores permisibles.

2.1.3.2. Análisis modal espectral

La acción sísmica determinada mediante un procedimiento dinámico debe representar como mínimo al sismo de diseño (período de retorno de 475 años), sin la aplicación del factor R , y puede ser el espectro de respuesta elástico de aceleraciones, expresado como fracción de la aceleración de la gravedad (NEC-SE-DS, 2015).

De acuerdo la NE-SE-DS (2015), el valor del cortante dinámico total en la base, obtenido por cualquier método de análisis dinámico, no debe ser:

- Para estructuras regulares, menor que el 80% del cortante basal estático.
- Para estructuras irregulares, menor que el 85% del cortante basal estático.

Se deben considerar en el análisis todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta total de la estructura y que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas (NEC-SE-DS, 2015).

2.1.4. MATERIALES EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

El hormigón armado es el término común que se le da a un miembro de hormigón que contiene acero de refuerzo (normalmente en forma de barras de acero) para aumentar la resistencia de la estructura. De acuerdo a Nilson et al. (2001), el hormigón armado combina muchas de las ventajas de cada uno de estos materiales como el costo relativamente bajo, buena resistencia a la intemperie, al fuego; además, de un buen comportamiento mecánico a esfuerzos de compresión y tracción.

Además del hormigón y el acero, materiales que se mantendrán adheridos durante la vida útil de la estructura, existen otros materiales utilizados para la conformación del hormigón armado, en este caso son los materiales empleados como molde. Los materiales que dan moldura a los elementos de hormigón armado se los llama encofrado y existen de diversos materiales, los más comunes son: madera y acero. A continuación, se detallará cada uno de los materiales mencionados anteriormente:

2.1.5. HORMIGÓN

Según Nilson et al. (2001), el hormigón es una mezcla de cemento Pórtland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Una de las características del hormigón es su versatilidad, ya que en un estado plástico se adapta fácilmente al molde que se lo aplique. Por último, su característica más representativa es su fortaleza, en resistir esfuerzos a compresión. Según la NEC-SE-HM (2015) la resistencia especificada a la compresión del hormigón normal debe alcanzar un valor mínimo de $f'c = 21$ Mpa. Sin embargo, por fines metodológicos, la resistencia a compresión del hormigón adoptaba para este estudio es de $f'c=28$ Mpa.

Por otra parte, el módulo de elasticidad; es decir, la pendiente inicial de la curva esfuerzo-deformación unitaria, se calcula de acuerdo a la ecuación empírica presentada en la sección 3.3.3 de la NEC-SE-HM (2015), la cual considera un hormigón de densidad normal y las características mecánicas de los agregados propios de las canteras nacionales.

2.1.5.1. Proceso de fabricación del hormigón premezclado

De acuerdo a Medina (2006), el proceso de elaboración del hormigón premezclado se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Obtención y preparación de la materia prima: Esta etapa consiste en la extracción desde las minas, de la materia prima necesaria para la elaboración del hormigón. Estos componentes son los distintos óxidos metálicos utilizados para la conformación del Clinker. Una vez extraído el material, debe ser transportado a la fábrica.
2. Molienda y cocción de materias primas: En la molienda se reduce el tamaño de las partículas en cada uno de los distintos materiales; con el objetivo que las reacciones químicas como la cocción realizada en el horno se dé de forma óptima. La molienda es realizada en rodillos mecánicos rotatorios, en donde la mezcla dosificada de las distintas materias primas es sometida a impactos de esferas metálicas. Después, esta mezcla pasa a unos hornos rotatorios que alcanzan hasta los 1450° C, para luego ser enfriados bruscamente en parillas; de este modo, se obtiene el Clinker.
3. Molienda del Cemento: En esta etapa se mezcla el Clinker con distintos materiales adicionales como: puzolanas naturales, cenizas volantes o caliza. Esta mezcla final es realizada mediante otro proceso mecánico de molienda.
4. Fabricación del hormigón: Esta etapa consiste en la dosificación y mezcla de los distintos materiales que conformar el hormigón que son: arena, grava, cemento y agua. Cabe mencionar que para la obtención de los áridos secos es necesario procesos de extracción de las minas y posterior triturado. Una vez realizada la mezcla esta puede ser enviada a los distintos lugares de construcción.

2.1.6. ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo es un material importante de construcción utilizado para reforzar elementos de hormigón sometidos a esfuerzos de tracción y de corte. De acuerdo a Parker & Ambrose (1996), el acero utilizado en el hormigón reforzado se presenta en forma de varilla redonda, gran parte de ellas tienen un acabado de corrugado, o rebordes con salientes en la superficie. Este acabado permite mejorar la adherencia entre el hormigón y el acero de refuerzo. Adicionalmente, la resistencia más común es la de grado 60; es decir, con una resistencia de fluencia de 420 Mpa.

2.1.6.1. Proceso de fabricación del acero de refuerzo

De acuerdo a Medina (2006), el proceso de elaboración del acero de refuerzo en horno eléctrico se puede sintetizar en los siguientes pasos:

1. Materias primas: Las principales materias primas utilizadas para la elaboración de acero son: arrabio y chatarras tanto férricas como inoxidable. Dependiendo de la aleación de acero, se puede añadir diversos compuestos como: molibdeno, titanio.
2. Fase de fusión: En esta etapa las distintas materias primas del acero son colocados dentro de un horno eléctrico. Mediante la generación de un arco eléctrico por medio de un electrodo, los distintos componentes son fundidos hasta formar una colada.
3. Fase de afino: Esta fase está conformada por dos etapas. La primera consiste en eliminación de impurezas y elementos indeseables y además se corrige la composición química mediante la adición de ferroaleaciones. La segunda etapa, esta colada es vaciada en una cuchara, que actúa en forma de horno para una segunda corrección química del acero y eleva su temperatura para la siguiente fase.
4. La colada Continua: Esta etapa corresponde a un proceso siderúrgico en donde la colada se vierte sobre un molde de fondo desplazable, con una sección transversal con forma geométrica del semiproducto, en la mayoría de los casos en forma de palanquilla.

Después, estos semiproductos son enfriados mediante duchas de agua fría y aire, para luego ser cortados en las longitudes deseadas; todo esto se realiza durante su transportación sobre rodillos de arrastre.

5. Laminación: En esta fase se debe recalentar nuevamente las palanquillas para luego pasar por trenes de laminación, que consiste en dos rodillos o cilindros que giran a la misma velocidad, pero en sentido contrario. De este modo, la presión ejercida hace que la sección transversal se reduzca. Cabe mencionar, que dependiendo del número de trenes que pase el producto este le da distintos acabados, en el caso de la varilla de acero de refuerzo, este tiene que llegar a tener una geometría corrugada.

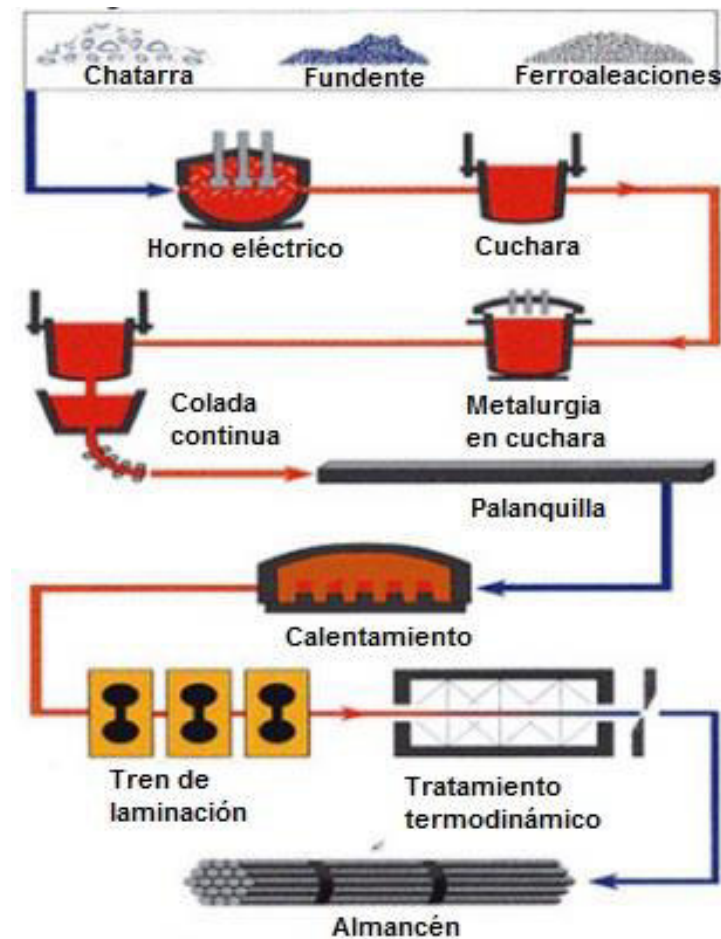


Figura 1. Proceso de fabricación del acero de refuerzo.

Fuente: (Medina, 2006).

2.1.7. MADERA DE ENCOFRADO

La madera de encofrado es utilizada para dar moldura a los elementos de hormigón armado; debido, a su gran versatilidad para adoptar la forma requerida. Existe gran diversidad de clases de maderas empleadas como encofrado. La madera seleccionada para el presente estudio son los tableros MDP (Partículas de Mediana Densidad). De acuerdo con Novopan (2017), los tableros MDP son paneles de partículas aglutinadas con resina, resistente a la humedad y diseñadas para encofrados.

2.1.7.1. Proceso de fabricación de la madera de encofrado

El proceso de fabricación de los tableros se resume en los siguientes pasos, de acuerdo a Mena & Suárez (2011):

1. **Recepción y Almacenamiento de Madera:** El proceso inicia con la recepción de materia prima. La mayoría de madera es el eucalipto y pino; sin embargo, también utiliza madera tipo jampa (troncos cortados), láminas (desecho del proceso de fabricación de contrachapados), viruta y aserrín.
2. **Molienda:** La molienda depende del tipo de materia prima; ya que, existe un molino distinto según sea el caso. Posteriormente, las partículas son almacenadas en distintos silos de acuerdo al tamaño.
3. **Secado y clasificación del material:** El material almacenado en los silos pasa a un proceso de secado. El método de secado es mediante la introducción de aire a elevadas temperaturas. Después el material pasa a través de zarandas y máquinas refinadoras; con el objetivo, de clasificar de acuerdo al tamaño de partícula: polvo fino, polvo medio, material fino y viruta mediana.
4. **Encolado y formación del colchón:** En esta fase, primero se debe mezclar el material particulado con distintos compuestos químicos como: parafina y resina, quienes proveen al material particulado características de compactación y resistencia.

Posteriormente, en las espaciadoras se conforma el colchón de partículas, al colocar una capa de material fino seguido por otra de material grueso y nuevamente una capa de partículas finas

5. Prensado: El colchón conformado por partículas pasa un proceso de pre-prensado en donde es compactado ligeramente. Posteriormente, pasa a la prensa continua, en donde es expuesto a altas temperaturas y presiones, generando así un tablero compactado y continuo.
6. Corte y apilamiento: Los tableros ingresan a un proceso de corte, en donde las sierras longitudinales remueven bordes irregulares y otra sierra transversal corta los tableros en las dimensiones deseadas. Después, los tableros pasan a un proceso de enfriamiento, para ser finalmente apilados para su posterior despacho.

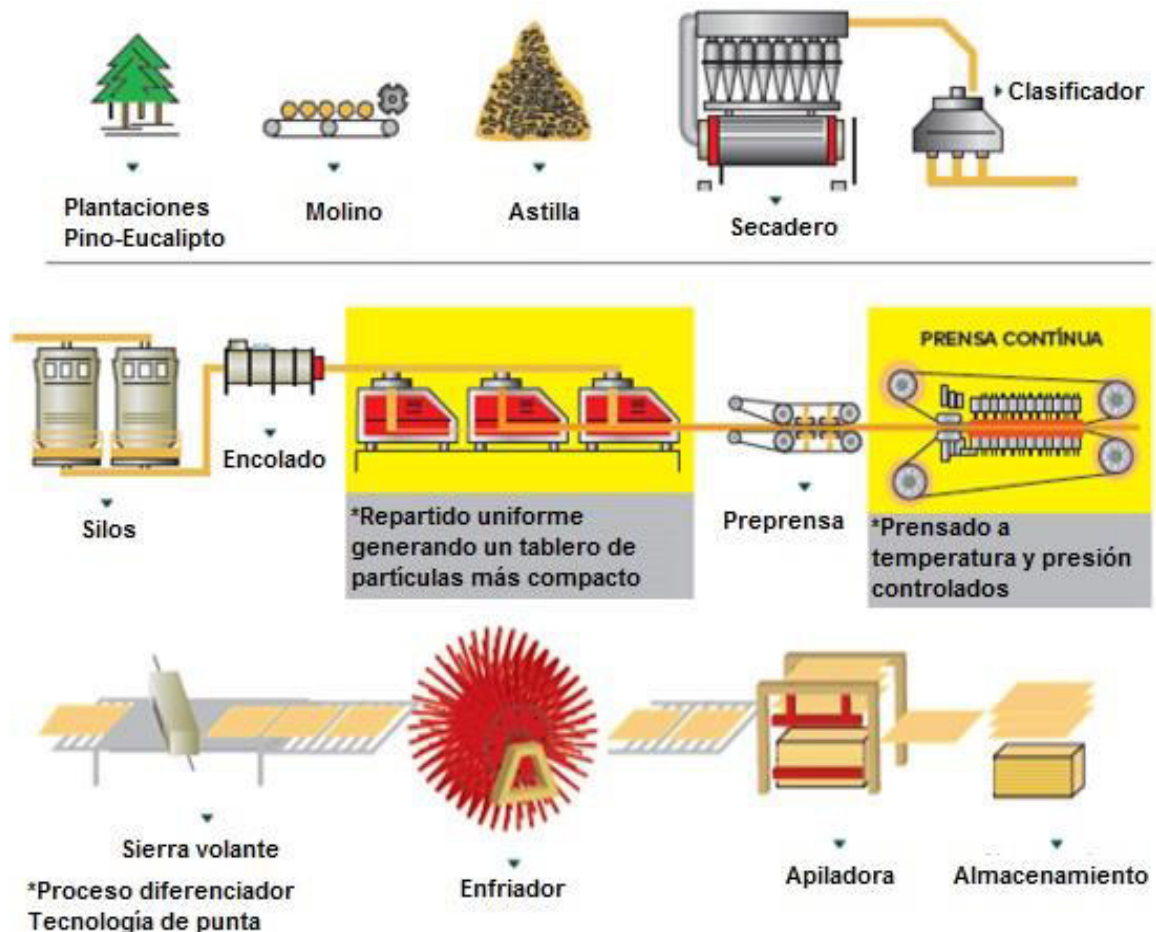


Figura 2. Proceso de fabricación de tableros MDP.

Fuente: (Novopan, 2017).

2.2. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)

De acuerdo a la ISO 14040 (2006), el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se define como un estudio que recopila y evalúa las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema a través de su ciclo de vida.

Según la SETAC (1993), el ACV es una herramienta ampliamente aceptada para evaluar los efectos ambientales de los productos, procesos y servicios; mediante la cuantificación de materiales y energía.

De acuerdo con Cal (2017), el ACV es una metodología que puede acarrear diversos beneficios para la empresa; ya que, gracias a sus herramientas de gestión ambiental permite tomar decisiones asertivas que asegurarán que productos o servicios tengan menor impacto ambiental.

La ISO 14040 (2006), menciona que el ACV evalúa impactos ambientales potenciales; es decir, no determina impactos absolutos o precisos. Esto se debe a distintas razones, una de ellas es el empleo de datos que dependen del lugar y tiempo; es decir, la evaluación de impactos ambientales es de naturaleza incierta.

2.2.1. CLASIFICACIÓN DEL ACV SEGÚN EL ALCANCE

De acuerdo a Cal (2017), existen distintos ACV, que dependen principalmente del alcance que este planteé:

- 1) **De la cuna a la tumba (Cradle to grave):** En este ACV, se realiza un estudio de entrada y salidas, a lo largo de todo el ciclo de vida. Las etapas dentro de este alcance son:
 - a) Materias primas: incluyendo la extracción, manufactura y transporte.
 - b) Fabricación: Incluye todos los procesos industriales para la elaboración de los productos a partir de las materias primas.
 - c) Almacenaje: Corresponde en almacenar los productos hasta su venta.
 - d) Distribución: Transporte del producto desde la fábrica hasta el consumidor.

- e) Uso del producto: Corresponde al uso del producto por parte del cliente.
- f) Disposición: El producto regresa al medio ambiente por medio de estrategias de reciclaje o gestión final.

2) **De cuna a puerta (Cradle to gate):** el alcance del sistema se enfoca en las entradas y salidas, desde la obtención de materias primas hasta que el producto es puesto en venta en el mercado:

- a) Materias primas: incluyendo la extracción y manufactura
- b) Transporte: a la planta de fabricación y montaje.
- c) Fabricación: Abarca las actividades necesarias para el procesado de las materias primas necesarios para la manufactura de componentes.



Figura 3. Tipos de Análisis de Ciclo de Vida.

Fuente: (Asertek Gestión, 2016).

2.2.2. ETAPAS DEL ACV

De acuerdo a la ISO 14040 (2006), el ACV se dividen en cuatro etapas diferentes:

1. Definición del objetivo y el alcance
2. La fase de análisis del inventario (ICV)
3. La fase de evaluación del impacto ambiental (EICV):
4. La fase de interpretación

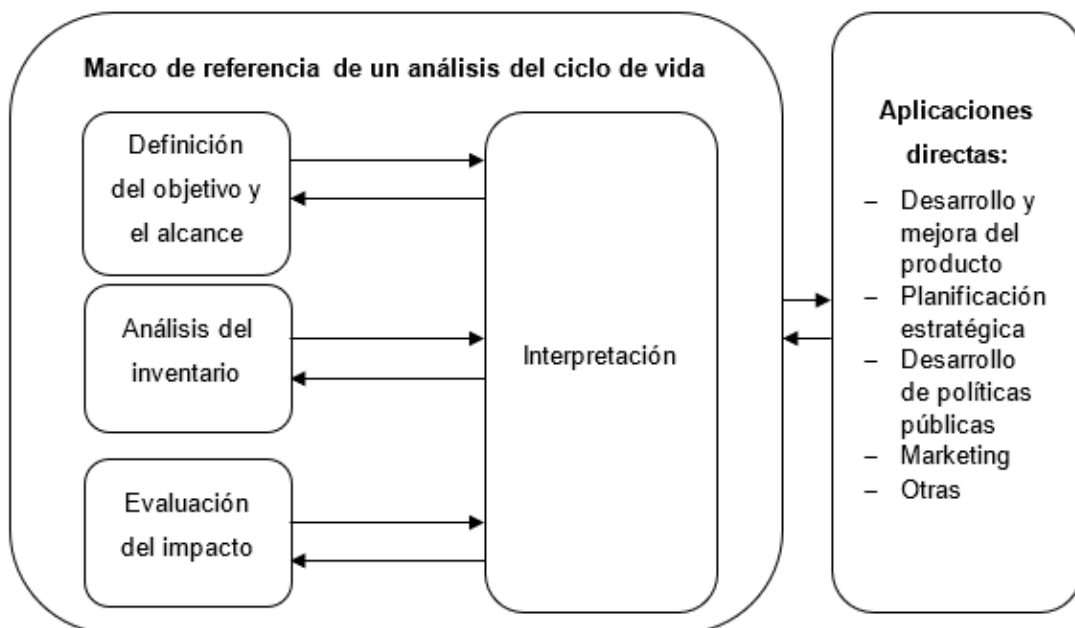


Figura 4. Etapas de Análisis de Ciclo de Vida.

Fuente: (ISO 14040, 2016).

Cabe mencionar, que todas etapas son particulares; sin embargo, estas se interrelacionan. A continuación, se describe más a detalle cada una de las etapas.

2.2.2.1. Definición del objetivo y alcance del ACV

“El objetivo y alcance de un estudio de ACV deben definirse claramente y ser consistentes con la aplicación que se persigue. Aunque el alcance puede tener modificaciones o ajustes durante el estudio” (Cal, 2017).

De acuerdo a la norma ISO 14040 (2006), se debe considerar los siguientes aspectos al momento de plantear un objetivo:

- La aplicación
- Motivo de realizar el estudio
- Público que va dirigido el estudio
- Los resultados pretenden ser utilizados en aseveraciones comparativas.

“El Alcance depende del tema y del uso previsto del estudio. Es imprescindible que esté bien definido para asegurar que el estudio sea compatible y suficiente para alcanzar el objetivo establecido” (Cal, 2017). De acuerdo a Güereca (2016), dentro del alcance se debe definir los siguientes elementos:

- Sistemas estudiados: Se debe establecer los productos o servicios que analizarán y compararán.
- Unidad funcional: Es el valor de referencia bajo el cual se cuantifican las entradas y salidas. Un ejemplo: es la vida útil de un edificio, este es un valor predeterminado que se usa como referencia para el cálculo.
- Límites del sistema: Se debe establecer los procesos unitarios que se abarcarán dentro del análisis; estos deben ser claros y precisos y van de la mano con el objetivo.

2.2.2.2. Análisis del inventario del ACV

A partir del objetivo y el alcance impuestos para el ACV, se genera el plan inicial para la elaboración del análisis del inventario. En esta etapa principalmente, se reconoce y cuantifica las entradas (inputs) y salidas (outputs). Cal (2017), menciona que dentro del análisis del inventario se deben considerar los siguientes pasos:

1. Recopilación de datos: Consiste en la recopilación de datos para cuantificar las entradas (ej.: materia prima) y salidas (ej.: emisiones al aire, vertidos al suelo). Estos datos pueden ser calculados, o también se puede apoyar de fuentes públicas o privadas; sin embargo, la calidad de los datos debe ser la suficiente para el análisis en cuestión.

2. El cálculo de los datos: Primero se realiza una validación de la calidad de los datos obtenidos. Segundo para cada proceso unitario se deben calcular las entradas y salidas; con el fin de que el resultado este referenciado a la unidad funcional. En este paso los procedimientos de cálculo deben ser claros y precisos.
3. Suma de los datos: En este paso se deben sumar cada uno de los procesos unitarios, únicamente se deben sumar parámetros equivalentes con impactos ambientales similares. En esta etapa se consigue el inventario calculado.
4. Inventario terminado: Consiste en realizar el balance de flujos que entran y salen del sistema a lo largo de todo su ciclo de vida para la unidad funcional.

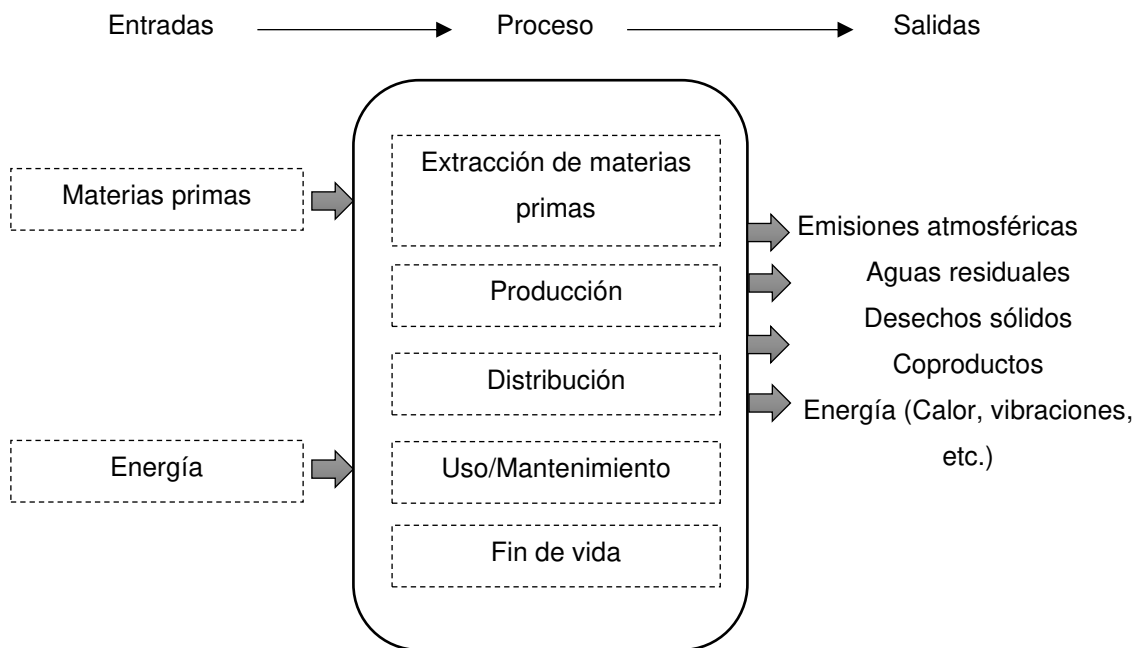


Figura 5. Inventario del de Ciclo de Vida para un proceso unitario.

Fuente: (Serrano, 2014).

2.2.2.3. Evaluación de impactos del ACV

“Tiene como propósito conocer y evaluar cuán significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando un método de evaluación para transformar los datos recogidos en el ICV, en resultados de carácter ambiental” (Cal, 2017). Es decir que los resultados de ICV son traducidos a indicadores de potenciales de impacto ambientales.

Feijoo & Moreira (2020), dividen a la evaluación de impactos en las siguientes etapas:

- **Selección de las categorías ambientales:** Se debe establecer la categoría de impacto ambiental: calentamiento global, eutrofización, acidificación, toxicidad, etc. Cabe mencionar que cada categoría está asociada una metodología distinta.
- **Clasificación:** En esta etapa, tanto las entradas como salidas del inventario son clasificadas en las categorías de impacto ambiental. El resultado es inventario agrupado en donde se aprecia únicamente los flujos de materia y energía asociados a una categoría. Por ejemplo, para un inventario terminado dentro de la categoría de calentamiento global, el resultado de la clasificación en esta categoría podría ser 20 kg CO₂ y 2 kg CH₄.
- **Caracterización:** En esta fase, se genera un indicador ambiental de acuerdo a la categoría de impacto; es decir, el impacto se evalúa en una sola unidad de referencia. Por ejemplo, para el calentamiento global t CO₂ eq.

Tabla 2*Categorías e indicadores de impacto más utilizados en ACV*

Categorías e indicadores de impacto		
Categorías para entradas	Materias primas	kg
	Recursos energéticos	MJ
	Uso de suelo	M ² /año o m ²
Categorías para salidas	Calentamiento global	Kg CO ₂ eq
	Destrucción capa de ozono estratosférico	Kg CFC11 eq
	Acidificación	Kg SO ₂ eq
	Formación de ozono troposférico	Kg C ₂ H ₂ eq
	Eutrofización	Kg PO ₄ eq
	Ecotoxicidad	Kg DBC eq
	Toxicidad humana	Kg DBC eq
	Ruido Radiación	
Otros flujos de entrada y salida hacia y desde otros sistemas	Materiales para reciclaje o para valorización energética	Kg MJ
	Residuos peligrosos y no peligrosos para eliminación final	Kg
	Uso de recursos reciclados	Kg
	Uso de recursos reutilizados	Kg

Fuente: (Cal, 2017).

2.2.2.4. Interpretación de resultados

De acuerdo a Feijoo & Moreira (2020), en esta etapa se realiza un análisis de los resultados obtenidos tanto en el análisis de inventario como de la evaluación de impacto, para generar las conclusiones que van de acuerdo con el alcance y objetivo; además, se determina las limitaciones que se presentaron en el estudio y por último se establece las distintas recomendaciones para futuras investigaciones. Además, Güereca (2016), menciona que el objetivo principal de esta etapa es la evaluación de las necesidades y posibles mejoras para disminuir el impacto ambiental asociado con el consumo de energía, de materias primas y el cambio climático que se genera durante el Ciclo de Vida de un producto o servicio.

2.2.2.5. ACV en la construcción

Rincón et al. (2011), menciona que históricamente la industria de la construcción es el sector con los niveles más altos de consumo de materia y energía; lo que ha generado grandes cantidades de emisión al medio ambiente. Sin embargo, para Koroneos & Dompros (2007), esta industria puede desempeñar un papel de vital importancia para el desarrollo sostenible, pudiendo conseguir este objetivo con la aplicación de herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida.



Figura 6. Ciclo de Vida de una edificación.

Fuente: (Cal, 2017).

Los impactos ambientales de un edificio ocurren a lo largo de todo el ciclo de vida. Como se aprecia en la imagen anterior existe contaminación desde los procesos industriales requeridos para la manufactura de los distintos materiales de construcción; seguido del transporte de estos desde la fábrica hasta la obra. En la ejecución de la obra existe contaminación en todas aquellas actividades que se requiera energía para la conformación de la edificación. En la etapa de uso u operación, la contaminación se genera según las demandas del usuario, traducido en el uso de energía y agua. Finalmente, en la demolición y disposición final, el impacto ambiental se ve reflejado en todos los procesos y desperdicios generados para llevar a cabo estas etapas.

Cabe mencionar que esto ocurre dentro de un enfoque de economía lineal. De acuerdo con Eurofins (2021), el ACV es una estrategia para una transición hacia la Economía Circular; ya que, este proporciona información acerca de los perfiles ambientales de los productos y servicios.

Las empresas dedicadas a la construcción de edificaciones consideran que los edificios son productos. La norma PAS 2050 (2011), establece que las etapas del ciclo de vida más relevantes para evaluación de productos o servicios son aquellos comprendidos desde la “cuna a la puerta”. Como este estudio está dirigido para aquellas empresas, el análisis se enfoca fundamentalmente en las etapas desde la fabricación de materiales, transporte y construcción.

2.3. SOSTENIBILIDAD Y DISEÑO CIRCULAR

2.3.1. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

El termino de construcción sostenible trata de que el entorno urbano no atente contra el medio ambiente y logre una funcionalidad en cuanto a la eficiencia energética y al uso adecuado de los recursos naturales usados en esta industria. Ramírez (2009) define a la construcción sostenible como aquella actividad que implica el uso eficiente de la energía, los recursos y materiales para el medioambiente; resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales.

La construcción sostenible aplica diferentes métodos enfocados en la planeación y desarrollo de los proyectos que inciden directamente en la sociedad y en el medio ambiente. Ramírez (2009), afirma que “los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo del entorno en donde están situados, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales”. Por lo tanto, hablar de construcción sostenible es de vital importancia para impulsar un desarrollo urbano sustentable para que las generaciones futuras puedan gozar de una buena calidad de vida.

2.3.2. DISEÑO CIRCULAR

El diseño circular capta el concepto de que nada es un desperdicio. Así es que los productos, en este caso los edificios, deben ser diseñados desde el primer momento para que esto se cumpla; tanto en el uso de materiales, su fabricación, transporte e implementación, como en su posterior desmontaje o demolición. Los principios que se deben seguir son: selección de materiales, ciclabilidad, durabilidad, desmontaje, versatilidad y residuos cero.

La Fundación Ellen MacArthur (2015), asegura que el diseño circular es capaz de reducir las emisiones globales de CO₂ de cemento, acero, plástico y aluminio en un 40%.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La delimitación de la zona de estudio se basó en el proyecto: Modelo De Exposición Y Mapa De Vulnerabilidad Del Distrito Metropolitano De Quito planteado por Chicaiza (2017), que identifica las edificaciones típicas de la ciudad de Quito dividiendo la zona urbana en cinco zonas homogéneas. Según Chicaiza (2017), una zona homogénea “es un espacio geográfico delimitado, donde los inmuebles existentes dentro del mismo tienen características similares en cuanto a cualidades físicas y socioeconómicas”. En este estudio se utilizaron los siguientes elementos del Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS, 2019) para definir las zonas homogéneas: uso vigente, ocupación, clasificación y número de pisos.

Se realizó todas las combinaciones posibles y los resultados fueron los presentados en el mapa mostrado en la figura 7:

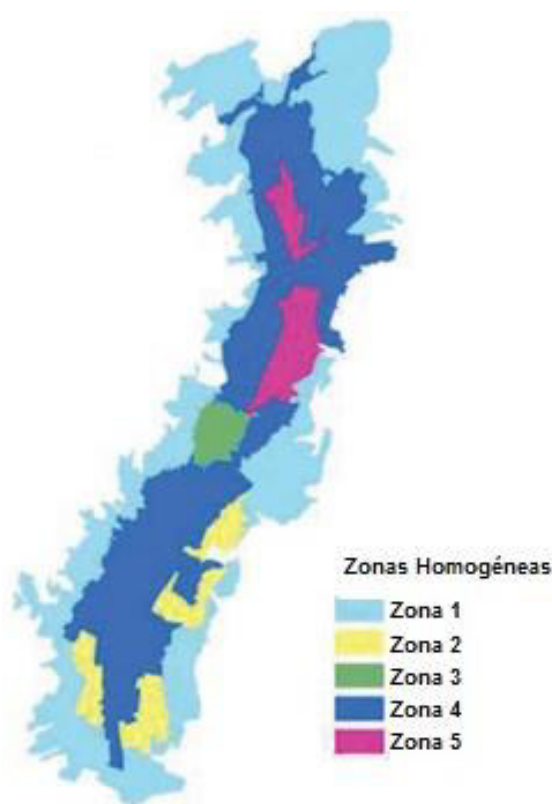


Figura 7. Zonas homogéneas del DMQ según elementos del PUOS.

Fuente: Chicaiza (2017).

Al tratarse de un tema de sostenibilidad, se optó por levantar información en la zona financiera y comercial del Distrito Metropolitano de Quito ubicada en el sector de la Carolina, debido a que en esta zona se encuentra la mayor densidad de edificios de mediana altura según el estudio de vulnerabilidad realizado por Chicaiza en 2017. Este sector corresponde a la zona homogénea 5 y se describe da la siguiente forma:

En la zona 5 están los predios con un número de pisos permitido mayor a 10, de uso residencial y múltiple, se ubican los sectores centro-norte (zona financiera) y norte de la ciudad. Las estructuras que existen allí son de construcción formal con edificios que pueden sobrepasar los 15 pisos (Chicaiza, 2017).

3.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

Se levantaron 100 edificios para tener una muestra aceptable dentro de la zona de estudio. Se llevó a cabo un levantamiento de información basado en la observación de las fachadas de los edificios y en la medición del área útil en planta. Cada edificio contó con las siguientes cualidades: un identificador, nombre, ubicación, número de pisos y área útil en planta. La base de datos se encuentra en el Anexo 1.

3.3. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Se realizó un mapa con un Sistema de Información Geográfica (SIG) en el cual se puede visualizar la zona comercial delimitada y los edificios levantados en las figuras 8 y 9, respectivamente.

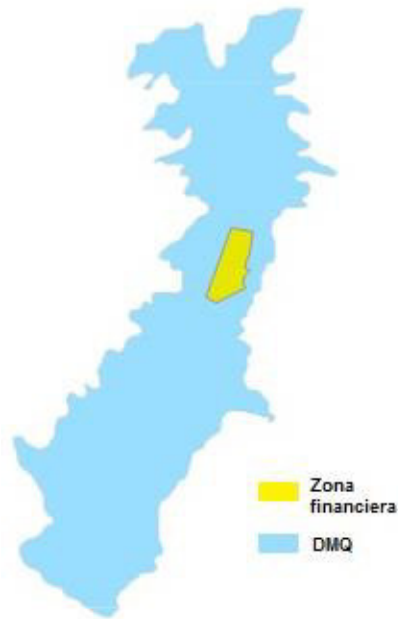


Figura 8. Zona financiera (en amarillo) dentro del DMQ.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

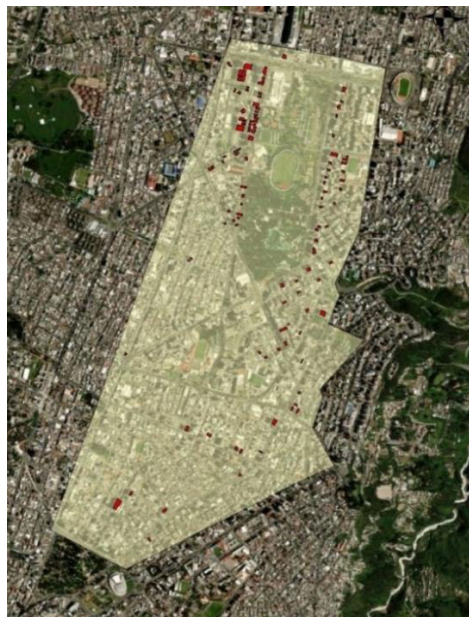


Figura 9. Edificios con información levantada.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Se realizó un análisis estadístico en base a la información levantada en la base de datos con la muestra de los 100 edificios. Dentro de este análisis se determinó que la mayor parte de los edificios son de ocupación residencial (49%) seguido de oficinas (29%) y uso múltiple (22%).

El promedio del número de pisos de acuerdo a su ocupación es de 11 pisos para uso residencial y oficinas, mientras que, de 14 pisos para el uso de ocupación múltiple, según el estudio estadístico la variación para el número de pisos para cada ocupación es: residencial ± 4 pisos, oficinas ± 5 pisos y ocupación múltiple ± 4 pisos.

El promedio del área útil en planta de acuerdo a su ocupación es de 472 m² para uso residencial, 470 m² para oficinas y 546 m² para el uso de ocupación múltiple, según el estudio estadístico la variación para cada ocupación es: residencial ± 322.65 m², oficinas ± 442.27 m² y ocupación múltiple ± 362.23 m². Los rangos aceptables se presentan en las tablas 3, 4 y 5 para cada parámetro de acuerdo a la ocupación.

Tabla 3

Resultados de análisis estadístico.

Ocupación	No. edificios levantados	Promedio no. de pisos	Promedio área en planta
Residencial	49	10.82	471.90
Oficinas	29	10.76	470.45
Múltiple	22	13.18	546.09

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 4

Rango de valores de número de pisos de edificios levantados.

Ocupación	Desviación estándar no. de pisos	Rango menor	Rango mayor
Residencial	3.67	7.14	14.49
Oficinas	4.40	6.35	15.16
Múltiple	3.42	9.76	16.60

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 5

Rango de valores área en planta de edificios levantados.

Ocupación	Desviación estándar área en planta	Rango menor	Rango mayor
Residencial	322.65	149.25	794.54
Oficinas	442.27	28.18	912.72
Múltiple	362.23	183.86	908.32

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

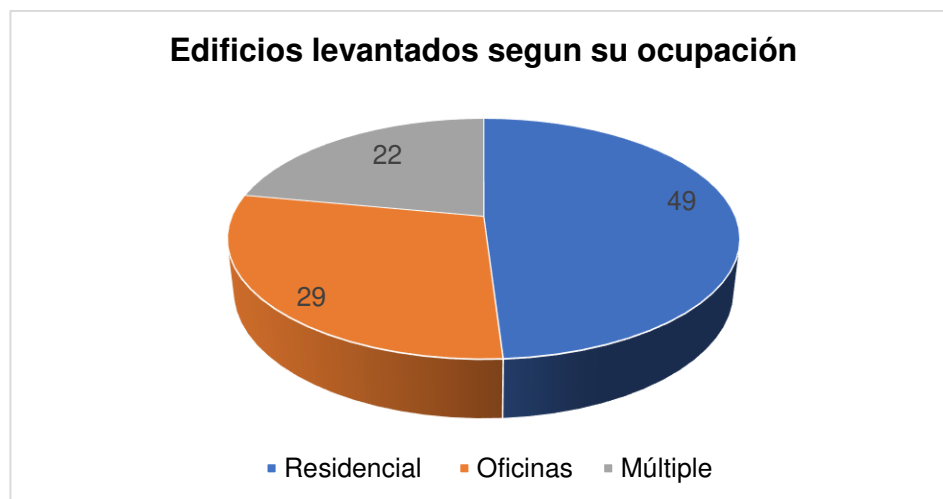


Figura 10. Resultados de edificios levantados según su ocupación.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

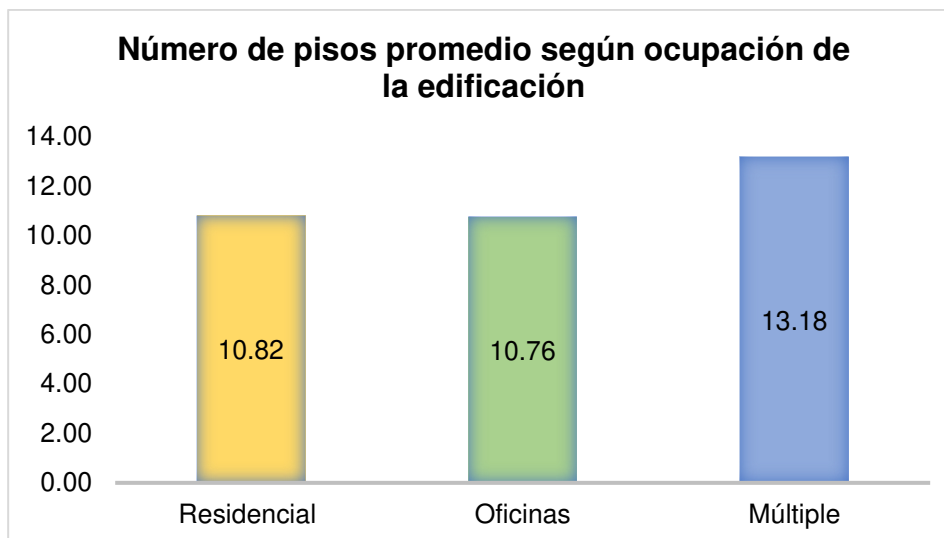


Figura 11. Número de pisos promedio según ocupación de la edificación

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

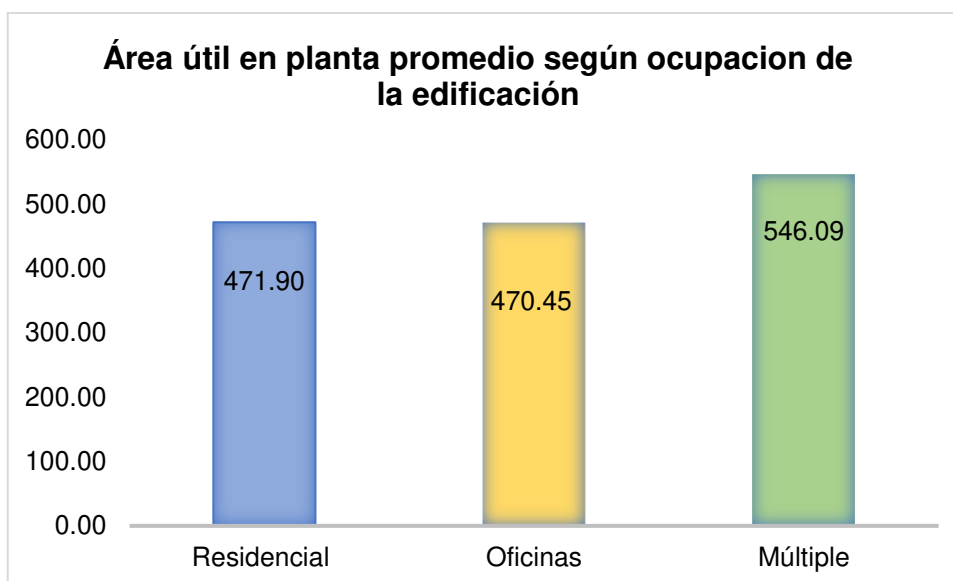


Figura 12. Área útil en planta promedio según ocupación de la edificación.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Con todo esto se define las características de un edificio tipo de la ciudad de Quito en la zona comercial y financiera, sector la Carolina para el presente estudio. El edificio tipo tendrá un uso de ocupación residencial con 11 ± 4 pisos y un área en planta útil de $472 \pm 322.65 \text{ m}^2$.

Tabla 6*Características del edificio tipo*

Ocupación	Residencial
Número de pisos	11 ± 4
Área en planta (m²)	472 ± 322.65

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.4.1. UBICACIÓN

Una vez determinada las propiedades arquitectónicas correspondientes al edificio tipo de la Zona 5 en el Distrito Metropolitano de Quito, se procede a definir la ubicación de la edificación. Considerando las 11 ± 4 plantas promedio, con un área promedio de 472 ± 322.65 m²; además, haciendo uso de las normas que el Municipio de Quito establece, se determinará la ubicación del edificio tipo.

El Plan de Uso y Ocupación de Suelo (PUOS) es el componente del Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial que, según lo determinado en el artículo IV.1.22 del Libro IV del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito, tiene por objeto la estructuración de la admisibilidad de usos y la edificabilidad, mediante la fijación de los parámetros y normas específicas para el uso, ocupación, habilitación del suelo y edificación. (PUOS, 2019).

Como se mencionó anteriormente, el sector de La Carolina comprende aquellas zonas con mayor desarrollo vertical en la ciudad; dentro de esta se encuentra la zona financiera, con edificaciones de uso múltiple, tanto residencial como comercial.

De este modo, para determinar el terreno físico en donde se emplazará la edificación, se seleccionó un terreno ubicado en el centro de la zona en estudio, esto se realizará mediante el software Google Earth, que proporciona imágenes satelitales. Por otro lado, el terreno a seleccionar no debe presentar edificaciones construidas; con el objetivo, de que el estudio presente mayor validez a un caso real, en donde la edificación a construir sea nueva.



Figura 13. Ubicación del terreno destinado para el emplazamiento del edificio.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Las herramientas de Google Earth, nos permite determinar ciertas características del área en estudio, como son la ubicación, y el área en planta.

Tabla 7 *Propiedades del terreno destinado para el emplazamiento del edificio a analizar.*

Características del terreno	
Latitud	-0.178332º
Longitud	-78.436299º
Área	907 m ²
Perímetro	121 m

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

En este caso se ha seleccionado un terreno ubicado en el sector de la Carolina, este se encuentra frente al Centro Comercial Iñaquito, diagonal al parque La Carolina. El terreno se encuentra entre la Av. Río Amazonas y Corea. Del mismo modo, como se presenta en las anteriores imágenes las coordenadas del terreno son Latitud: -0.178332° y Longitud: -78.466299° . Por último, otras características del terreno seleccionado es el área en planta, el cual consta de 907 m^2 y el perímetro que es igual a 121 m.

El Municipio de Quito, cuenta con una herramienta digital en internet, desarrollada por la Secretaría del Territorio; mediante el empleo de una aplicación web de ArcGIS, la ciudad se encuentra discretizada según el PUOS.

Si nos dirigimos al sitio de estudio determinamos que la zona si se encuentra categorizada. En este caso el terreno corresponde a una zona A24, de uso múltiple, y está ubicado en la parte urbana de la ciudad.

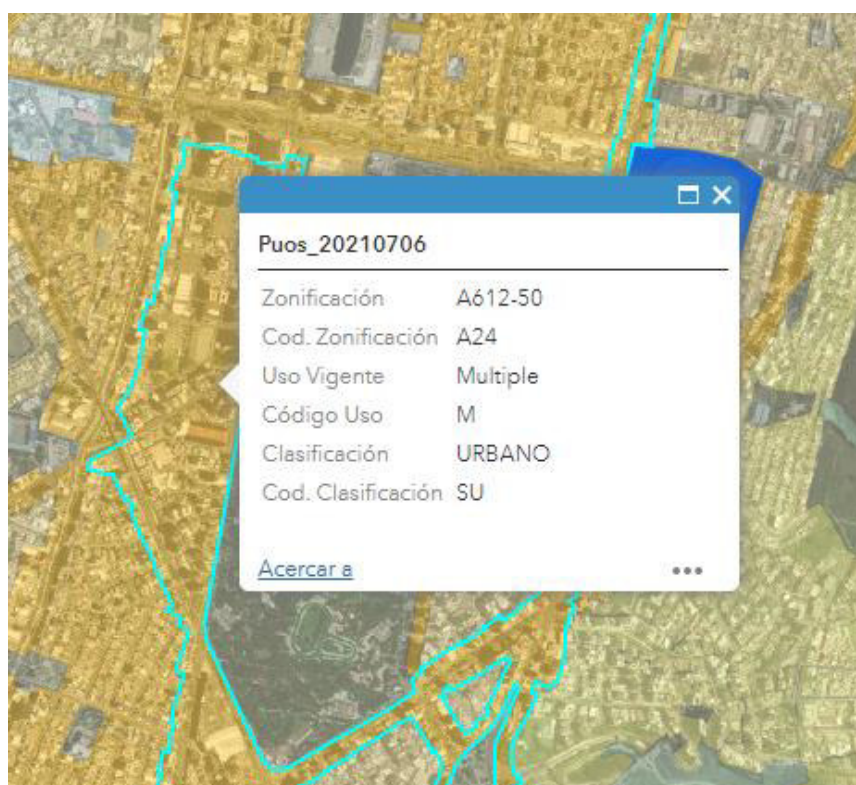


Figura 14. Zonificación según el PUOS para terreno seleccionado.

Fuente: (PUOS, 2019).

De este modo, cada código de zonificación tiene sus propios estándares y criterios para la construcción de una edificación, como el número de pisos, retiros, área de lote, etc. En este caso al determinar el terreno como una zona A24, se deben considerar los siguientes criterios:

Tabla 8

Detalle de propiedades zonificación (A24) según el PUOS para terreno seleccionado.

Edificación										Habilitación del suelo	
A aislada											
N.º	Zona	Altura máxima		Retiros			Distancia entre bloques	COS-PB	COS TOTAL	Lote mínimo	Frente mínimo
		Pisos	M	F	L	P	M	%	%	m ²	m
23	A610-50	10	40	5	3	3	6	50	500	600	15
24	A612-50	12	48	5	3	3	6	50	600	600	15
25	A812-50	12	48	5	3	3	6	50	600	800	20
26	A1005-40	5	20	5	3	3	6	50	200	1000	20

Fuente: (PUOS, 2019).

Al comparar los resultados obtenidos de las características de un edificio tipo en la zona 5 de la ciudad de Quito con respecto al número de pisos máximo que se pueden construir según el PUOS, se observa que el número de pisos del edificio tipo (11 ± 4 pisos), cumple con la normativa. Por otro lado, el lote en donde se emplazará la edificación también cumple con el área mínima (907 m^2) que el PUOS establece (600 m^2).

3.4.2. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

La selección de la propuesta arquitectónica debe considerar los parámetros determinados en la sección 3.3; en otras palabras, este debe considerar, los siguientes puntos:

- ✓ La propuesta arquitectónica debe corresponder de un edificio de 11 ± 4 pisos.
- ✓ El área en planta debe rondar entre $472 \pm 322.65 \text{ m}^2$.
- ✓ El COS-PB, debe inferior al 50%, para el terreno seleccionado.

De este modo la propuesta arquitectónica que cumplió con los parámetros es la siguiente:

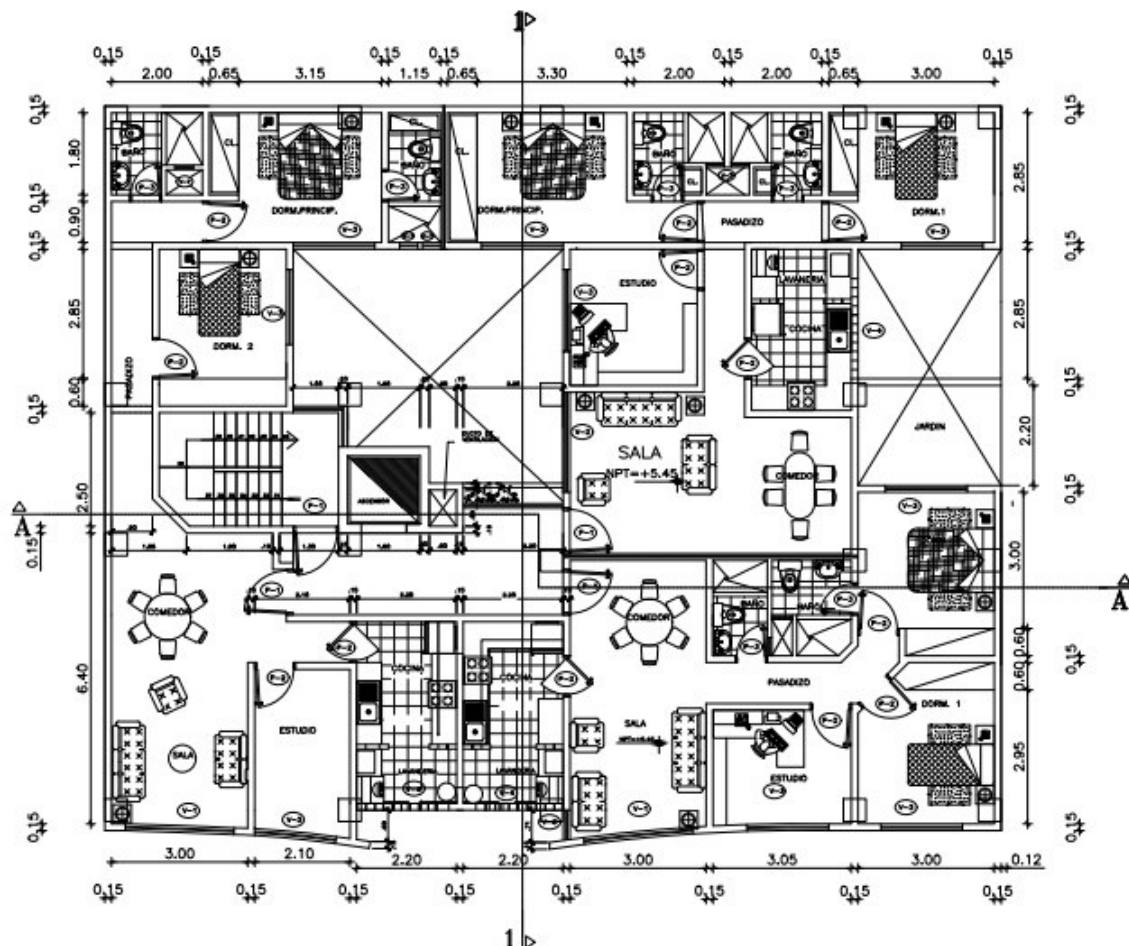


Figura 15. Planta tipo: 1er, 2do, 3ro, 4to, 5to, 6to y 7mo piso.

Fuente: (Procons, 2006).

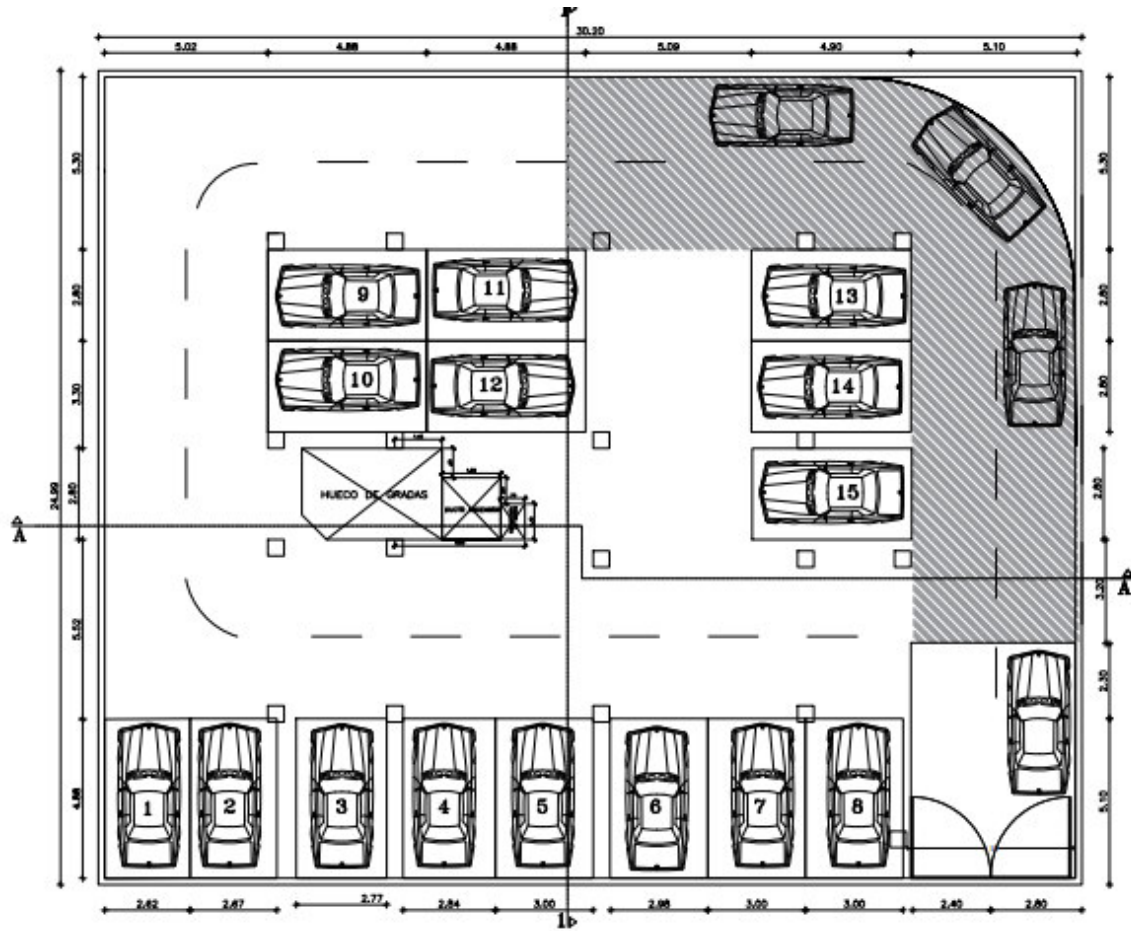


Figura 16. Planta subsuelos.

Fuente: (Procons, 2006).

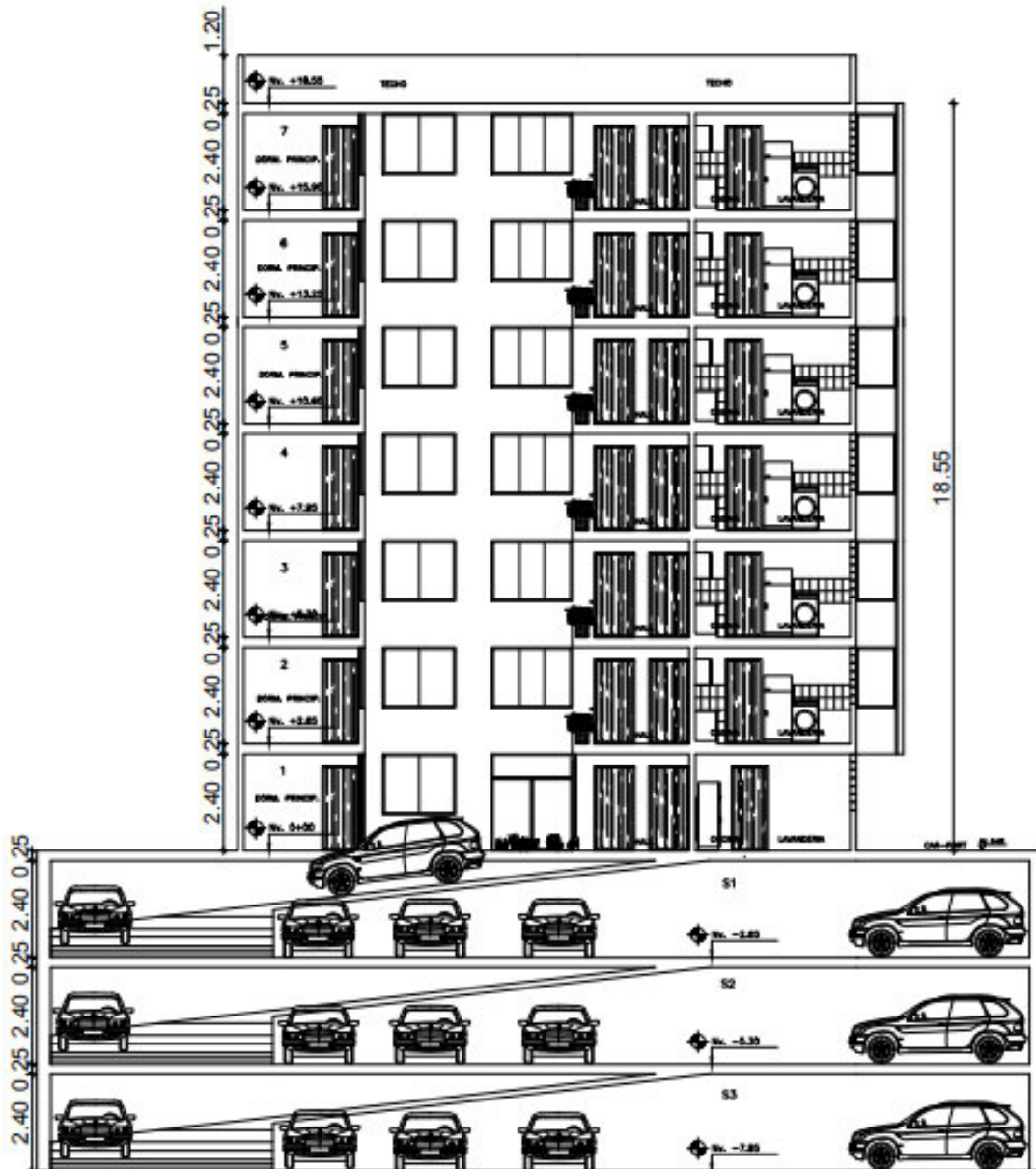


Figura 17. Corte 1-1.

Fuente: (Procons, 2006).

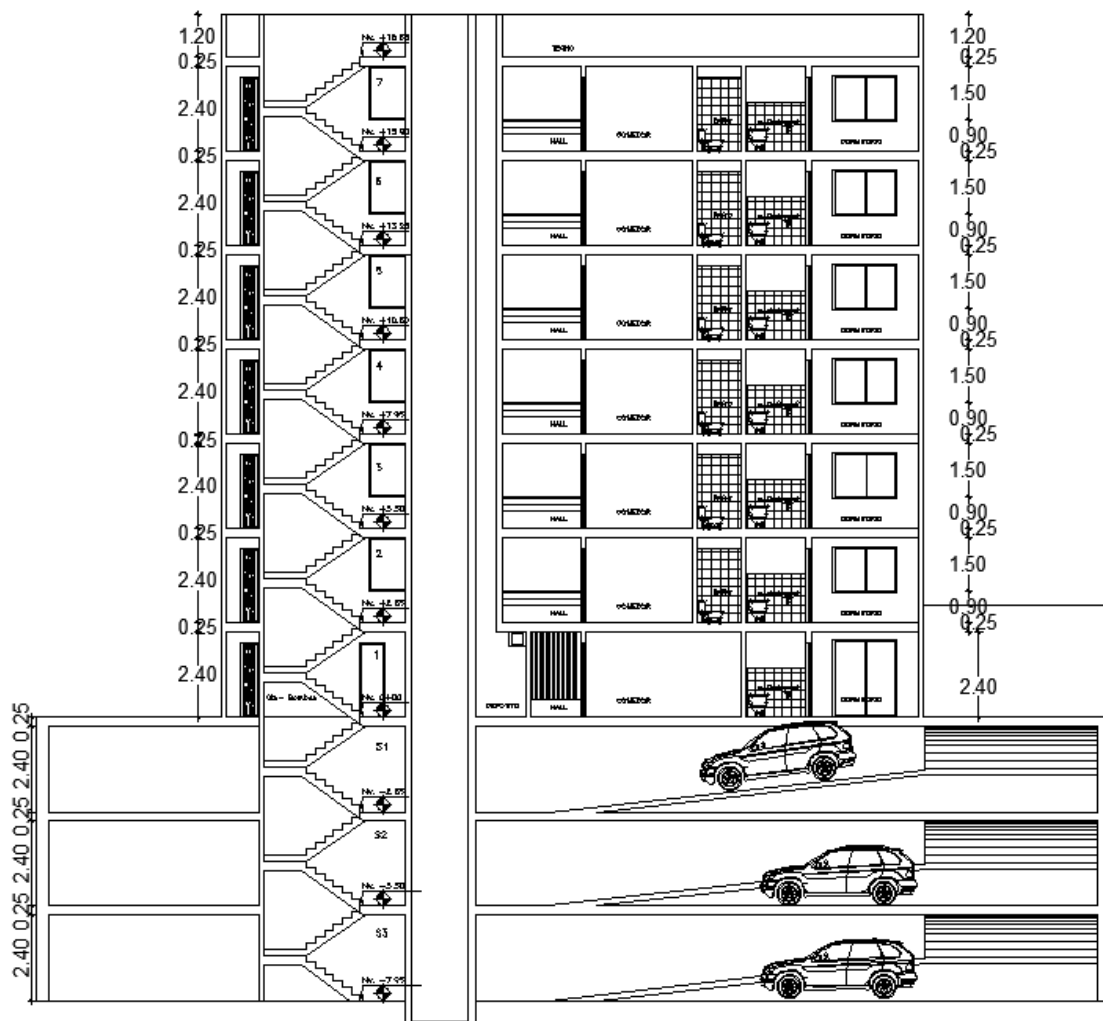


Figura 18. Corte A-A.

Fuente: (Procons, 2006).

Tabla 9

Tabla de propiedades arquitectónicas proyecto seleccionado.

Propiedades Propuesta Arquitectónica		
Parámetro	Unidad	Valor
No. de pisos	u	7
No. de subsuelos	u	3
Altura sin subsuelos	m	18.55
Altura total	m	26.50
Área en planta	m ²	255.43
COS. PB	%	28.16
COS. Total	%	197.13

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.4.3. TIPO DE SUELO

El tipo de suelo depende del emplazamiento de la estructura. La determinación de las cualidades del suelo debe ser determinadas mediante extracción de muestras y ensayos de laboratorio, un ensayo común es el STP (Standard Penetration Test); sin embargo, por fines académicos, el tipo de suelo será determinado mediante el uso de referencias bibliográficas.

Uno de los estudios más relevantes en donde se abarca gran parte de los estudios previos realizados en la ciudad de Quito acerca de los distintos perfiles de suelo, es el estudio de Microzonificación Sísmica de Quito.

Entre las primeras clasificaciones de suelo realizadas en la ciudad de Quito, corresponde a la Clasificación de Suelos de la EPN realizada por Valverde et al. en 1994. En este estudio se clasificó a la ciudad en Quito en 20 zonas.

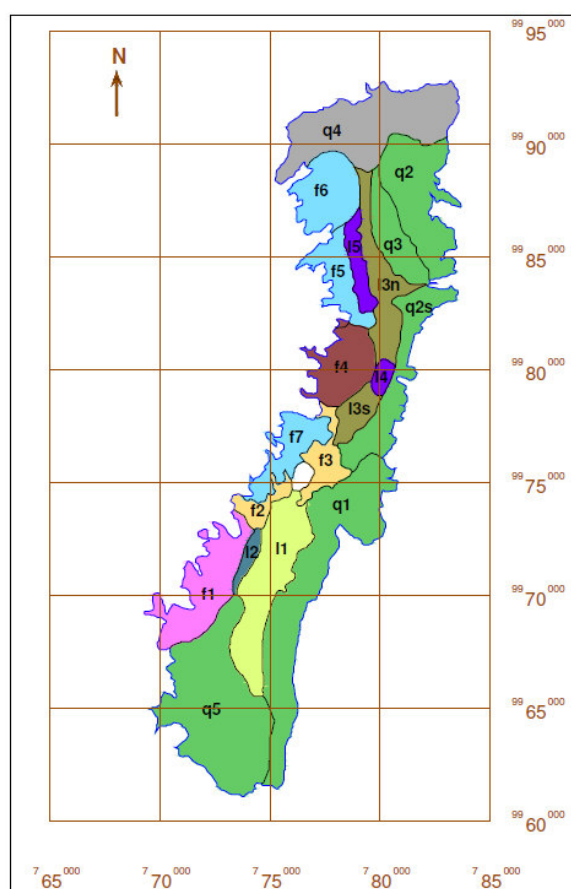


Figura 19. Clasificación de suelo en zonas en la ciudad de Quito.

Fuente: (Valverde et al., 1994).

Considerando las coordenadas establecidas en la sección 3.4.1, se determinó que la edificación se encuentra en la zona L4. Según este estudio la zona L4 es en donde existe mayor concentración de la población y esta corresponde a un perfil que está cubierto por ceniza volcánica y suelos lacustres asentados sobre depósitos de la formación Cangahua. Por otro lado, se tiene las características de cada zona:

Tabla 10

Velocidad de corte a distintas profundidades en cada zona.

Zona	V _{s5} [m/s]	V _{s10} [m/s]	V _{s15} [m/s]	V _{s20} [m/s]	V _{s25} [m/s]
F1	302.00	303.11	337.75		
F2	243.00	251.16	279.31	304.23	323.35
F3	194.00	219.65	241.18	264.81	
F4	280.47	329.73			
F5	302.95	345.43			
F6	294.43	318.98	334.54		
F7	295.54				
L1	216.00	255.61	257.75	284.98	310.19
L2	266.19	280.80	292.38	325.27	348.82
L3	216.48	246.13	267.36	288.84	308.51
L4	226.00	261.60	298.02		
L5	230.02	271.00			
Q1	240.00	284.75	302.23	317.17	334.98
Q2n	344.99	344.73			
Q2s	344.99	344.73	366.38	378.26	
Q3	221.22	266.24	303.07		
Q4	313.24				
Q5	302.00	332.96	327.99	329.64	346.04

Fuente: (Valverde et al., 1994).

Posteriormente Valverde et al. en el 2002, realiza un trabajo complementario al estudio realizado en 1994, en donde su punto débil yacía en la falta de información en estratos más profundos de suelo. Este estudio basándose en el CEC (Código Ecuatoriano de Construcción), clasificó a la ciudad entres tipo de suelo S1, S2 y S3.

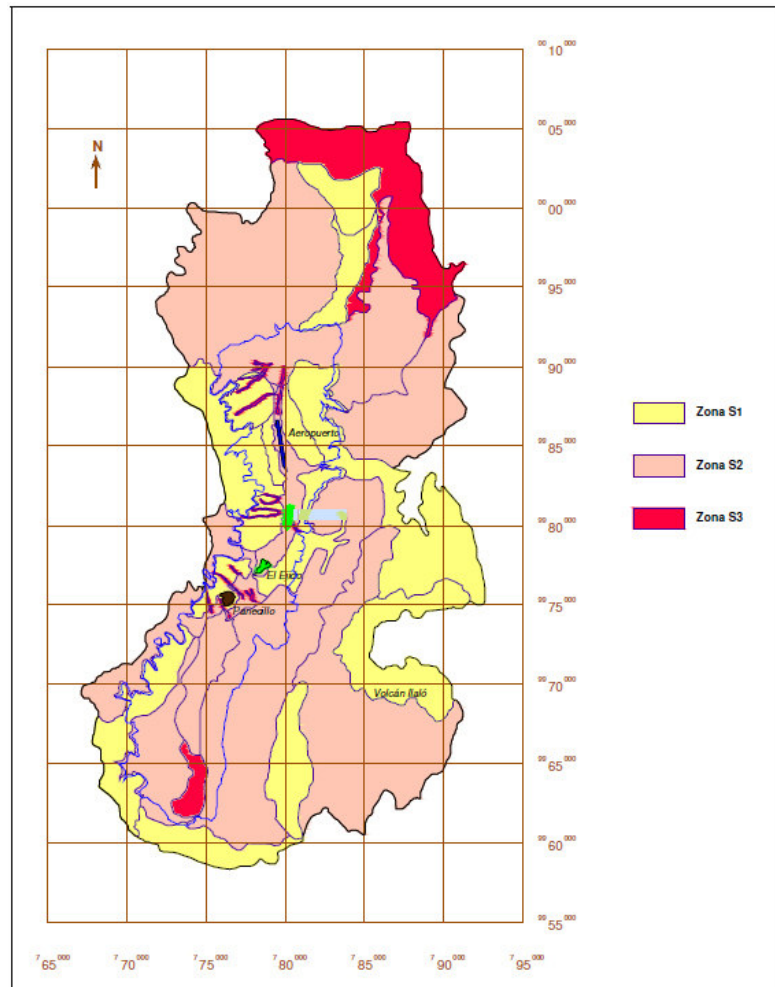


Figura 20. Clasificación de suelos en Quito.

Fuente: (Valverde et al., 2002).

El edificio se encuentra emplazado en una zona S2. Según Aguiar (2015), “el perfil de suelo S2 son suelos con características intermedias entre los suelos S1 y S3. Estos suelos corresponden a Cangahuas de poco espesor no muy consolidados, depósitos lacustres y depósitos laharíticos sobre potentes estratos de toba y Cangahuas”.

La Cangahua es una ceniza volcánica que con el paso del tiempo (miles de años) se ha nitrificado dando lugar a una roca blanda. Es un suelo muy resistente apto para la construcción, en verano es muy difícil excavar en este tipo de suelo, en invierno es más fácil (Bonifaz, 1992).

En base a toda la información mencionada se comparará con lo expuesto en la norma NEC-SE-DS (2015), en donde establece ciertos criterios para poder clasificar al suelo.

Tabla 11

Clasificación tipo de suelos.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ 100 kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015).

Al comparar la tabla 10 con la tabla 11, se observa que el rango de las velocidades de corte a distintas profundidades corresponde a un perfil de suelo tipo D. Además, de acuerdo a Aguiar (2015), los estudios realizados para el metro de Quito evidenciaron que gran parte de los suelos de Quito en los primeros 30 m de profundidad son Cangahua, los cuales se asemejan a un tipo de suelo D.

3.4.4. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

La capacidad portante del suelo; es decir su resistencia admisible, corresponde a otro parámetro requerido para poder diseñar estructuras, en específico las cimentaciones. Pese a que dos tipos de suelo sean de la misma clase, estos pueden diferir debido a la intervención de diversas variables.

La tesis de la EPN de Guerrón & Tacuri (2012), determinó que la capacidad admisible del suelo en el sector de la Carolina corresponde a 18.34 t/m².

3.4.5. COEFICIENTE DE BALASTO

El Coeficiente de Balasto, o también llamado como Módulo de Reacción de la Subrasante, es un parámetro muy utilizado para el diseño de cimentaciones. La forma más exacta de establecer este parámetro es a partir del ensayo de placa, en donde se correlaciona la deformación lineal del suelo al ejercer una determinada fuerza en una placa con área definida. Otra forma de establecer este parámetro es mediante ecuaciones empíricas como la de Bowles (1997), en donde correlaciona el Coeficiente de Balasto con la capacidad portante del suelo siendo igual a:

$$Kb = 120 * qa \left[\frac{t}{m^2} \right]$$

$$Kb = 120 * 18.34 = 2200.8 \left[\frac{t}{m^3} \right]$$

3.5. SISTEMAS ESTRUCTURALES

Los sistemas estructurales adoptados para este estudio fueron:

- Sistema Aporticado Optimizado (SAO).
- Sistema Dual Optimizado (SDO).
- Sistema Aporticado Equivalente (SAE).

3.6. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

El edificio estudiado corresponde a una estructura de 7 plantas sobre el nivel de calle más 3 plantas de subsuelos para parqueaderos; el área en planta es aproximadamente de 256 m².

Se parte de la información de los planos arquitectónicos, para ubicar y predimensionar los diferentes elementos estructurales. Para los sistemas aporticados y dual, los pórticos especiales se colocaron tomando en cuenta la continuidad de los mismos y que en las conexiones viga-columna no converjan más

de cuatro vigas. Los muros de corte, para el sistema dual, se ubicaron de forma simétrica en las esquinas, tomando la proporción de un tercio a las longitudes totales de la planta en cada dirección, esto con el fin de reducir la excentricidad entre el centro de masas y el centro de rigideces para evitar el efecto de torsión en planta, además se mantuvo la continuidad desde la cimentación hasta la última losa.

Las plantas estructurales de los modelos matemáticos de la planta tipo y de la planta de subsuelos de los sistemas aporticado optimizado, dual optimizado y aporticado equivalente se presentan a continuación.

3.6.1. SISTEMA APORTICADO OPTIMIZADO

Este sistema cuenta con cuatro pórticos horizontales (sentido X) y cinco pórticos verticales (sentido Y) con las siguientes dimensiones en sus elementos:

- Vigas principales de 40x60 cm para todos los niveles superiores desde el nivel Nv. +2.65 m
- Vigas principales de 30x50 cm para los tres niveles de subsuelos.
- Vigas secundarias de 25x25 cm.
- Cuatro tipos de columnas con secciones de 60x60 cm, 65x65 cm, 60x65 cm, 65x70 cm empezando desde la base del edificio Nv. -7.95 m hasta el nivel Nv. +10.60 m y secciones de 50x50 cm, 55x55 cm, 50x55 cm, 55x60 cm desde el nivel Nv. +10.60 m hasta el nivel Nv. +18.55 m.
- Losas alivianadas de dos direcciones con una capa de compresión de 5 cm, nervios de 10x20 cm y alivianamientos de 40x40x20 cm (dos bloques unidos de 40x20x20 cm).
- Muros de contención continuos en los tres subsuelos con espesores de 35 cm, 40 cm y 45 cm, entre los cuales se colocaron columnas secundarias de dimensiones de 45x45 cm.
- Vigas de cimentación tipo T invertida de 45 cm del espesor del alma, 160 cm de ancho del patín inferior para vigas interiores, 300 cm para vigas de borde, 40 cm de peralte del patín y 160 cm de peralte total.

3.6.1.1. Optimización de las secciones

Las secciones de los elementos tipos viga y columna fueron optimizadas cumpliendo los requisitos de diseño sismo resistente según la NEC-SE-DS (2015). El proceso que se siguió para la optimización de estas secciones fue el siguiente:

- Se obtuvieron las secciones mínimas para las vigas para que cumplan con el criterio de vigas descolgadas según el capítulo 9 del código ACI-318-19 en donde se verificó que el promedio de la relación entre la rigidez de las vigas interiores y la rigidez de la losa sea mayor que dos ($\alpha_{fm} > 2$). Las vigas cumplieron con una sección de 30x50 cm, pero con estas dimensiones no cumplían con las derivas permisibles (0.02) por lo que se realizó iteraciones en las dimensiones de las vigas para que las derivas cumplan con el límite permisible. Las dimensiones aceptables fueron de 38x57 cm, debido a que constructivamente estas dimensiones no son aplicables se tomó las dimensiones de 40x60 cm.
- Para las secciones mínimas de las columnas se calculó las áreas cooperantes, después se estimó la longitud de las vigas en esas áreas, luego se discretizó según el tipo de columna al cual le corresponde un factor de reducción de sobrecarga según el elemento de soporte. Esto se realizó con el objetivo, de determinar el valor K_{LLAT} para saber si se reduce la carga viva en base a lo referido NEC-SE-CG (2015). Tomando el valor de la compresión del hormigón propuesto de 28 MPa se predimensionó las columnas con secciones de 45x50 cm pero en el modelo matemático estas secciones no satisficieron las derivas por lo que se procedió con las iteraciones con lo que se llegó a secciones de 59x58 cm, 63x66 cm , 59x64 cm, y 62x72 cm, debido a que constructivamente estas dimensiones no son aplicables se tomó las dimensiones de 60x60 cm, 65x65 cm, 60x65 cm, 65x70 cm.

3.6.1.2. Modelo computacional

Las plantas tipo, de subsuelo y el modelo computacional en tres dimensiones se muestran en las figuras 21,22 y 23 respectivamente.

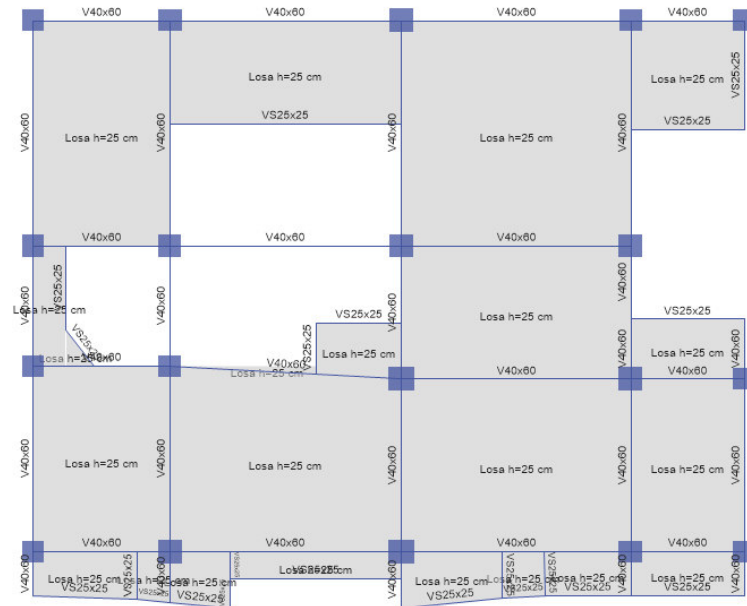


Figura 21. Modelo planta estructural SAO pisos superiores.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

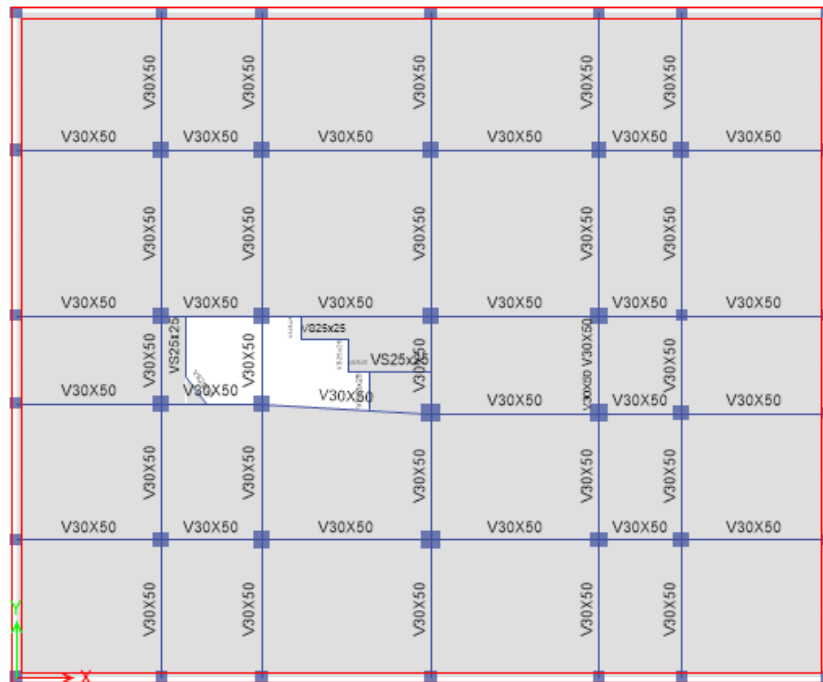


Figura 22. Modelo planta estructural SAO subsuelos.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

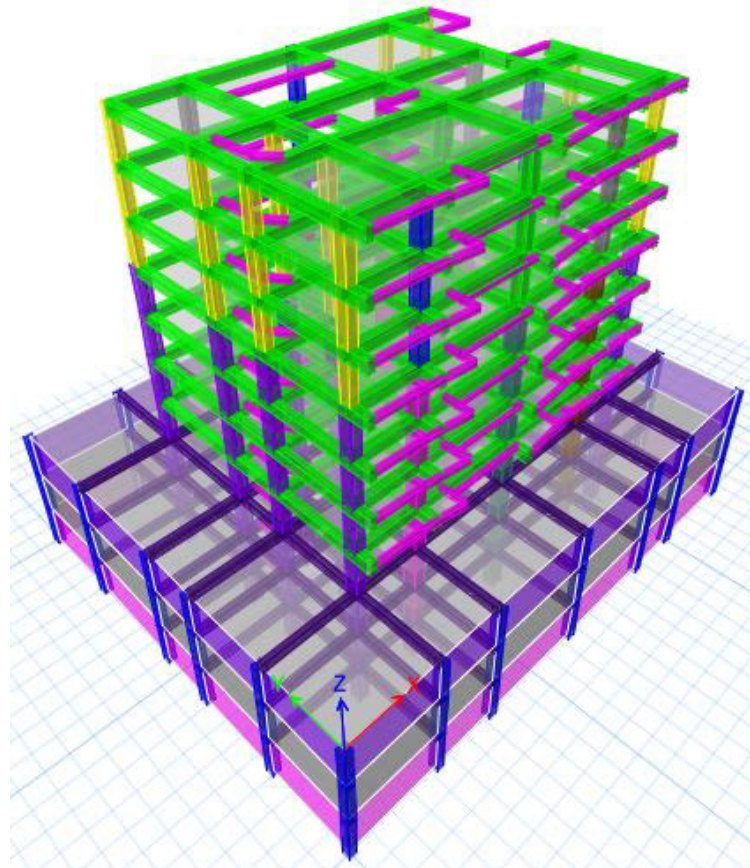


Figura 23. Modelo computacional en 3D del SAO realizado en ETABS.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.6.2. SISTEMA DUAL OPTIMIZADO

Este sistema cuenta con cuatro muros estructurales en cada sentido ubicados en las esquinas de la planta tipo, cuatro pórticos horizontales (sentido X) y cinco pórticos verticales (sentido Y) con las siguientes dimensiones en sus elementos:

- Muros de corte con espesor de 25 cm y cabezales de 35x35 cm empezando desde la base del edificio Nv. -7.95 m hasta el nivel Nv. +10.60 m y un espesor de 20 cm y cabezales de 30x30 cm desde el nivel Nv. +10.60 m hasta el nivel Nv. +18.55 m.
- Vigas principales de 35x55 cm para los niveles Nv. -7.95 m hasta el nivel Nv. +10.60 m y de 30x50 cm desde el nivel Nv. +10.60 m hasta el nivel Nv. +18.55 m.
- Vigas secundarias de 25x25 cm.

- Columnas principales con secciones de 55x55 cm en los niveles Nv. -7.95 m hasta el nivel Nv. +10.60 m y con secciones de 50x50 cm desde el nivel Nv. +10.60 m hasta el nivel Nv. +18.55 m.
- Losas alivianadas de dos direcciones con una capa de compresión de 5 cm, nervios de 10x20 cm y alivianamientos de 40x40x20 cm (dos bloques unidos de 40x20x20 cm).
- Muros de contención continuos en los tres subsuelos con espesores de 35 cm, 40 cm y 45 cm, entre los cuales se colocaron columnas secundarias de dimensiones de 45x45 cm.
- Vigas de cimentación tipo T invertida de 45 cm del espesor del alma, 160 cm de ancho del patín inferior para vigas interiores, 300 cm para vigas de borde, 40 cm de peralte del patín y 180 cm de peralte total.

3.6.2.1. Optimización de las secciones

Las secciones de los muros de corte se optimizaron de acuerdo a un cálculo de predimensionamiento, cumpliendo con el requisito de que absorban el 75% del cortante basal estático en cada dirección. Este cálculo se realiza con las ecuaciones presentadas en el código ACI-318-19 y se visualizan en el Anexo 2. Las secciones de los elementos tipos viga y columna fueron optimizadas cumpliendo los requisitos de diseño sismo resistente según la NEC-SE-DS (2015). El proceso que se siguió fue el siguiente:

- Las secciones optimizadas de los espesores de los muros de corte se obtuvieron teniendo en cuenta los recubrimientos y espaciamientos mínimos establecidos en la normativa para el vaciado del hormigón premezclado, además de respetar los cálculos de predimensionamiento.
- Debido a las longitudes de los muros, se colocó cabezales con dimensiones mínimas respetando el cálculo y la viabilidad constructiva.
- Se obtuvieron las secciones mínimas para vigas y columnas siguiendo el mismo procedimiento presentado en la sección 3.6.1.1 del presente trabajo.

3.6.2.2. Modelo computacional

Las plantas tipo, de subsuelo y el modelo computacional en tres dimensiones se muestran en las figuras 24, 25 y 26 respectivamente.

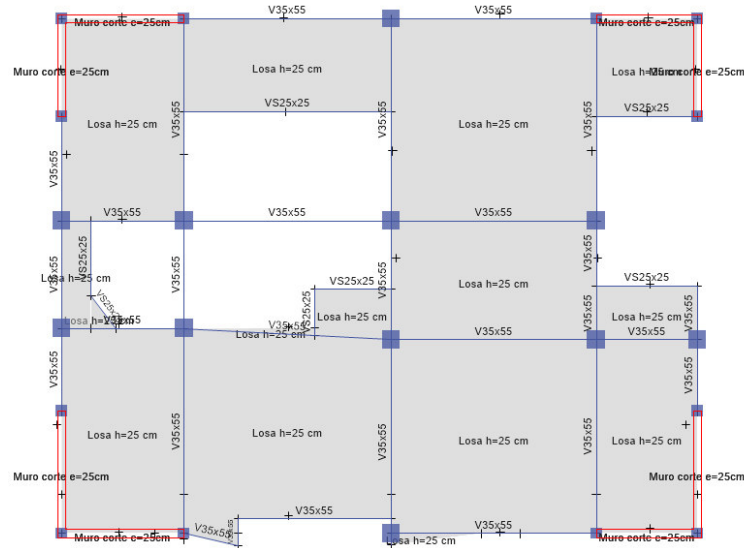


Figura 24. Modelo planta estructural SDO pisos superiores.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.



Figura 25. Modelo planta estructural SDO subsuelos.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

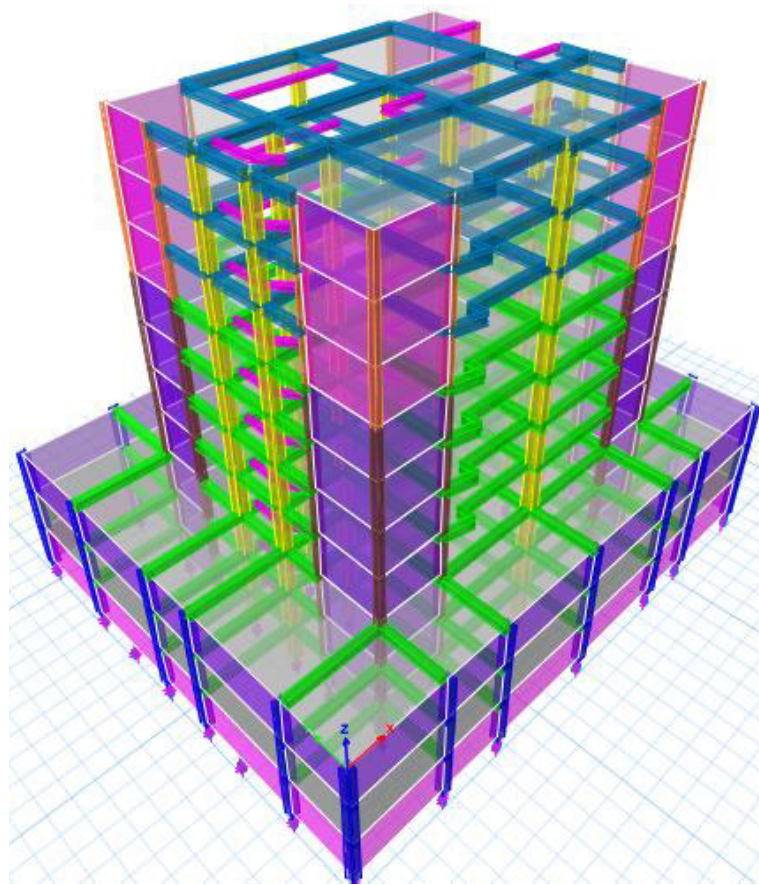


Figura 26. Modelo computacional en 3D del SDO realizado en ETBAS.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.6.3. SISTEMA APORTICADO EQUIVALENTE

Este sistema tiene la misma configuración estructural que el SAO, pero cambian las secciones debido a que se buscó hallar un sistema equivalente al SDO tomando en cuenta la deriva máxima de piso que fue de 0.83%. Las secciones de este sistema fueron las siguientes.

- Vigas principales de 55x85 cm para todos los niveles.
- Vigas secundarias de 25x40 cm.
- Dos tipos de columnas con secciones de 120x120 cm y 110x110 cm empezando desde la base del edificio Nv. -7.95 m hasta el nivel Nv. +10.60 m y secciones de 110x100 cm y 100x100 cm desde el nivel Nv. +10.60 m hasta el nivel Nv. +18.55 m.

- Losas alivianadas de dos direcciones con una capa de compresión de 5 cm, nervios de 10x20 cm y alivianamientos de 40x40x20 cm (dos bloques unidos de 40x20x20 cm).
- Muros de contención continuos en los tres subsuelos con espesores de 35 cm, 40 cm y 45 cm, entre los cuales se colocaron columnas secundarias de dimensiones de 55 cm x 55 cm.
- Vigas de cimentación tipo T invertida de 45 cm del espesor del alma, 170 cm de ancho del patín inferior para vigas interiores, 300 cm para vigas de borde, 40 cm de peralte del patín y 180 cm de peralte total.

3.6.3.1. Equivalencia estructural

En este sistema no se efectuó optimización de secciones; en cambio, se realizó un proceso iterativo de modificación de secciones, entre vigas y columnas, hasta hallar una deriva máxima igual al SDO.

3.6.3.2. Modelo computacional

Las plantas tipo, de subsuelo y el modelo computacional en tres dimensiones se muestran en las figuras 27, 28 y 29 respectivamente.

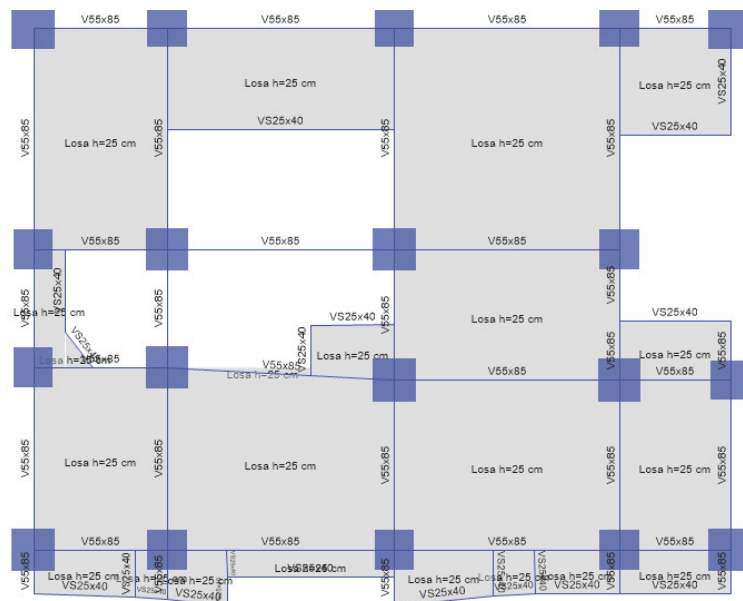


Figura 27. Modelo planta estructural SAE pisos superiores.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

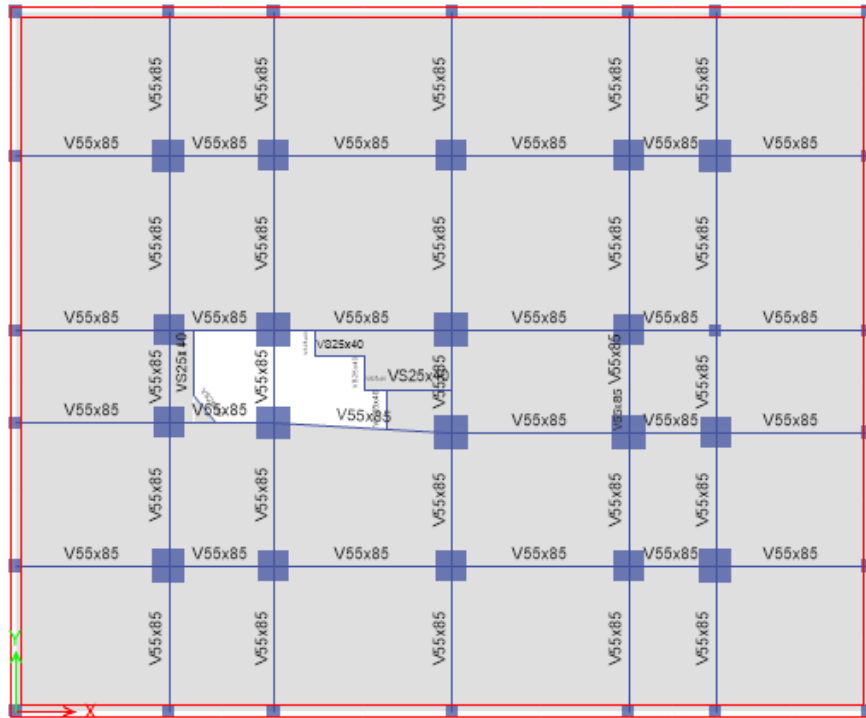


Figura 28. Modelo planta estructural SAE subsuelos.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

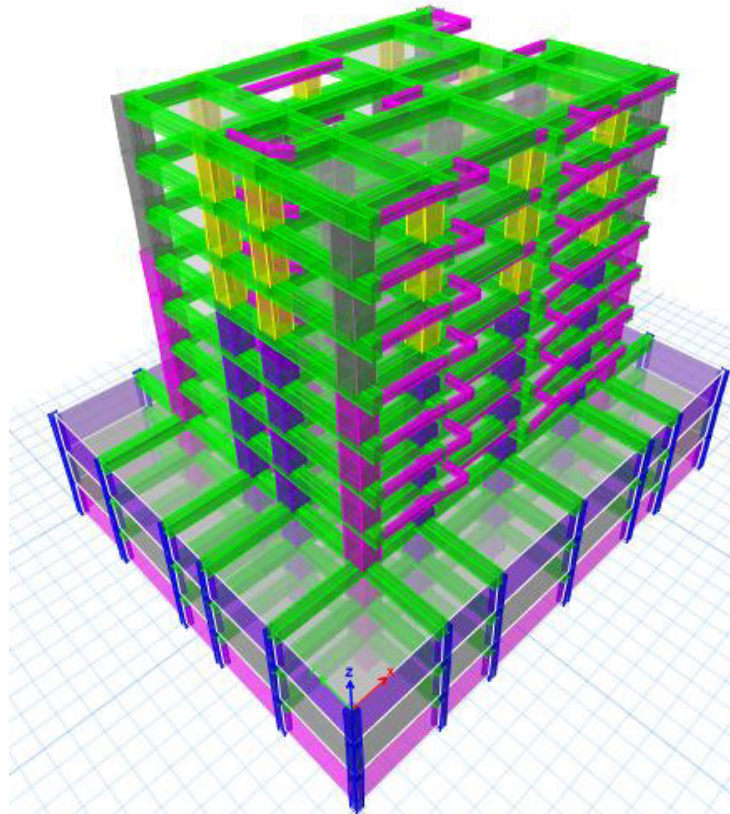


Figura 29. Modelo computacional en 3D del SAE realizado en ETBAS

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7. MEMORIAS DE CÁLCULO

3.7.1. CÓDIGOS EMPLEADOS

Los códigos de diseño empleados se mencionan a continuación:

ASCE 7-16 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

ACI 318-19 American Concrete Institute

NEC 2015 Norma Ecuatoriana de la Construcción, año 2015

3.7.2. MATERIALES

- La resistencia del hormigón considerada es de 280 kg/cm^2 . En base a lo mencionado en la sección 2.1.5, el módulo de elasticidad resultante es igual a $252671.33 \text{ kg/cm}^2$.
- La resistencia del acero de refuerzo es igual a 4200 kg/cm^2 , que corresponde al acero de alta resistencia utilizado en el reforzamiento de hormigón armado.

3.7.3. ESTIMACIÓN DE CARGAS

3.7.3.1. Carga muerta

La carga muerta es igual a la suma de las cargas permanentes, que están conformadas por los pesos de todos los elementos que actúan sobre la estructura tales como muros, paredes, recubrimientos y masillados. De esta manera se tomó los valores de pesos específicos de los materiales presentados en la tabla 12.

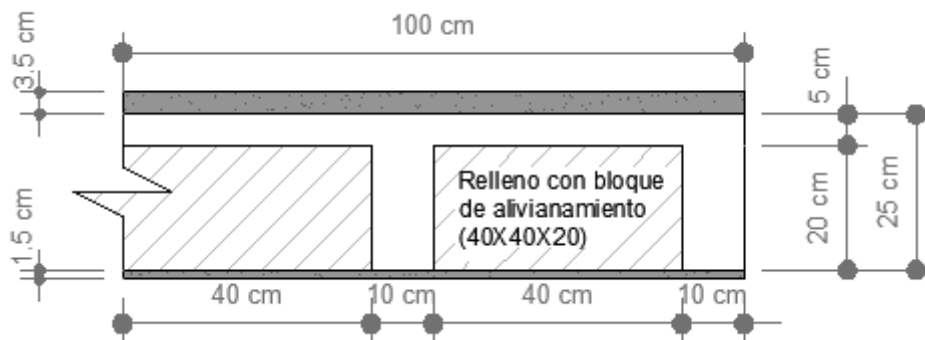
Tabla 12*Estimación de carga muerta.*

Material	Símbolo	Magnitud	u	Fuente
Peso específico del hormigón	γ_h	2.4	t/m ³	NEC-SE-CG Cargas (No sísmica), 2015
Peso específico del mortero (Cemento compuesto y arena 1:3 a 1:5)	γ_m	2	t/m ³	NEC-SE-CG Cargas (No sísmica), 2015
Peso de bloque alivianado	Wbloque	7.5	kg/u	NEC-SE-CG Cargas (No sísmica), 2015
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	Wacabados	0.02	t/m ²	NEC-SE-CG Cargas (No sísmica), 2015

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

En el presente trabajo no se calculó los pesos muertos de los elementos estructurales, tales como, vigas, columnas, losas y muros de corte debido a que este cálculo los realiza automáticamente en la modelación con el software de análisis estructural (ETABS).

Los recubrimientos y acabados en las losas se calcularon tomando en cuenta las dimensiones presentadas en la figura 30 y los pesos específicos de la tabla 12.

**Figura 30.** Esquema en corte de losa alivianada.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 13*Carga muerta de recubrimientos*

Descripción	Magnitud	u
Peso bloques por m ² (8 u/m ²)	0.06	t/m ²
Peso masillado (e=3.5 cm)	0.07	t/m ²
Peso enlucido (e=1.5 cm)	0.03	t/m ²
Peso acabados de piso (e=2 cm)	0.0002	t/m ²
Total CM recubrimientos	0.16	t/m²

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 14*Cargas muertas totales en losas de entrepiso y losa de cubierta*

Elemento	Magnitud	u
Espesor enlucido (2 capas)	1.5	cm
Peso por bloque (mampostería)	10.5	kg
Peso mortero (Unión)	5.77	kg
Peso enlucido	5.35	kg
Peso total	21.62	kg
q' (Peso unitario de mampostería)	242.32	kg/m ²
Área paredes (plano)	232.20	m ²
Área paredes cubierta (plano)	84.6	m ²
Área en planta	255.43	m ²
W entrepiso	56.27	t
q entrepiso	0.22	t/m ²
W cubierta	20.500	t
q cubierta	0.080	t/m ²
CM (Entrepiso para modelo)	0.38	t/m²
CM (Cubierta para modelo)	0.24	t/m²

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.3.2. Carga viva

La carga viva que se utilizó en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación. La edificación está destinada para uso de viviendas. En la NEC-SE-CG (2015), menciona que la carga unitaria uniformemente distribuida, Lo , para edificaciones para uso residencial es de 2 kN/m^2 (0.2 t/m^2). Esta carga viva se implementó para entresijos y gradas. La carga viva de la cubierta es igual a 4.80 kN/m^2 (0.48 t/m^2); ya que, en el plano arquitectónico mostraba una terraza accesible.

3.7.3.3. Análisis sísmico

Las fuerzas sísmicas se determinan mediante un análisis dinámico, en donde se considera ciertos aspectos propios de la estructura como el lugar en donde está emplazada, su ductilidad, la importancia, etc. Los factores requeridos para la definición del espectro de diseño establecido por la NEC-SE-DS (2015), son descritos en la tabla 15.

Tabla 15

Factores sísmicos para definir el espectro de diseño de la NEC-15.

Factor	Valor
Zona sísmica	V
Tipo de suelo	D
F_a	1.20
F_d	1.19
F_s	1.28
η	2.48
r	1
T_o (s)	0.13
T_c (s)	0.70
I	1.00
R	8
ϕ_p	0.90
ϕ_e	1.00

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

De este modo, se procede a definir el espectro de diseño en el software como en la figura 31.

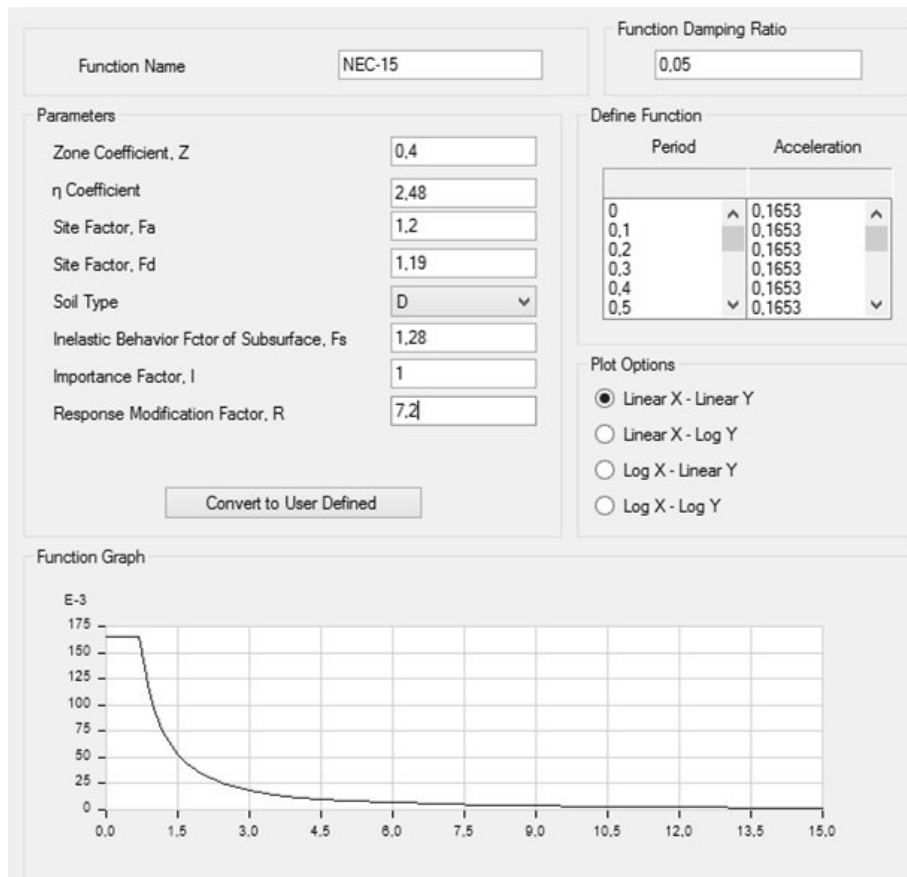


Figura 31. Definición espectro de diseño.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.4. FUENTE DE MASAS

Se debe asignar correctamente la fuente de masas para que exista un correcto cálculo de las propiedades modales de la estructura. La NEC-SE-DS (2015), establece que para edificios la fuente de masas corresponde al 100% de la carga muerta por lo que se coloca esta condición en el programa como se muestra en la figura 32.

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Dead	1

Add
Modify
Delete

Mass Options

Include Lateral Mass
 Include Vertical Mass
 Lump Lateral Mass at Story Levels

Figura 32. Asignación de fuente de masas.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.5. COMBINACIONES DE CARGA

De acuerdo con la NEC-SE-CG (2015), las combinaciones de carga consideradas en el análisis son:

- $U1 = 1.4 D$
- $U2 = 1.2 D + 1.6 L$
- $U3 = 1.2 D + L \pm E$
- $U4 = 0.9 D \pm E$

En donde:

- D: carga muerta
- L: carga viva
- E: carga por sismo

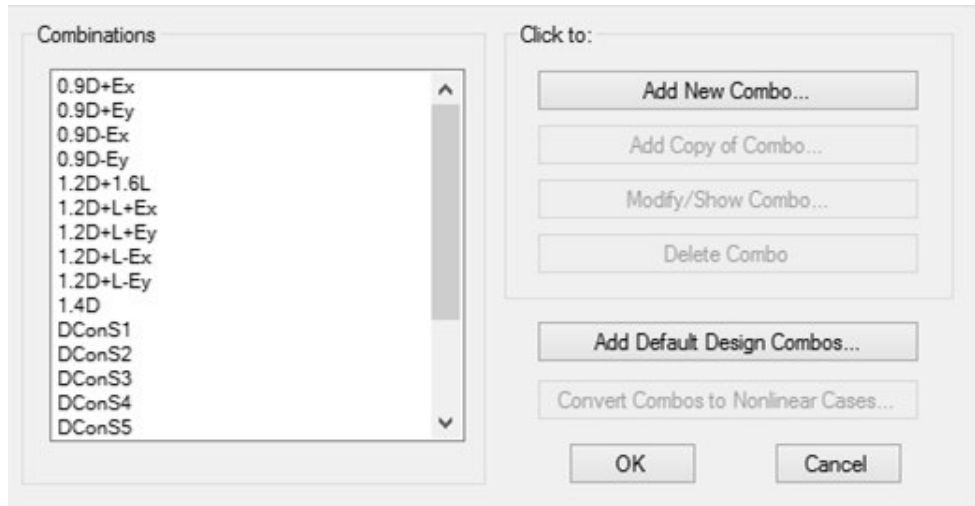


Figura 33. Definición combinaciones de carga.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.6. ESCALAMIENTO POR CORTANTE BASAL

La norma NEC-SE-DS (2015), establece que el cortante basal proveniente del análisis dinámico debe ser al menos el 85% del cortante basal estático para estructuras irregulares. En las tablas 16 y 17 se muestran los valores de los cortantes dinámicos y estáticos en cada dirección para los tres sistemas analizados, respectivamente.

Tabla 16

Cortante basal análisis dinámico en los tres sistemas.

Sistema	Caso	Cortante basal [t]
SAO	Sismo dinámico X	233
	Sismo dinámico Y	222
SDO	Sismo dinámico X	265
	Sismo dinámico Y	261
SAE	Sismo dinámico X	466
	Sismo dinámico Y	495

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 17

Cortante basal análisis estático en los tres sistemas.

Sistema	Caso	C	K	Peso reactivo [t]	Cortante basal [t]
SAO	Sismo X e Y	0.1377	1.169	2011	277
SDO	Sismo X e Y	0.1653	1.019	1902	314
SAE	Sismo X e Y	0.1653	1.021	3295	545

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Según la NEC-SE-DS (2015), el cortante basal dinámico debe ser por lo menos un 85% del cortante basal estático. Para el cálculo del factor de escalamiento se divide el cortante basal dinámico para el estático, si el resultado es menor que 0.85. De este modo se tiene la tabla 18 los factores para escalar los sismos dinámicos en cada dirección en los tres sistemas.

Tabla 18

Revisión escalamiento de análisis dinámico

Sistema	Factor escalamiento X	Factor escalamiento Y
SAO	1.01	1.06
SDO	1.01	1.02
SAE	No es necesario	No es necesario

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.7. REVISIÓN DE CORTANTE EN SDO

Como se menciona en la sección 2.1.2.2 del presente trabajo, los muros de corte deben absorber al menos el 75% del cortante basal para ser considerados sistemas duales. La revisión de este criterio se resume en la tabla 19, en donde se observa que los muros, en los casos estáticos y dinámicos, absorben más del 75% del cortante basal.

Tabla 19*Revisión SDO*

Revisión muros de corte					
Caso	Cortante basal [t]			V muros	Observación ($V_{\text{Muros}} \geq 0,75V$)
	Total	En muros	En columnas	%	
Sismo Estático X	314	262	52	83%	OK
Sismo Estático Y	314	266	48	85%	OK
Sismo Dinámico X	267	227	40	85%	OK
Sismo Dinámico Y	267	217	50	81%	OK

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.8. COMPORTAMIENTO MODAL

Los tres sistemas presentan un comportamiento modal adecuado ya que se presenta un mayor porcentaje de la masa modal efectiva en los movimientos traslacionales en los sentidos X e Y con un 75% aproximadamente en los dos primeros modos presentándose torsión en planta en su tercer modo de vibración. Además, los distintos comportamientos cumplen con lo descrito en la NEC-SE-DS (2015), donde se manifiesta que “todos los modos que se involucren en la participación de una masa modal acumulada deben ser de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas”. Los modos, periodos y masas modales efectivas en cada sistema se presentan a continuación.

3.7.8.1. Sistema aporticado optimizado

Este sistema presenta el comportamiento modal mostrado en la tabla 20, el periodo fundamental del SAO es de 0.84 segundos el cual tiene una variación del 10% con el periodo calculado según el método 1 de la NEC-SE-DS (2015), que fue de 0.76 segundos.

Tabla 20*Comportamiento modal del SAO.*

Modo	Periodo [s]	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
1	0.841	0.0035	0.7312	0.0488	0.0035	0.7312	0.0488
2	0.787	0.7737	0.0063	0.0047	0.7772	0.7374	0.0535
3	0.704	0.0072	0.0472	0.7307	0.7844	0.7846	0.7842
4	0.272	0.0004	0.1059	0.0061	0.7848	0.8905	0.7903
5	0.253	0.113	0.0007	0.0011	0.8978	0.8912	0.7914
6	0.231	0.0014	0.0054	0.1061	0.8992	0.8966	0.8976
7	0.148	0.0001	0.0429	0.002	0.8993	0.9395	0.8996
8	0.137	0.0431	0.0002	0.0005	0.9424	0.9397	0.9001
9	0.126	0.0007	0.0016	0.0418	0.9431	0.9413	0.9419
10	0.099	4.02E-05	0.0254	0.0008	0.9431	0.9667	0.9426

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.8.2. Sistema dual optimizado

Este sistema presenta el comportamiento modal mostrado en la tabla 21, el periodo fundamental del SDO es de 0.54 segundos el cual tiene una variación del 9% con el periodo calculado según el método 1 de la NEC-SE-DS (2015), que fue de 0.49 segundos.

Tabla 21*Comportamiento modal del SDO.*

Modo	Periodo [s]	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
1	0.538	0.0003	0.6673	0.0003	0.0003	0.6673	0.0003
2	0.519	0.6709	0.0003	0.0016	0.6712	0.6676	0.0019
3	0.301	0.0018	0.0004	0.6656	0.673	0.668	0.6675
4	0.132	0.1704	0.0241	0.0003	0.8434	0.6921	0.6678
5	0.123	0.0255	0.1793	0.000	0.8688	0.8714	0.6678
6	0.078	0.0546	0.0024	0.0001	0.9235	0.8738	0.6679
7	0.067	2.58E-05	0.0007	0.2118	0.9235	0.8745	0.8798
8	0.066	0.0034	0.0593	0.0011	0.9269	0.9338	0.8809
9	0.063	0.0221	0.0006	0.0213	0.949	0.9344	0.9022
10	0.055	0.0004	0.0001	7.03E-07	0.9494	0.9345	0.9022

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.8.3. Sistema aporticado equivalente

Este sistema presenta el comportamiento modal mostrado en la tabla 22, el periodo fundamental del SAE es de 0.54 segundos, el periodo calculado según el método 1 de la NEC-SE-DS (2015), es de 0.76 segundos, el periodo es menor que el calculado por el método 1 por lo tanto es aceptable según la normativa.

Tabla 22

Comportamiento modal del SAE.

Modo	Periodo [s]	UX	UY	RZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
1	0.541	0.0117	0.6976	0.0415	0.0117	0.6976	0.0415
2	0.511	0.7314	0.0171	0.0067	0.7431	0.7147	0.0482
3	0.434	0.0117	0.0374	0.7067	0.7548	0.7521	0.7549
4	0.161	0.002	0.1167	0.0077	0.7569	0.8688	0.7626
5	0.151	0.1203	0.0031	0.002	0.8772	0.8719	0.7647
6	0.13	0.0033	0.0057	0.1147	0.8805	0.8776	0.8793
7	0.089	0.0005	0.0542	0.0026	0.881	0.9318	0.8819
8	0.081	0.0532	0.0009	0.0014	0.9342	0.9327	0.8834
9	0.067	0.0019	0.0018	0.052	0.9361	0.9345	0.9354
10	0.064	7.3E-07	1.15E-05	8.45E-07	0.9361	0.9345	0.9354

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.9. DERIVAS

Las derivas máximas, para estructuras de hormigón armado deben ser calculadas con la inercia agrietada de los elementos estructurales, que según el ACI-318 (2019), son un porcentaje de la inercia geométrica de la sección, estos porcentajes son los siguientes:

- 0.35 I_g para vigas (cuando sea necesario, se tendrá en consideración la contribución de las losas)
- 0.7 I_g para columnas
- 0.7 I_g para muros estructurales no fisurados

Las tablas 23, 24, 25, 26, 27 y 28 muestran las derivas inelásticas del SAO, SDO y SAE, respectivamente, las cuales cumplen con los límites admisibles de 0.02 (2%) como se mencionó en la sección 2.1.1 de este mismo trabajo.

Tabla 23

Análisis de derivas SAO en X.

Piso	Altura [m]	Sismo	ΔX [m]	Deriva Elástica ΔEX [%]	Derivas Inelástica $\Delta MX=0.75 \cdot R \cdot \Delta EX$ [%]	$\Delta MX < 2\%$
0	2.65	SX				
1	2.65	SX	0.0053	0.201%	1.20%	OK
2	2.65	SX	0.0117	0.240%	1.44%	OK
3	2.65	SX	0.0181	0.242%	1.45%	OK
4	2.65	SX	0.0241	0.224%	1.35%	OK
5	2.65	SX	0.0298	0.217%	1.30%	OK
6	2.65	SX	0.0341	0.163%	0.98%	OK
7	2.65	SX	0.0368	0.102%	0.61%	OK

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 24

Análisis de derivas SAO en Y.

Piso	Altura	Sismo	ΔY [m]	Deriva Elástica ΔEY	Derivas Inelástica $\Delta MY=0.75 \cdot R \cdot \Delta EY$	$\Delta MY < 2\%$
0	2.65	SY	0.00			
1	2.65	SY	0.0062	0.203%	1.22%	OK
2	2.65	SY	0.0138	0.288%	1.73%	OK
3	2.65	SY	0.0216	0.292%	1.75%	OK
4	2.65	SY	0.0288	0.274%	1.64%	OK
5	2.65	SY	0.0356	0.255%	1.53%	OK
6	2.65	SY	0.0406	0.189%	1.13%	OK
7	2.65	SY	0.0437	0.117%	0.70%	OK

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 25*Análisis de derivas SDO en X.*

Piso	Altura [m]	Sismo	ΔX [m]	Deriva Elástica ΔEX [%]	Derivas Inelástica $\Delta MX=0.75 \cdot R \cdot \Delta EX$ [%]	$\Delta MX < 2\%$
0	2.65	SX				
1	2.65	SX	0.0028	0.106%	0.64%	OK
2	2.65	SX	0.0053	0.095%	0.57%	OK
3	2.65	SX	0.0083	0.110%	0.66%	OK
4	2.65	SX	0.0114	0.118%	0.71%	OK
5	2.65	SX	0.0148	0.128%	0.77%	OK
6	2.65	SX	0.0182	0.128%	0.77%	OK
7	2.65	SX	0.0215	0.124%	0.74%	OK

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 26 *Análisis de derivas SDO en Y.*

Piso	Altura	Sismo	ΔY [m]	Deriva Elástica ΔEY	Derivas Inelástica $\Delta MY=0.75 \cdot R \cdot \Delta EY$	$\Delta MY < 2\%$
0	2.65	SY				
1	2.65	SY	0.0027	0.102%	0.61%	OK
2	2.65	SY	0.0053	0.099%	0.59%	OK
3	2.65	SY	0.0084	0.118%	0.71%	OK
4	2.65	SY	0.0118	0.128%	0.77%	OK
5	2.65	SY	0.0155	0.136%	0.82%	OK
6	2.65	SY	0.0191	0.138%	0.83%	OK
7	2.65	SY	0.0227	0.136%	0.81%	OK

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 27 Análisis de derivas SAE en X.

Piso	Altura [m]	Sismo	ΔX [m]	Deriva Elástica ΔEX [%]	Derivas Inelástica $\Delta MX=0.75 \cdot R \cdot \Delta EX$ [%]	$\Delta MX < 2\%$
0	2.65	SX				
1	2.65	SX	0.0030	0.113%	0.68%	OK
2	2.65	SX	0.0060	0.112%	0.67%	OK
3	2.65	SX	0.0091	0.119%	0.72%	OK
4	2.65	SX	0.0122	0.114%	0.68%	OK
5	2.65	SX	0.0149	0.102%	0.61%	OK
6	2.65	SX	0.0170	0.080%	0.48%	OK
7	2.65	SX	0.0186	0.059%	0.36%	OK

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 28 Análisis de derivas SAE en Y.

Piso	Altura	Sismo	ΔY [m]	Deriva Elástica ΔEY	Derivas Inelástica $\Delta MY=0.75 \cdot R \cdot \Delta EY$	$\Delta MY < 2\%$
0	2.65	SY				
1	2.65	SY	0.0035	0.132%	0.79%	OK
2	2.65	SY	0.0069	0.127%	0.76%	OK
3	2.65	SY	0.0105	0.138%	0.83%	OK
4	2.65	SY	0.0140	0.133%	0.80%	OK
5	2.65	SY	0.0171	0.117%	0.71%	OK
6	2.65	SY	0.0196	0.094%	0.56%	OK
7	2.65	SY	0.0216	0.075%	0.45%	OK

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.10. RESUMEN ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS TRES SISTEMAS

El resumen de los parámetros estructurales se presenta en la tabla 29.

Tabla 29

Resumen variables estructurales de los tres sistemas

Sistema	Material	Periodo		Modos de vibración			Peso reactivo [t]	Máxima deriva de piso en X [%]
		ETABS [s]	NEC-15 [s]	1er en Y	2do en X	3er en RZ		
SAO	Hormigón armado	0.834	0.762	73%	77%	73%	2011	1.75
SAE	Hormigón armado	0.541	0.762	69%	73%	71%	3295	0.83
SDO	Hormigón armado	0.538	0.492	66%	67%	67%	1902	0.82
Variación SAO-SDO	-	35%	35%	10%	13%	8%	3%	53%
Variación SAE-SDO	-	1%	35%	4%	8%	6%	42%	1%

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.7.11. DISEÑO ESTRUCTURAL

Los diseños estructurales para calcular la cantidad de acero de refuerzo en los diferentes elementos se realizaron en base a los lineamientos del código ACI-318 (2019) y la NEC-SE-HM (2015). Se usó el método LRFD que se basa en la inequación la cual expresa que las solicitaciones últimas deben ser menores o iguales a las solicitaciones de diseño, se mayoran las cargas y se reducen las resistencias nominales para lograr este propósito. El cálculo de vigas de cimentaciones, vigas descolgadas, columnas, muros de corte, losas, muros de contención, gradas y rampas se encuentran en el Anexo 3, mientras que en el Anexo 4 se encuentran los detalles constructivos mediante planos estructurales de todos los elementos de cada sistema con sus planillas de materiales, notas y especificaciones técnicas.

3.8. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

3.8.1. CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES

Una vez realizado el diseño de los elementos estructurales de cada uno de los sistemas estructurales en análisis, se procede a la cuantificación de materiales, en cada miembro estructural. La estimación de materiales es la base para la realización del Análisis de Ciclo de Vida. En el presente estudio se considera los materiales como el hormigón premezclado en metros cúbicos, acero de refuerzo en toneladas y madera de encofrado en toneladas. A continuación, se presenta la cuantificación de materiales para cada uno de los sistemas estructurales:

Tabla 30

Cuantificación de materiales en el SAO.

Elemento		Hormigón [m3]	Acero de refuerzo [t]	Madera de Encofrado [t]
Muro de Contención	e=45 cm	118.92	9.72	0.79
	e=40 cm	105.70		0.79
	e=35 cm	92.49		0.79
	Total	317.11	9.72	2.38
Vigas de Cimentación	Internas y de Borde	441.36	31.11	1.54
	Total	441.36	31.11	1.54
Gradas y Rampa	Gradas e=11 cm	14.27	12.07	0.19
	Rampa e=15 cm	48.59		0.38
	Total	62.86	12.07	0.57
Vigas	V1 40X60	207.38	40.57	1.64
	V2 25X25	23.28		0.11
	V3 30X50	89.31		0.92
	Total	319.97	40.57	2.67
Columnas	C1 I 60X60	66.78	47.74	0.67
	C1 S 50X50	19.88		0.24
	C2 I 65X65	23.51		0.22
	C2 S 55X55	7.21		0.08
	C3 I 60X65	28.94		0.28
	C3 S 50X55	8.75		0.10
	C4 I 65X70	16.88		0.15
	C4 S 55X60	5.25		0.05
	C5 45X45	37.03		0.49
Total	214.22	47.74	2.28	
Losa	e= 25 cm	387.82	33.44	5.38
	Total	387.82	33.44	5.38
Total		1743.34	174.65	14.83

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 31

Cuantificación de materiales en el SDO.

Elemento		Hormigón [m3]	Acero de refuerzo [t]	Madera de Encofrado [t]
Muro de Contención	e=45 cm	118.92	9.77	0.79
	e=40 cm	105.70		0.79
	e=35 cm	92.49		0.79
	Total	317.11	9.77	2.38
Vigas de Cimentación	Internas y de Borde	473.47	50.92	1.68
	Total	473.47	50.92	1.68
Gradas y Rampa	Gradas e=11 cm	14.27	12.07	0.19
	Rampa e=15 cm	48.59		0.38
	Total	62.86	12.07	0.57
Vigas	V1 35x55	194.81	19.42	1.74
	V2 25X25	10.95		0.05
	V3 30X50	51.48		0.53
	Total	257.24	19.42	2.33
Columnas	C1 I 55X55	61.73	31.68	0.67
	C1 S 50X50	21.86		0.26
	C2 45X45	37.03		0.49
	Total	120.61	31.68	1.43
Muros de Corte	e=25 cm	126.14	27.48	1.51
	Cab. 35x35	27.27		0.38
	e= 20 cm	43.25		0.52
	Cab. 30x30	8.59		0.14
	Total	205.24	27.48	2.56
Losa	e= 25 cm	392.29	33.53	5.44
	Total	392.29	33.53	5.44
Total		1828.83	184.86	16.39

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 32

Cuantificación de materiales en el SAE.

Elemento		Hormigón [m3]	Acero de refuerzo [t]	Madera de Encofrado [t]
Muro de Contención	e=45 cm	118.92	9.72	0.79
	e=40 cm	105.70		0.79
	e=35 cm	92.49		0.79
	Total	317.11	9.72	2.38
Vigas de Cimentación	Internas y de Borde	482.09	47.78	1.66
	Total	482.09	47.78	1.66
Gradas y Rampa	Gradas e=11 cm	14.27	12.07	0.19
	Rampa e=15 cm	48.59		0.38
	Total	62.86	12.07	0.57
Vigas	V1 55X85	601.91	73.67	3.44
	V2 25X40	37.26		0.24
	Total	639.17	73.67	3.68
Columnas	C1 I 120X120	249.48	155.28	1.25
	C1 S 110X110	86.49		0.47
	C2 I 110X110	232.93		1.27
	C2 S 100X100	80.33		0.48
	C3 55X55	55.31		0.60
	Total	704.54	155.28	4.08
Losa	e= 25 cm	342.45	33.24	4.75
	Total	342.45	33.24	4.75
Total		2548.21	331.77	17.13

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Es importante mencionar que el hormigón premezclado como el acero de refuerzo, son calculados en base a los planos estructurales; por otra parte, los tableros MDP fueron calculados en base a la geometría y el volumen de hormigón de cada elemento estructural; además, según Novopan (2017) estos tienen un número de usos hasta de 20 veces; sin embargo, debido a las condiciones intrínsecas de la construcción se consideró únicamente 10 usos.

Además, de los materiales que intervienen en la concepción directa sobre los elementos estructurales; existen otros volúmenes de material que intervienen indirectamente en la concepción de la estructura del edificio. El volumen de excavación, el volumen de relleno y el volumen de material no deseado; están relacionados con el volumen de suelo ocupado por los subsuelos y cimentación del edificio. A continuación, se presenta los volúmenes calculados en cada caso:

Tabla 33

Cuantificación de volúmenes de suelo en el SAO.

Volumen Excavación [m³]	7228.97
Material no deseado [m³]	6017.83
Material de relleno [m³]	769.78

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 34 *Cuantificación de volúmenes de suelo en el SDO.*

Volumen Excavación [m³]	7228.97
Material no deseado [m³]	6017.83
Material de relleno [m³]	737.67

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 35 *Cuantificación de volúmenes de suelo en el SAE.*

Volumen Excavación [m³]	7228.97
Material no deseado [m³]	6017.83
Material de relleno [m³]	729.05

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.8.2. FACTORES DE EMISIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO EN MATERIALES

La emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) corresponde a la variable ambiental más representativa en la evaluación del potencial impacto ambiental en relación al calentamiento global. De este modo, existen inventarios de factores de emisión de gases (FE) de distintos materiales; normalmente están expresados en toneladas de CO₂ equivalente por cada unidad de material, la que puede ser toneladas, metros cúbicos, etc.

Cuando se habla de CO₂ equivalente se hace referencia a los seis gases de efecto invernadero recogidos en el Protocolo de Kioto: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC. En cambio, tCO₂ eq (toneladas de dióxido de carbono equivalente), es la unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento atmosférico de cada uno de los GEI (Casaverde, 2016).

El consumo energético es otra variable ambiental que en muchos casos se la relaciona con la emisión de GEI. Esto se debe a que gran parte del consumo energético proviene de fuentes no renovables de energía. Los factores de consumo energético (FC) están expresados en Mega Julios por cada unidad de material, ya sea metros cúbicos, toneladas, etc. El Mega Julio es la unidad de medida de energía, trabajo y calor.

En el presente estudio, los factores de emisión de los materiales incluyen únicamente el carbono incorporado desde la extracción de las materias primas, hasta la conformación del material; en otras palabras, bajo un enfoque de ACV desde la “cuna a la puerta”.

Como se mencionó anteriormente los materiales tomados en consideración en el presente estudio es el hormigón premezclado, acero de refuerzo y madera de encofrado. Los factores seleccionados provienen de distintas fuentes bibliográficas; sin embargo, se han seleccionado aquellos factores de mayor confianza y cercano a la realidad, en la tabla 36 se presentan los factores:

Tabla 36

Factores de emisión y consumo de energía en materiales.

Material	FE [t CO2 eq./u]	Fuente	Comentario	FC [MJ/u]	Fuente	Comentario
Hormigón Premezclado [m3]	0.252	ICE, 2019	Inventario de Carbono y Energía de la Universidad de Bath Considera la resistencia 28 MPA	3623.190	ICE, 2019	Inventario de Carbono y Energía de la Universidad de Bath Considera la resistencia 28 MPA
Acero de Refuerzo [t]	1.99	ICE, 2019	Inventario de Carbono y Energía de la Universidad de Bath	19000.000	Lawson, 1996	Estudio realizado en materiales de construcción
Madera de Encofrado [t]	0.613	Cal, 2017	Estudio realizado en la Universidad de la Coruña Tableros MDP	3297.160	Cal, 2017	Estudio realizado en la Universidad de la Coruña

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.8.3. FACTORES DE EMISIÓN Y CONSUMO ENERGÉTICO EN EQUIPO Y MAQUINARIA

El equipo y maquinaria juega un rol trascendental dentro de la construcción; ya que este permite realizar todos los procesos mecánicos o transporte de material, con el fin de conformar la edificación. La mayoría de estos equipos o maquinaria están funcionan por motores de combustión interna; es decir, la quema de combustibles fósiles es su fuente de obtención de energía; además, existe en menor proporción equipos eléctricos. En el presente estudio se determinará los factores de emisión y consumo energético del equipo y maquinaria necesario para construir la estructura del edificio tipo.

3.8.3.1. Rendimiento de combustible en equipos y maquinaria

El rendimiento de combustible en equipos y maquinaria esta discretizado en transporte de material o de trabajos mecánicos. En este caso se ha determinado los rendimientos de consumo de litros de diésel por kilómetro o por hora respectivamente, en base a distintas fuentes bibliográficas. Los resultados se muestran en la tabla 37.

Tabla 37

Rendimiento combustible en maquinaria y equipo.

Equipo o Maquinaria	Rendimiento [L/u]	Fuente	Comentario
Camión Volqueta 6x4 10m ³ ; 280hp [km]	0.765	Cámara Colombiana de la Infraestructura	Informes de maquinaria 2010 Considerando una velocidad promedio 35 [km/h]
Camión de Carga 5 t [km]	0.60	Cámara Colombiana de la Infraestructura	Informes de maquinaria 2010 Considerando una velocidad promedio 35 [km/h]
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m ³ ; 300 hp [km]	0.77	Cámara Colombiana de la Infraestructura	Informes de maquinaria 2010 Considerando una velocidad promedio 35 [km/h]

Camión Hormigonera; 3 ejes; 300 hp [h]	5.21	Moussavi & Akbarnezhad, 2015	Estudio realizado acerca de la huella de carbono en edificios.
Compactadora vibratoria de plancha 7 hp [h]	1.10	Moussavi & Akbarnezhad, 2015	Estudio realizado acerca de la huella de carbono en edificios.
Vibrador de Concreto 18 pl (1.5"); 4 hp [h]	1.03	Moussavi & Akbarnezhad, 2015	Estudio realizado acerca de la huella de carbono en edificios.
Retroexcavadora 0.2 m ³ ; 62 hp [h]	5.21	Moussavi & Akbarnezhad, 2015	Estudio realizado acerca de la huella de carbono en edificios.
Cargadora frontal 1.5-1.7 y D3; 80 hp [h]	13.93	Moussavi & Akbarnezhad, 2015	Estudio realizado acerca de la huella de carbono en edificios.
Bomba de Hormigón BSA 1000 1005 D3B C 75 HP [h]	15.00	Moussavi & Akbarnezhad, 2015	Estudio realizado acerca de la huella de carbono en edificios.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.8.3.2. Equipos Eléctricos

Los equipos eléctricos también intervienen en la construcción en una proporción considerablemente inferior a los equipos por combustibles. El principal equipo eléctrico considerado para la elaboración de la estructura del edificio es la cierra eléctrica usada para el corte de acero de refuerzo y madera de encofrado; su rendimiento está dado directamente por su potencia, como se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 38

Potencia equipo eléctrico.

Equipo	Potencia	Fuente	Comentario
Cierra eléctrica [W]	1200.000	Electricaplicada, s.f.	Potencia de equipos eléctricos más comunes

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.8.3.3. Cálculo de factores de emisión de equipos y maquinaria

Para poder determinar los factores de emisión y consumo energético en equipos y maquinaria, es necesario establecer los factores de emisión y consumo energético debido a la combustión de diésel y el uso de energía eléctrica.

Tabla 39

Factores de emisión y consumo energético debido al consumo de combustible (diésel) y energía eléctrica.

Fuente de Energía	FE [t CO ₂ eq./u]	FC [MJ/u]	Fuente	Comentario
Combustible (Diesel) [L]	0.0025	34.68	PETROECUADOR, 2019	Memoria de Sostenibilidad Considerando la densidad del diésel como 0.85 [kg/L].
Energía eléctrica [MWh]	0.451	3600	CTFE, 2019	Comisión Técnica de determinación de Factores de Emisión de Gases de efecto invernadero.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

De este modo, el FE y FC en el equipo y maquinaria es igual al producto entre el rendimiento o potencia por el FE y FC respectivamente de la fuente de energía. A continuación, se presentan algunos ejemplos de cálculo:

- FE y FC de maquinaria a diésel trabajando por kilómetro:

$$FE_{volqueta} = R_{volqueta} \left[\frac{L}{km} \right] * FE_{diésel} \left[\frac{tCO_2 eq}{L} \right]$$

$$FE_{volqueta} = 0.765 \left[\frac{L}{km} \right] * 0.0025 \left[\frac{tCO_2 eq}{L} \right]$$

$$FE_{volqueta} = 0.0019 \left[\frac{tCO_2 eq}{km} \right]$$

$$FC_{volqueta} = R_{volqueta} \left[\frac{L}{km} \right] * FCE_{diésel} \left[\frac{MJ}{L} \right]$$

$$FC_{volqueta} = 0.765 \left[\frac{L}{km} \right] * 34.68 \left[\frac{MJ}{L} \right]$$

$$FC_{volqueta} = 26.54 \left[\frac{MJ}{km} \right]$$

- FE y FC de equipo a diésel trabajando por hora:

$$FE_{compactadora} = R_{compactadora} \left[\frac{L}{h} \right] * FE_{diésel} \left[\frac{tCO_2 eq}{L} \right]$$

$$FE_{compactadora} = 1.10 \left[\frac{L}{h} \right] * 0.0025 \left[\frac{tCO_2 eq}{L} \right]$$

$$FE_{compactadora} = 0.0028 \left[\frac{tCO_2 eq}{h} \right]$$

$$FC_{compactadora} = R_{compactadora} \left[\frac{L}{h} \right] * FCE_{diésel} \left[\frac{MJ}{L} \right]$$

$$FC_{compactadora} = 1.10 \left[\frac{L}{h} \right] * 34.68 \left[\frac{MJ}{L} \right]$$

$$FC_{compactadora} = 38.15 \left[\frac{MJ}{h} \right]$$

- FE y FC de equipo a energía eléctrica trabajando por hora:

$$FE_{cierra eléctrica} = P_{cierra eléctrica} * 10^{-6} [MW] * FE_{energía eléctrica} \left[\frac{tCO_2 eq}{MWh} \right]$$

$$FE_{cierra eléctrica} = 1200 * 10^{-6} [MW] * 0.451 \left[\frac{tCO_2 eq}{MWh} \right]$$

$$FE_{cierra\ eléctrica} = 0.0005 \left[\frac{tCO_2\ eq}{h} \right]$$

$$FC_{cierra\ eléctrica} = P_{cierra\ eléctrica} * 10^{-6} [MW] * FCE_{energía\ eléctrica} \left[\frac{MJ}{MWh} \right]$$

$$FC_{cierra\ eléctrica} = 1200 * 10^{-6} [MW] * 3600 \left[\frac{MJ}{MWh} \right]$$

$$FC_{cierra\ eléctrica} = 4.32 \left[\frac{MJ}{MWh} \right]$$

Tabla 40

Factores de emisión y consumo energético en equipo y maquinaria.

Equipo o Maquinaria	FE [tCO₂ eq/u]	FC [MJ/u]
Camión Volqueta 6x4 10m3; 280hp [km]	0.0019	26.54
Camión de Carga 5 t [km]	0.0015	20.70
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m3; 300 hp [km]	0.0019	26.54
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m3; 300 hp [h]	0.0131	180.68
Compactadora vibratoria de plancha 7 hp [h]	0.0028	38.15
Vibrador de Concreto 18 pl (1.5"); 4 hp [h]	0.0026	35.72
Retroexcavadora 0.2 m3; 62 hp [h]	0.0131	180.68
Cargadora frontal 1.5-1.7 y D3; 80 hp [h]	0.0351	483.09
Bomba de Hormigón BSA 1000 1005 D3B C 75 HP [h]	0.0378	520.20
Cierra eléctrica [h]	0.0005	4.32

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.8.4. TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPO

El transporte de materiales consiste en el traslado desde el lugar de distribución más cercano hasta la ubicación de la obra, esto aplica para el hormigón premezclado, acero de refuerzo y madera de encofrado. En el caso del material no deseado la distancia se considera desde la obra hacia la escombrera más cercana.

En primer lugar, se debe asignar la maquinaria más adecuada para el transporte de los materiales; segundo, dividiendo la cantidad requerida para la capacidad de carga de la maquinaria y multiplicado por dos; ya que el viaje es de ida y vuelta, se obtiene el número total de viajes requeridos. A continuación, se expresa un ejemplo de cálculo para el hormigón premezclado:

$$No. de viajes_{H.P.} = \frac{Cantidad\ requerida_{H.P.}[m^3]}{Capacidad\ de\ carga_{H.P.}[m^3]} * 2$$

$$No. de viajes_{H.P.} = \frac{1743.34 [m^3]}{8 [m^3]} * 2$$

$$No. de viajes_{H.P.} = 436$$

Seguido de esto se debe establecer la distancia desde la distribuidora hasta la obra, para cada material. En este caso, se hizo uso de Google Maps, para determinar las distintas distancias.

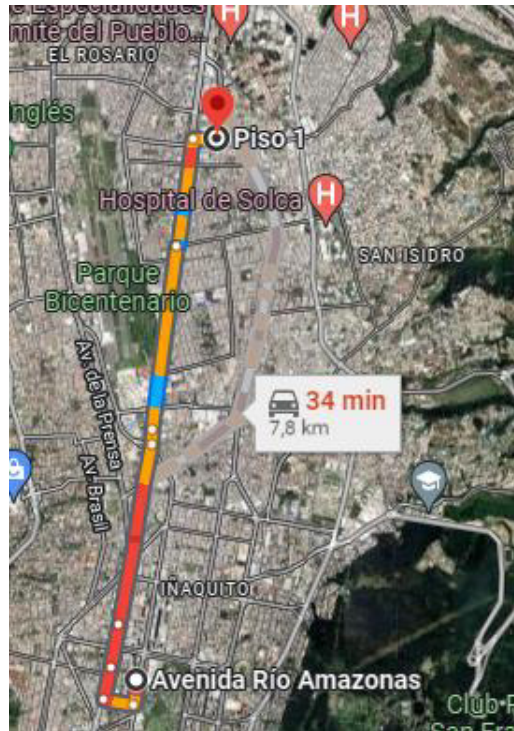


Figura 34. Distancia desde obra hasta planta de hormigón premezclado

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

De este modo, se puede calcular distancia total requerida para cada tipo de material, siendo igual al número de viajes por la distancia al destino; los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 41

Resultados análisis transporte de materiales en el SAO.

Transporte	Tipo de Transporte	u	Cap. de Carga	Cant. Reque.	No. De Viajes [u]	Distancia [km]	Distancia Total [km]
Hormigón Premezclado	Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m ³ ; 300 hp	m ³	8	1743.34	436	7.8	3400.8
Acero de Refuerzo	Camión de Carga 5 t	t	5	174.65	70	6.2	434
Madera de Encofrado	Camión de Carga 5 t	t	5	14.83	6	2.3	13.8
Material no deseado	Camión Volqueta 6x4 10m ³ ; 280hp	m ³	10	6017.83	1204	12.5	15050

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 42*Resultados análisis transporte de materiales en el SDO.*

Transporte	Tipo de Transporte	u	Cap. de Carga	Cant. Reque.	No. De Viajes [u]	Distancia [km]	Distancia Total [km]
Hormigón Premezclado	Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m ³ ; 300 hp	m ³	8	1828.83	458	7.8	3572.4
Acero de Refuerzo	Camión de Carga 5 t	t	5	184.86	74	6.2	458.8
Madera de Encofrado	Camión de Carga 5 t	t	5	16.39	7	2.3	16.1
Material no deseado	Camión Volqueta 6x4 10m ³ ; 280hp	m ³	10	6017.83	1204	12.5	15050

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 43*Resultados análisis transporte de materiales en el SAE.*

Transporte	Tipo de Transporte	u	Cap. de Carga	Cant. Reque.	No. De Viajes [u]	Distancia [km]	Distancia Total [km]
Hormigón Premezclado	Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m ³ ; 300 hp	m ³	8	2548.21	638	7.8	4976.4
Acero de Refuerzo	Camión de Carga 5 t	t	5	331.77	133	6.2	824.6
Madera de Encofrado	Camión de Carga 5 t	t	5	17.13	7	2.3	16.1
Material no deseado	Camión Volqueta 6x4 10m ³ ; 280hp	m ³	10	6017.83	1204	12.5	15050

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Además, del transporte de material se debe transportar el equipo, como es el caso de la bomba de hormigón y sus accesorios. Aquí, la distancia hacia el destino es la misma distancia a la fábrica de hormigón premezclado; sin embargo, para el cálculo de número de viajes se asumió que dentro de la programación del proyecto se hormigonará cada elemento independientemente y el número de veces dependerá del número de pisos que se repita dicho elemento, multiplicado por dos por el viaje de ida y vuelta. El siguiente ejemplo de cálculo para la bomba de hormigón y sus accesorios en muros, expresa lo mencionado anteriormente:

$$\text{No. de viajes}_{B.H..M} = \text{No. pisos} * 2$$

$$\text{No. de viajes}_{B.H.M.} = 3 * 2$$

$$\text{No. de viajes}_{B.H.M.} = 6$$

Tabla 44

Resultados análisis transporte de bomba de hormigón y accesorios en SAO y SAE.

Transporte	No. De Viajes [u]	Distancia [km]	Distancia Total [km]
Bomba de Hormigón y Accesorios en Muros	6	7.8	46.8
Bomba de Hormigón y Accesorios en Cimentación	2	7.8	15.6
Bomba de Hormigón y Accesorios en Gradas y Rampas	20	7.8	156
Bomba de Hormigón y Accesorios en Columnas	20	7.8	156
Bomba de Hormigón y Accesorios en Vigas	20	7.8	156
Bomba de Hormigón y Accesorios en Losas	20	7.8	156

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 45

Resultados análisis transporte de bomba de hormigón y accesorios en SDO.

Transporte	Tipo de Transporte	No. De Viajes [u]	Distancia [km]	Distancia Total [km]
Bomba de Hormigón y Accesorios en Muros	Camión de Carga 5 t	6	7.8	46.8
Bomba de Hormigón y Accesorios en Cimentación	Camión de Carga 5 t	2	7.8	15.6
Bomba de Hormigón y Accesorios en Gradas y Rampas	Camión de Carga 5 t	20	7.8	156
Bomba de Hormigón y	Camión de Carga 5 t	20	7.8	156

Accesorios en Muros de Corte				
Bomba de Hormigón y Accesorios en Columnas	Camión de Carga 5 t	20	8.8	176
Bomba de Hormigón y Accesorios en Vigas	Camión de Carga 5 t	20	7.8	156
Bomba de Hormigón y Accesorios en Losas	Camión de Carga 5 t	20	7.8	156

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.8.5. EVALUACIÓN DE EMISIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA

La evaluación de emisiones de CO₂ y consumo de energía, bajo el enfoque del ACV con un alcance la “cuna a la puerta” debe realizarse discretizando sus distintas etapas. De este modo, para poder visualizar correctamente las actividades que incurren dentro de las etapas del ciclo de vida parcial, se hará uso de una Estructura Desglosada del Trabajo.

3.8.5.1. Estructura Desglosada del Trabajo

“La Estructura Desglosada del Trabajo (EDT), una descomposición jerárquica orientada al trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto para lograr los objetivos del mismo y crear los entregables requeridos” (PMBOK, 2017). En este caso, la base para la elaboración de la EDT es el ACV; por consiguiente, dentro del esquema se tiene las etapas de fabricación de materiales, transporte y construcción del sistema estructural. A continuación, se presenta las EDT, de los distintos sistemas:

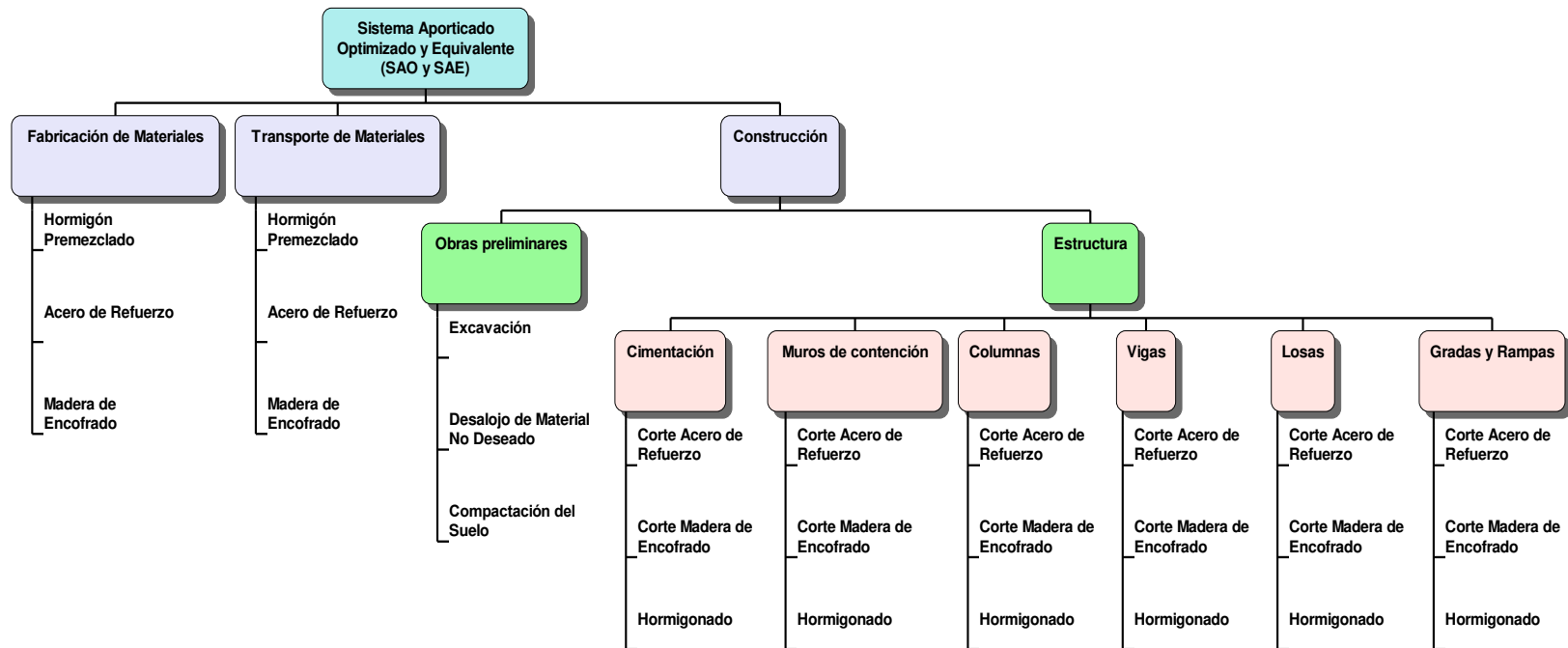


Figura 35. Estructura Desglosada del Trabajo para el SAO y SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

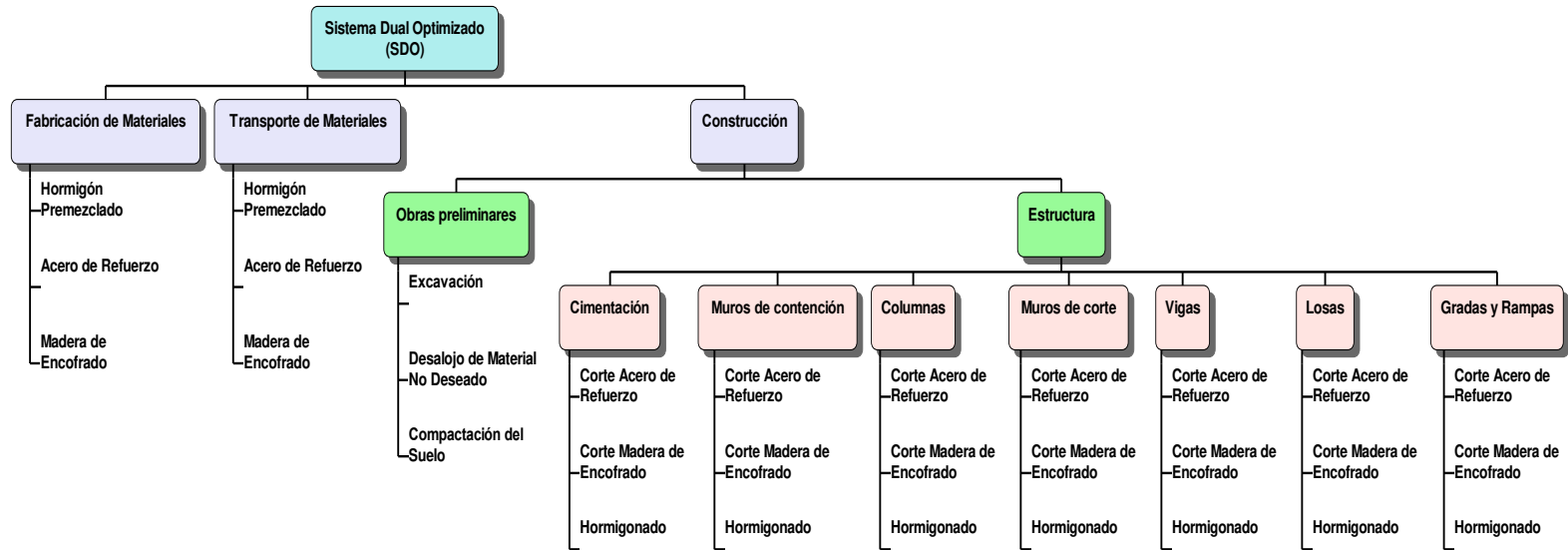


Figura 36. Estructura Desglosada del Trabajo para el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.8.5.2. Evaluación de Emisión de CO₂ y Consumo de Energía por Rubros

A partir de la EDT se la elaborará un listado de actividades a manera de rubros, para poder evaluar cada una de ellas de forma independiente, similar a un presupuesto.

Tabla 46 Listado de Rubros para Evaluación de Emisiones y Consumo de Energía en el SAO.

No.	Código	Rubro	u	Cantidad
1	SAO-01-01	Fabricación de Materiales		
2	SAO-01-01-01	Fabricación Hormigón Premezclado	m3	1743.34
3	SAO-01-01-02	Fabricación Acero de Refuerzo	t	174.65
4	SAO-01-01-03	Fabricación Madera de Encofrado	t	14.83
5	SAO-01-02	Transporte de Materiales		
6	SAO-01-02-01	Transporte Hormigón Premezclado	km	3400.80
7	SAO-01-02-02	Transporte Acero de Refuerzo	km	434.00
8	SAO-01-02-03	Transporte Madera de Encofrado	km	13.80
9	SAO-01-03	Construcción		
10	SAO-01-03-01	Movimiento de tierras		
11	SAO-01-03-01-01	Excavación	m3	7228.97
12	SAO-01-03-01-02	Desalojo de material no deseado	m3	6017.83
13	SAO-01-03-01-03	Compactación de suelo	m3	769.78
14	SAO-01-03-02	Estructura		
15	SAO-01-03-02-01	Muros de Contención		
16	SAO-01-03-02-01-001	Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm ² , incluye transporte de bomba	m3	317.11
17	SAO-01-03-02-01-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ²	t	9.72
18	SAO-01-03-02-01-003	Corte de madera de encofrado de muros	t	2.38
19	SAO-01-03-02-02	Cimentación		
20	SAO-01-03-02-02-001	Hormigonado vigas de cimentación f'c=280 kg/cm ² , incluye transporte de bomba	m3	441.36
21	SAO-01-03-02-02-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ²	t	31.11
22	SAO-01-03-02-02-003	Corte de madera de encofrado de vigas de cimentación	t	1.54
23	SAO-01-03-02-03	Gradas y Rampas		

24	SAO-01-03-02-03-001	Hormigonado de gradas y rampas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	62.86
25	SAO-01-03-02-03-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	12.07
26	SAO-01-03-02-03-003	Corte de madera de encofrado de gradas y rampas	t	0.57
27	SAO-01-03-02-04	Columnas		
28	SAO-01-03-02-04-001	Hormigonado de columnas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	214.22
29	SAO-01-03-02-04-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	47.74
30	SAO-01-03-02-04-003	Corte de madera de encofrado de columnas	t	2.28
31	SAO-01-03-02-05	Vigas		
32	SAO-01-03-02-05-001	Hormigonado de vigas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	319.97
33	SAO-01-03-02-05-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	40.57
34	SAO-01-03-02-05-003	Corte de madera de encofrado de vigas	t	2.67
35	SAO-01-03-02-06	Losas		
36	SAO-01-03-02-06-001	Hormigonado de losas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	387.82
37	SAO-01-03-02-06-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	33.44
38	SAO-01-03-02-06-003	Corte de madera de encofrado de losas	t	5.38

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 47 Listado de Rubros para Evaluación de Emisiones y Consumo de Energía en el SDO.

No.	Código	Rubro	u	Cantidad
1	SDO-01-01	Fabricación de Materiales		
2	SDO-01-01-01-01	Fabricación Hormigón Premezclado	m3	1828.83
3	SDO-01-01-01-02	Fabricación Acero de Refuerzo	t	184.86
4	SDO-01-01-01-03	Fabricación Madera de Encofrado	t	16.39
5	SDO-01-02	Transporte de Materiales		
6	SDO-01-02-01	Transporte Hormigón Premezclado	km	3572.40
7	SDO-01-02-02	Transporte Acero de Refuerzo	km	458.80
8	SDO-01-02-03	Transporte Madera de Encofrado	km	16.10
9	SDO-01-03	Construcción		
10	SDO-01-03-01	Movimiento de tierras		
11	SDO-01-03-01-01	Excavación	m3	7228.97
12	SDO-01-03-01-02	Desalajo de material no deseado	m3	6017.83

13	SDO-01-03-01-03	Compactación de suelo	m3	737.67
14	SDO-01-03-02	Estructura		
15	SDO-01-03-02-01	Muros de Contención		
16	SDO-01-03-02-01-001	Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	317.11
17	SDO-01-03-02-01-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	9.77
18	SDO-01-03-02-01-003	Corte de madera de encofrado de muros de contención	t	2.38
19	SDO-01-03-02-02	Cimentación		
20	SDO-01-03-02-02-001	Hormigonado vigas de cimentación f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	473.47
21	SDO-01-03-02-02-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	50.92
22	SDO-01-03-02-02-003	Corte de madera de encofrado de vigas de cimentación	t	1.68
23	SDO-01-03-02-03	Gradas y Rampas		
24	SDO-01-03-02-03-001	Hormigonado de gradas y rampas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	62.86
25	SDO-01-03-02-03-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	12.07
26	SDO-01-03-02-03-003	Corte de madera de encofrado de gradas y rampas	t	0.57
27	SDO-01-03-02-04	Columnas		
28	SDO-01-03-02-04-001	Hormigonado de columnas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	120.61
29	SDO-01-03-02-04-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	31.68
30	SDO-01-03-02-04-003	Corte de madera de encofrado de columnas	t	1.43
31	SDO-01-03-02-05	Muros de Corte		
32	SDO-01-03-02-05-001	Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	205.24
33	SDO-01-03-02-05-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	27.48
34	SDO-01-03-02-05-003	Corte de madera de encofrado de muros de corte	t	2.56
35	SDO-01-03-02-06	Vigas		
36	SDO-01-03-02-06-001	Hormigonado de vigas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	257.24
37	SDO-01-03-02-06-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	19.42
38	SDO-01-03-02-06-003	Corte de madera de encofrado de vigas	t	2.33
39	SDO-01-03-02-07	Losas		
40	SDO-01-03-02-07-001	Hormigonado de losas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	392.29
41	SDO-01-03-02-07-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	33.53
42	SDO-01-03-02-07-003	Corte de madera de encofrado de losas	t	5.44

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Tabla 48 Listado de Rubros para Evaluación de Emisiones y Consumo de Energía en el SAE.

No.	Código	Rubro	u	Cantidad
1	SAE-01-01	Fabricación de Materiales		
2	SAE-01-01-01	Fabricación Hormigón Premezclado	m3	2548.21
3	SAE-01-01-02	Fabricación Acero de Refuerzo	t	331.77
4	SAE-01-01-03	Fabricación Madera de Encofrado	t	17.13
5	SAE-01-02	Transporte de Materiales		
6	SAE-01-02-01	Transporte Hormigón Premezclado	km	4976.40
7	SAE-01-02-02	Transporte Acero de Refuerzo	km	824.60
8	SAE-01-02-03	Transporte Madera de Encofrado	km	16.10
9	SAE-01-03	Construcción		
10	SAE-01-03-01	Movimiento de tierras		
11	SAE-01-03-01-01	Excavación	m3	7228.97
12	SAE-01-03-01-02	Desalojo de material no deseado	m3	6017.83
13	SAE-01-03-01-03	Compactación de suelo	m3	729.05
14	SAE-01-03-02	Estructura		
15	SAE-01-03-02-01	Muros de Contención		
16	SAE-01-03-02-01-001	Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	317.11
17	SAE-01-03-02-01-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	9.72
18	SAE-01-03-02-01-003	Corte de madera de encofrado de muros	t	2.38
19	SAE-01-03-02-02	Cimentación		
20	SAE-01-03-02-02-001	Hormigonado vigas de cimentación f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	482.09
21	SAE-01-03-02-02-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	47.78
22	SAE-01-03-02-02-003	Corte de madera de encofrado de vigas de cimentación	t	1.66
23	SAE-01-03-02-03	Gradas y Rampas		
24	SAE-01-03-02-03-001	Hormigonado de gradas y rampas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	62.86
25	SAE-01-03-02-03-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	12.07
26	SAE-01-03-02-03-003	Corte de madera de encofrado de gradas y rampas	t	0.57
27	SAE-01-03-02-04	Columnas		

28	SAE-01-03-02-04-001	Hormigonado de columnas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	704.54
29	SAE-01-03-02-04-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	155.28
30	SAE-01-03-02-04-003	Corte de madera de encofrado de columnas	t	4.08
31	SAE-01-03-02-05	Vigas		
32	SAE-01-03-02-05-001	Hormigonado de vigas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	639.17
33	SAE-01-03-02-05-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	73.67
34	SAE-01-03-02-05-003	Corte de madera de encofrado de vigas	t	3.68
35	SAE-01-03-02-06	Losas		
36	SAE-01-03-02-06-001	Hormigonado de losas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	342.45
37	SAE-01-03-02-06-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	33.24
38	SAE-01-03-02-06-003	Corte de madera de encofrado de losas	t	4.75

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Dentro del listado de rubros, en cada una de las etapas desde la fabricación de materiales hasta la construcción del sistema estructural, se consideró todas las actividades que inciden directa o indirectamente en el análisis, discretizando según la etapa del ACV. Es por eso que, dentro de los rubros de los elementos estructurales, no se toma en cuenta el aporte del material; ya que este ya fue considerado anteriormente en la etapa de fabricación.

El aporte contaminante y de consumo energético por parte del personal de obra o de las oficinas, residuos y desperdicio no fue tomado en cuenta para el presente estudio; debido a que resulta muy ambiguo a la evaluación y variable; además, se trabaja con cantidades netas de cada sistema estructural.

3.8.5.3. Análisis de Emisión y Consumo de Energía Unitario (AECEU)

Para la evaluación del FE y FC, de cada uno de los distintos rubros, se desarrolló una herramienta con formato similar a la de un Análisis de Precio Unitario (APU). Esto se debe a que algunas actividades están compuestas por el aporte de diversas fuentes de contaminación; además que los FE y FC no están en la unidad que trabaja el rubro. De este modo, esta herramienta (AECEU), permite evaluar el

aporte emisión y consumo de distintas fuentes bajo la unidad que trabaja el rubro. Por otra parte, esta herramienta como se aprecia en la figura 37, está compuesta por el equipo, materiales y transporte.

- Encabezado de AECEU: En el encabezado del AECEU, se describe el proyecto que se está hablando. El título de análisis que se está realizando, en este caso un análisis de emisión de CO₂ y consumo de energía. Seguido, el código del rubro, la unidad y el detalle del rubro.
- Sección Equipo (M): En el caso de la sección equipo, se tiene la descripción del equipo, seguido de la emisión por hora y el consumo de energía por hora el cual proviene de la tabla 40. Después, está el rendimiento que está dado por horas por cada unidad de rubro, este valor viene extraído de diversas fuentes como la Cámara de la Construcción (CAMICON, 2021), fuentes en línea como INSUCONS (2021), etc. Este rendimiento esta dado en horas por cada unidad del rubro. Por último, en las últimas dos columnas se encuentra el valor unitario de emisión de CO₂ y el valor unitario de consumo de energía, estos son el resultado de la multiplicación de la segunda columna y tercera por el rendimiento respectivamente. Al final, de esta sección se encuentra el subtotal M, que consiste en la suma de valores unitarios de emisión y consumo de todos los equipos que se requiera.
- Sección Materiales (O): La sección de materiales queda destinada para aquellos rubros de fabricación de materiales. Esta consta de la columna descripción, donde se destaca el material. Seguido del valor unitario de emisión de CO₂ y consumo de energía, que vienen dados por la tabla 36. El pie de esta sección está el subtotal O, que está constituido por la suma de los valores unitarios del material en cuestión.
- Sección Transporte (P): La sección de transporte es utilizada para rubros de transporte de material en donde se trabaja en kilómetros, y, además, por rubros que trabajen en unidades diferentes al kilómetro. En esta sección se tiene nuevamente la descripción en donde se menciona el tipo de maquinaria requerida para el transporte; la segunda y tercera columna corresponde a los valores unitarios de emisiones de CO₂ y consumo de energía provenientes de la tabla 40.

En el caso de que la unidad del rubro no sean kilómetros, sino metros cúbicos, el factor de la tabla 40, debe ser transformado a la unidad del rubro mediante los factores de las tablas 41 a la 45 según el rubro en cuestión, a continuación, se detalla lo expresado anteriormente:

$$FE_{camión\ de\ carga} \left[\frac{tCO_2\ eq}{m^3} \right] = \frac{FE_{camión\ de\ carga} \left[\frac{tCO_2\ eq}{km} \right] * Distancia\ total[km]}{Cantidad\ requerida\ [m^3]}$$

Al final, de la sección transporte se tiene el subtotal (P) para cada uno de los factores.

- Pie de AECEU: Al pie de cada AECEU, se tiene la suma de los subtotales de M+O+P, para obtener el factor de emisión de CO₂ unitario y de consumo de energía unitario, de cada rubro.

Por último, los Análisis de Emisión y Consumo de Energía Unitario (AECEU), de cada uno de los rubros se encuentran en el Anexo 5.

SISTEMA ESTRUCTURAL:	SISTEMA APORTICADO OPTIMIZADO (SAO)				
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO₂ Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:	ETA-01-03-02-01-001			UNIDAD:	m ³
DETALLE :	Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm ² , incluye transporte de bomba				
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	FE/HORA [tCO ₂ eq./h]	FC/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	FE UNITARIO [tCO ₂ eq./u]	FC UNITARIO [MJ/u]
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m ³ ; 30	0.0131	180.683	0.03	0.0004	4.88
Bomba de Hormigón BSA 1000 1005	0.0378	520.20	0.03	0.0010	14.05
Vibrador de Concreto 18 pl (1.5"); 4 hp	0.0026	35.72	0.40	0.0010	14.29
SUBTOTAL M				0.0024	33.21
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION	FE UNITARIO [tCO ₂ eq./u]	FC UNITARIO [MJ/u]			
SUBTOTAL O		0.00	0.00		
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	FE UNITARIO [tCO ₂ eq./u]	FC UNITARIO [MJ/u]			
Camión de Carga 5 t [km]	0.0002	3.0557			
SUBTOTAL P		0.0002	3.06		
				FE TOTAL POR UNIDAD	0.002633
				FC TOTAL POR UNIDAD	36.27

Figura 37. Formato de Análisis de Emisión y Consumo de Energía Unitario (AECEU).

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.8.6. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN SISTEMAS ESTRUCTURALES

Una vez establecido el FE y FC para cada rubro, se procede a calcular los totales multiplicando la cantidad de cada rubro por cada uno de los factores; por ende, se obtiene la emisión de CO₂ y consumo de energía total por rubro.

3.8.6.1. Evaluación de impacto ambiental en el SAO

Tabla 49

Resultados evaluación ambiental en el SAO.

No.	Código	Rubro	u	Cantidad	FE [tCO ₂ eq./u]	FC [MJ/u]	Emisión Total CO ₂ [tCO ₂ eq]	Consumo Total Energético [MJ]
1	SAO-01-01	Fabricación de Materiales						
2	SAO-01-01-01	Fabricación Hormigón Premezclado	m3	1743.34	0.25	3623.19	439.322	6316455.86
3	SAO-01-01-02	Fabricación Acero de Refuerzo	t	174.65	1.99	19000.00	347.557	3318383.44
4	SAO-01-01-03	Fabricación Madera de Encofrado	t	14.83	0.61	3297.16	9.091	48899.32
5	SAO-01-02	Transporte de Materiales						
6	SAO-01-02-01	Transporte Hormigón Premezclado	km	3400.80	0.0019	26.54	6.554	90272.39
7	SAO-01-02-02	Transporte Acero de Refuerzo	km	434.00	0.0015	20.70	0.652	8985.83
8	SAO-01-02-03	Transporte Madera de Encofrado	km	13.80	0.0015	20.70	0.021	285.72
9	SAO-01-03	Construcción						
10	SAO-01-03-01	Movimiento de tierras						
11	SAO-01-03-01-01	Excavación	m3	7228.97	0.0007	9.03	4.741	65307.51
12	SAO-01-03-01-02	Desalojo de material no deseado	m3	6017.83	0.0048	66.39	29.003	399494.08
13	SAO-01-03-01-03	Compactación de suelo	m3	769.78	0.0015	20.22	1.130	15563.67
14	SAO-01-03-02	Estructura						
15	SAO-01-03-02-01	Muros de Contención						
16	SAO-01-03-02-01-001	Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	317.11	0.0026	36.27	0.835	11500.82
17	SAO-01-03-02-01-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	9.72	0.0011	8.64	0.011	84.02
18	SAO-01-03-02-01-003	Corte de madera de encofrado de muros	t	2.38	0.0022	17.28	0.005	41.10
19	SAO-01-03-02-02	Cimentación						
20	SAO-01-03-02-02-001	Hormigonado vigas de cimentación f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	441.36	0.0025	33.94	1.088	14981.44

21	SAO-01-03-02-02-002	Corte de acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	t	31.11	0.0016	12.96	0.050	403.14
22	SAO-01-03-02-02-003	Corte de madera de encofrado de vigas de cimentación	t	1.54	0.0027	21.60	0.004	33.36
23	SAO-01-03-02-03	Gradas y Rampas						
24	SAO-01-03-02-03-001	Hormigonado de gradas y rampas $f'_c=280$ kg/cm ² , incluye transporte de bomba	m ³	62.86	0.0061	84.59	0.386	5317.65
25	SAO-01-03-02-03-002	Corte de acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	t	12.07	0.0011	8.64	0.013	104.28
26	SAO-01-03-02-03-003	Corte de madera de encofrado de gradas y rampas	t	0.57	0.0022	17.28	0.001	9.93
27	SAO-01-03-02-04	Columnas						
28	SAO-01-03-02-04-001	Hormigonado de columnas $f'_c=280$ kg/cm ² , incluye transporte de bomba	m ³	214.22	0.0035	48.29	0.751	10344.58
29	SAO-01-03-02-04-002	Corte de acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	t	47.74	0.0016	12.96	0.077	618.75
30	SAO-01-03-02-04-003	Corte de madera de encofrado de columnas	t	2.28	0.0027	21.60	0.006	49.23
31	SAO-01-03-02-05	Vigas						
32	SAO-01-03-02-05-001	Hormigonado de vigas $f'_c=280$ kg/cm ² , incluye transporte de bomba	m ³	319.97	0.0031	43.31	1.006	13856.79
33	SAO-01-03-02-05-002	Corte de acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	t	40.57	0.0016	12.96	0.066	525.82
34	SAO-01-03-02-05-003	Corte de madera de encofrado de vigas	t	2.67	0.0027	21.60	0.007	57.73
35	SAO-01-03-02-06	Losas						
36	SAO-01-03-02-06-001	Hormigonado de losas $f'_c=280$ kg/cm ² , incluye transporte de bomba	m ³	387.82	0.0030	41.54	1.170	16110.24
37	SAO-01-03-02-06-002	Corte de acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	t	33.44	0.0011	8.64	0.036	288.88
38	SAO-01-03-02-06-003	Corte de madera de encofrado de losas	t	5.38	0.0022	17.28	0.012	92.99
Total:							843.60	10338068.58

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.8.6.2. Evaluación de impacto ambiental en el SDO

Tabla 50

Resultados evaluación ambiental en el SDO.

No.	Código	Rubro	u	Cantidad	FE [tCO ₂ eq./u]	FC [MJ/u]	Emisión Total CO ₂ [tCO ₂ eq]	Consumo Total Energético [MJ]
1	SDO-01-01	Fabricación de Materiales						
2	SDO-01-01-01-01	Fabricación Hormigón Premezclado	m3	1828.83	0.25	3623.19	460.864	6626185.34
3	SDO-01-01-01-02	Fabricación Acero de Refuerzo	t	184.86	1.99	19000.00	367.871	3512339.81
4	SDO-01-01-01-03	Fabricación Madera de Encofrado	t	16.39	0.61	3297.16	10.048	54045.38
5	SDO-01-02	Transporte de Materiales						
6	SDO-01-02-01	Transporte Hormigón Premezclado	km	3572.40	0.0019	26.54	6.884	94827.42
7	SDO-01-02-02	Transporte Acero de Refuerzo	km	458.80	0.0015	20.70	0.690	9499.31
8	SDO-01-02-03	Transporte Madera de Encofrado	km	16.10	0.0015	20.70	0.024	333.35
9	SDO-01-03	Construcción						
10	SDO-01-03-01	Movimiento de tierras						
11	SDO-01-03-01-01	Excavación	m3	7228.97	0.0007	9.03	4.741	65307.51
12	SDO-01-03-01-02	Desalojo de material no deseado	m3	6017.83	0.0048	66.39	29.003	399494.08
13	SDO-01-03-01-03	Compactación de suelo	m3	737.67	0.0015	20.22	1.083	14914.56
14	SDO-01-03-02	Estructura						
15	SDO-01-03-02-01	Muros de Contención						
16	SDO-01-03-02-01-001	Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	317.11	0.0026	36.27	0.835	11500.82
17	SDO-01-03-02-01-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	9.77	0.0011	8.64	0.011	84.37
18	SDO-01-03-02-01-003	Corte de madera de encofrado de muros de contención	t	2.38	0.0022	17.28	0.005	41.10
19	SDO-01-03-02-02	Cimentación						

20	SDO-01-03-02-02-001	Hormigonado vigas de cimentación f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	473.47	0.0025	33.89	1.165	16047.71
21	SDO-01-03-02-02-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	50.92	0.0016	12.96	0.083	659.93
22	SDO-01-03-02-02-003	Corte de madera de encofrado de vigas de cimentación	t	1.68	0.0027	21.60	0.005	36.30
23	SDO-01-03-02-03	Gradas y Rampas						
24	SDO-01-03-02-03-001	Hormigonado de gradas y rampas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	62.86	0.0061	84.59	0.386	5317.65
25	SDO-01-03-02-03-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	12.07	0.0011	8.64	0.013	104.28
26	SDO-01-03-02-03-003	Corte de madera de encofrado de gradas y rampas	t	0.57	0.0022	17.28	0.001	9.93
27	SDO-01-03-02-04	Columnas						
28	SDO-01-03-02-04-001	Hormigonado de columnas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	120.61	0.0031	42.50	0.372	5126.26
29	SDO-01-03-02-04-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	31.68	0.0016	12.96	0.051	410.54
30	SDO-01-03-02-04-003	Corte de madera de encofrado de columnas	t	1.43	0.0027	21.60	0.004	30.88
31	SDO-01-03-02-05	Muros de Corte						
32	SDO-01-03-02-05-001	Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	205.24	0.0036	48.95	0.729	10046.44
33	SDO-01-03-02-05-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	27.48	0.0011	8.64	0.030	237.40
34	SDO-01-03-02-05-003	Corte de madera de encofrado de muros de corte	t	2.56	0.0022	17.28	0.006	44.23
35	SDO-01-03-02-06	Vigas						
36	SDO-01-03-02-06-001	Hormigonado de vigas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	257.24	0.0033	45.77	0.855	11773.47
37	SDO-01-03-02-06-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	19.42	0.0016	12.96	0.032	251.63

38	SDO-01-03-02-06-003	Corte de madera de encofrado de vigas	t	2.33	0.0027	21.60	0.006	50.23
39	SDO-01-03-02-07	Losas						
40	SDO-01-03-02-07-001	Hormigonado de losas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	392.29	0.0030	41.45	1.180	16258.71
41	SDO-01-03-02-07-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	33.53	0.0011	8.64	0.036	289.73
42	SDO-01-03-02-07-003	Corte de madera de encofrado de losas	t	5.44	0.0022	17.28	0.012	94.06
Total:							887.03	10855362.43

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

3.8.6.3. Evaluación de impacto ambiental en el SAE

Tabla 51

Resultados evaluación ambiental en el SAE.

No.	Código	Rubro	u	Cantidad	FE [tCO ₂ eq./u]	FC [MJ/u]	Emisión Total CO ₂ [tCO ₂ eq]	Consumo Total Energético [MJ]
1	SAE-01-01	Fabricación de Materiales						
2	SAE-01-01-01	Fabricación Hormigón Premezclado	m3	2548.21	0.25	3623.19	642.148	9232642.83
3	SAE-01-01-02	Fabricación Acero de Refuerzo	t	331.77	1.99	19000.00	660.229	6303697.26
4	SAE-01-01-03	Fabricación Madera de Encofrado	t	17.13	0.61	3297.16	10.500	56476.98
5	SAE-01-02	Transporte de Materiales						
6	SAE-01-02-01	Transporte Hormigón Premezclado	km	4976.40	0.0019	26.54	9.590	132095.84
7	SAE-01-02-02	Transporte Acero de Refuerzo	km	824.60	0.0015	20.70	1.240	17073.08
8	SAE-01-02-03	Transporte Madera de Encofrado	km	16.10	0.0015	20.70	0.024	333.35
9	SAE-01-03	Construcción						
10	SAE-01-03-01	Movimiento de tierras						
11	SAE-01-03-01-01	Excavación	m3	7228.97	0.0007	9.03	4.741	65307.51

12	SAE-01-03-01-02	Desalojo de material no deseado	m3	6017.83	0.0048	66.39	29.003	399494.08
13	SAE-01-03-01-03	Compactación de suelo	m3	729.05	0.0015	20.22	1.070	14740.19
14	SAE-01-03-02	Estructura						
15	SAE-01-03-02-01	Muros de Contención						
16	SAE-01-03-02-01-001	Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	317.11	0.0026	36.27	0.835	11500.82
17	SAE-01-03-02-01-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	9.72	0.0011	8.64	0.011	84.02
18	SAE-01-03-02-01-003	Corte de madera de encofrado de muros	t	2.38	0.0022	17.28	0.005	41.10
19	SAE-01-03-02-02	Cimentación						
20	SAE-01-03-02-02-001	Hormigonado vigas de cimentación f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	482.09	0.0025	33.88	1.186	16334.13
21	SAE-01-03-02-02-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	47.78	0.0016	12.96	0.078	619.27
22	SAE-01-03-02-02-003	Corte de madera de encofrado de vigas de cimentación	t	1.66	0.0027	21.60	0.005	35.94
23	SAE-01-03-02-03	Gradas y Rampas						
24	SAE-01-03-02-03-001	Hormigonado de gradas y rampas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	62.86	0.0061	84.59	0.386	5317.65
25	SAE-01-03-02-03-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	12.07	0.0011	8.64	0.013	104.28
26	SAE-01-03-02-03-003	Corte de madera de encofrado de gradas y rampas	t	0.57	0.0022	17.28	0.001	9.93
27	SAE-01-03-02-04	Columnas						
28	SAE-01-03-02-04-001	Hormigonado de columnas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	704.54	0.0027	37.80	1.933	26628.97
29	SAE-01-03-02-04-002	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	t	155.28	0.0016	12.96	0.252	2012.46
30	SAE-01-03-02-04-003	Corte de madera de encofrado de columnas	t	4.08	0.0027	21.60	0.011	88.02
31	SAE-01-03-02-05	Vigas						
32	SAE-01-03-02-05-001	Hormigonado de vigas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba	m3	639.17	0.0028	38.27	1.776	24457.87

33	SAE-01-03-02-05-002	Corte de acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	t	73.67	0.0016	12.96	0.120	954.83
34	SAE-01-03-02-05-003	Corte de madera de encofrado de vigas	t	3.68	0.0027	21.60	0.010	79.59
35	SAE-01-03-02-06	Losas						
36	SAE-01-03-02-06-001	Hormigonado de losas $f'_c=280$ kg/cm ² , incluye transporte de bomba	m ³	342.45	0.0031	42.64	1.060	14603.32
37	SAE-01-03-02-06-002	Corte de acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	t	33.24	0.0011	8.64	0.036	287.18
38	SAE-01-03-02-06-003	Corte de madera de encofrado de losas	t	4.75	0.0022	17.28	0.010	82.11
Total:							1366.27	16325102.63

Elaborado por: Bohórquez & Viteri

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizará un análisis de los resultados hallados del ACV de la “cuna a la puerta” respecto a las emisiones de CO₂ y consumo energético.

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS GENERALES

A continuación, se presenta los resultados generales obtenidos por sistema estructural:

Tabla 52

Resultados generales en los tres sistemas estructurales.

Sistema Estructural	Emisión de CO ₂ [tCo ₂ eq.]	Consumo Energético [MJ*10 ⁶]
SAO	843.60	10.3
SDO	887.03	10.9
SAE	1366.27	16.3

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

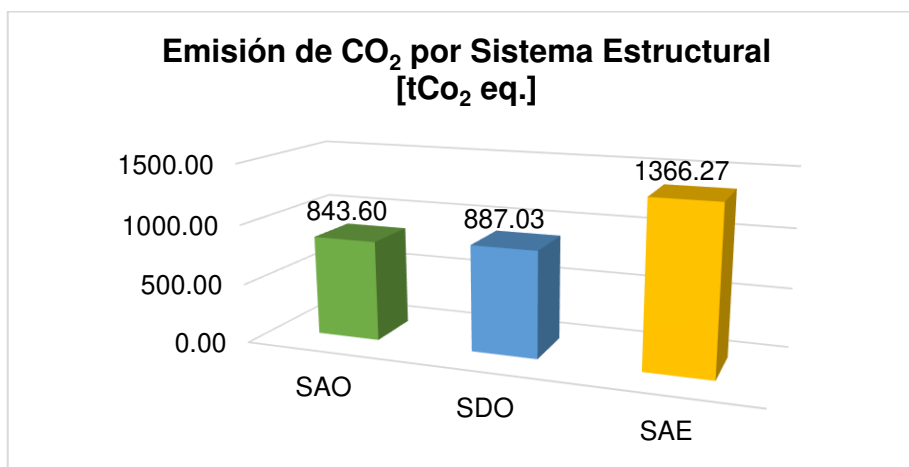


Figura 38. Emisión en toneladas de CO₂ equivalente, por sistema estructural.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

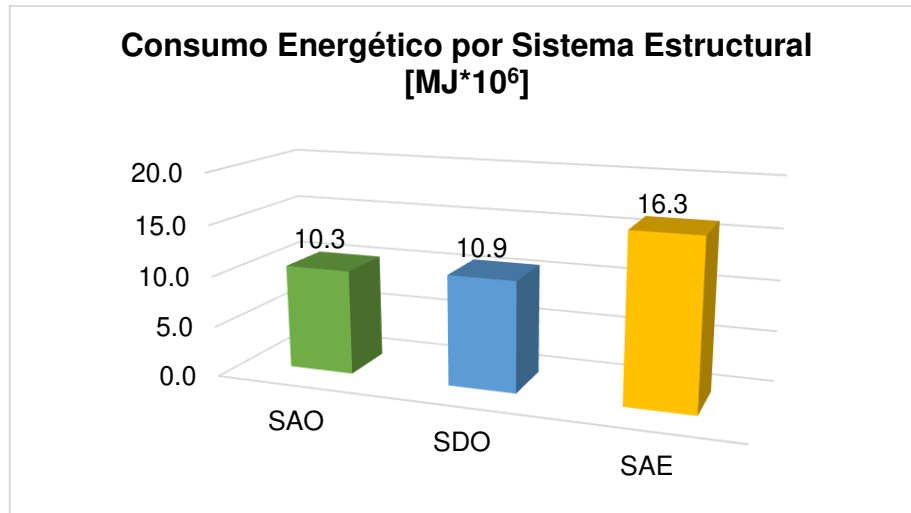


Figura 39. Consumo energético en millones de Mega Joules, por sistema estructural.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

En base a la figura 38, se puede evidenciar que el sistema con mayor emisión es el SAE, seguido del SDO y por último el SAO. Dentro de esta misma lógica, el SAE tiene 523 toneladas más que el SAO, lo que equivale a un 62% más de emisión; en cambio, respecto al SDO el SAE tiene 480 toneladas más, lo que representa un 54% más de emisión de CO₂ equivalente. Ahora si consideramos únicamente los sistemas optimizados como el SAO y el SDO; este último tiene 43 toneladas más o lo que viene siendo un 5% más de emisiones incorporadas. Desde un enfoque ambiental relacionado al calentamiento global, el SAO es el que menor emisión tiene entre los tres sistemas estructurales analizados.

Algo importante de mencionar es cuanto equivale una tonelada de CO₂, de acuerdo, a el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España (Miteco, 2021), una tonelada de CO₂ equivalente en condiciones normales ocupa un volumen de 509 400 litros, o lo que equivale el volumen de una piscina con dimensiones de 10m x 25m x 2m. A su vez equivale, a que un camión de carga: recorra 667 km, consuma 400 litros de diésel, lo que representa el consumo energético de 13872 MJ.

De acuerdo a la figura 39, se aprecia como el consumo energético tiene la misma tendencia que las emisiones; en donde el SAE es el sistema con mayor consumo energético, en segundo lugar, está el SDO y el de menor consumo es el SAO. Si se compara el SAE con el SAO se tiene que el sistema equivalente tiene un 58% (6 millones de Mega Joules) más de emisión. Por otro lado, se evidencia que el SAE supera el consumo energético en un 50% al SDO (5.4 millones de Mega Joules). De la misma forma, si se considera únicamente los sistemas optimizados se tiene que el SDO consume un 6% más que el SAO. Igualmente, que las emisiones, desde una perspectiva ambiental en relación con el consumo energético, se observa que el SAO es el más eficiente.

De forma general, y bajo un enfoque únicamente ambiental, se observa que el SAO resulta el sistema más eficiente en cuanto a emisiones y consumo de energía, respecto a las etapas del ciclo de vida, desde la etapa de fabricación de materiales hasta la etapa de construcción. Sin embargo, desde la perspectiva de sismorresistencia conjugada con la parte ambiental, se podría decir, que dentro de la concepción estructural de un edificio tipo de la ciudad de Quito, el sistema más idóneo es el Sistema Dual Optimizado (SDO). Este brinda las bondades mecánicas frente acciones sísmicas como el SAE, reflejado en bajos niveles de deriva; por lo tanto, evita el daño en elementos no estructurales; al contrario que el SAE, el SDO tiene un impacto ambiental no tan significativo, tan solo es superior en un 5% en emisiones y un 6% en consumo energético que el SAO. Esta diferencia puede ser compensada de distintas formas en donde se abarque más etapas del ciclo de vida, una de ellas podría ser la inclusión de más áreas verdes, de acuerdo, a la Universidad de Sevilla (2007), un árbol de tipo pino Carrasco puede llegar a absorber de 30 a 50 toneladas de CO₂ por año; otra forma, sería mediante el empleo de sistemas de consumo eficiente de luz. De este modo, se da igual importancia a las variables de diseño estructural como a las variables ambientales al momento de la concepción estructural en un edificio.

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR ETAPA DEL ACV

Los resultados obtenidos de cada sistema estructural discretizado en las distintas etapas analizadas, fabricación de materiales, transporte y construcción, son presentados a continuación:

Tabla 53

Resultados obtenidos por sistema estructural y por etapa del ACV.

Sistema Estructural	Etapas	Emisión Total de CO ₂ [tCo ₂ eq.]	Consumo Total Energético [MJ*10 ⁶]
SAO	Fabricación	795.97	9.68
	Transporte	7.23	0.10
	Construcción	40.11	0.55
SDO	Fabricación	838.78	10.19
	Transporte	7.60	0.10
	Construcción	40.64	0.56
SAE	Fabricación	1312.88	15.59
	Transporte	10.85	0.15
	Construcción	42.54	0.58

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

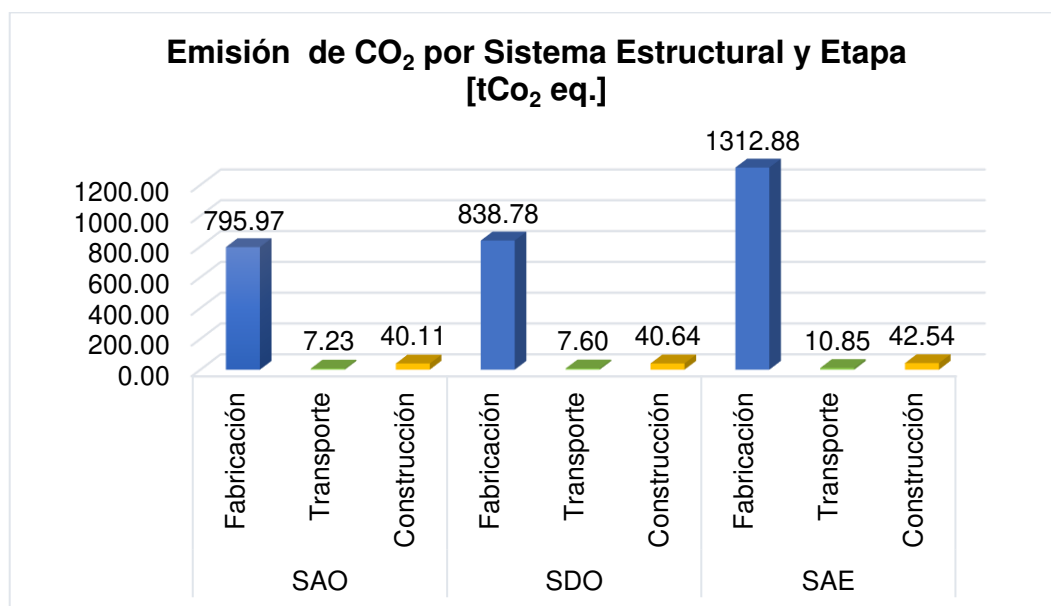


Figura 40. Emisión toneladas de CO₂ equivalente, por sistema estructural y etapa del ACV.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

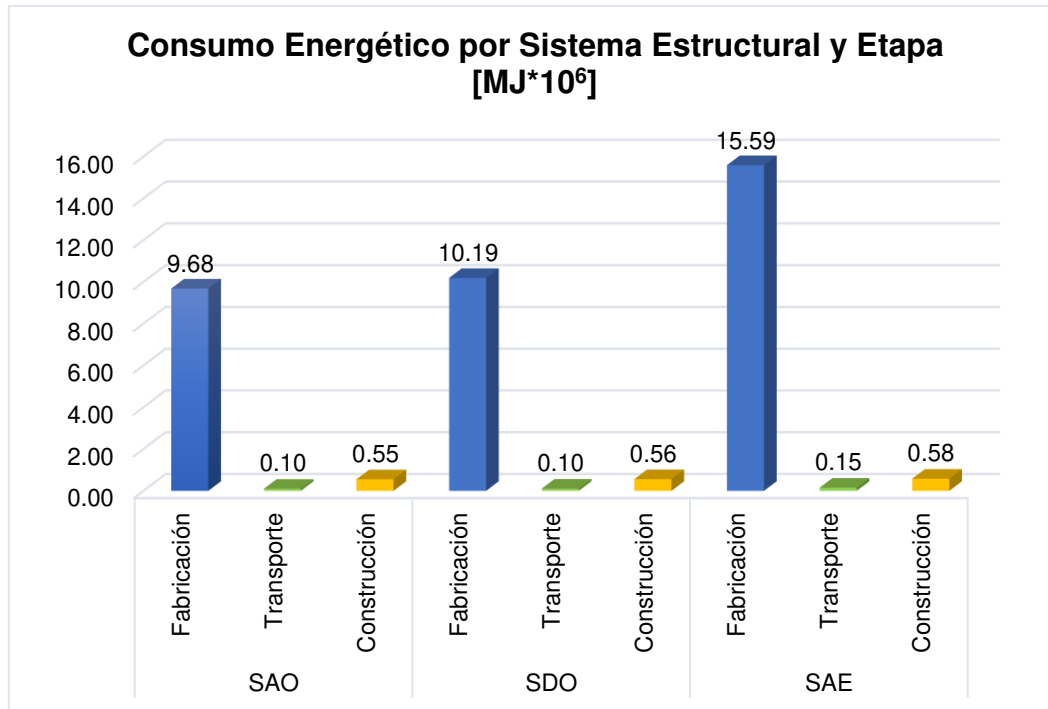


Figura 41. Consumo energético en millones de Mega Joules, por sistema estructural y etapa del ACV.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

De forma general, las figuras 40 y 41, nos evidencian que la etapa con mayor impacto ambiental; es decir, con mayor emisión y consumo de energía, es la etapa de fabricación de materiales; la segunda etapa más contaminante corresponde a la etapa de construcción y por último esta la etapa de transporte de materiales; todo lo antes mencionado se repite en cualquier sistema estructural analizado. Esto nos evidencia que la etapa más crítica yace en la fabricación de materiales y es aquí donde se debe adoptar tácticas para un diseño menos contaminante.

El SAE en cualquier etapa del ciclo de vida, es el sistema estructural con mayor emisión y consumo energético. Se observa, que entre el SAO y el SDO, existe un ligero incremento de emisión del 5%, 5% y 1% y consumo de energía en un 5%, 0% y 2% para las etapas de fabricación, transporte y construcción respectivamente. En cambio, entre el SDO y el SAE, se presenta un incremento más considerable; en el caso de emisión de un 57%, 43% y 5% y en consumo energético en un 53%, 50% y 4%, para cada una de las etapas. De este modo, se aprecia que la diferencia entre los sistemas optimizados es mucho más pequeña que entre el sistema dual y el sistema equivalente.

4.2.1. RESULTADOS PORCENTUALES POR ETAPA

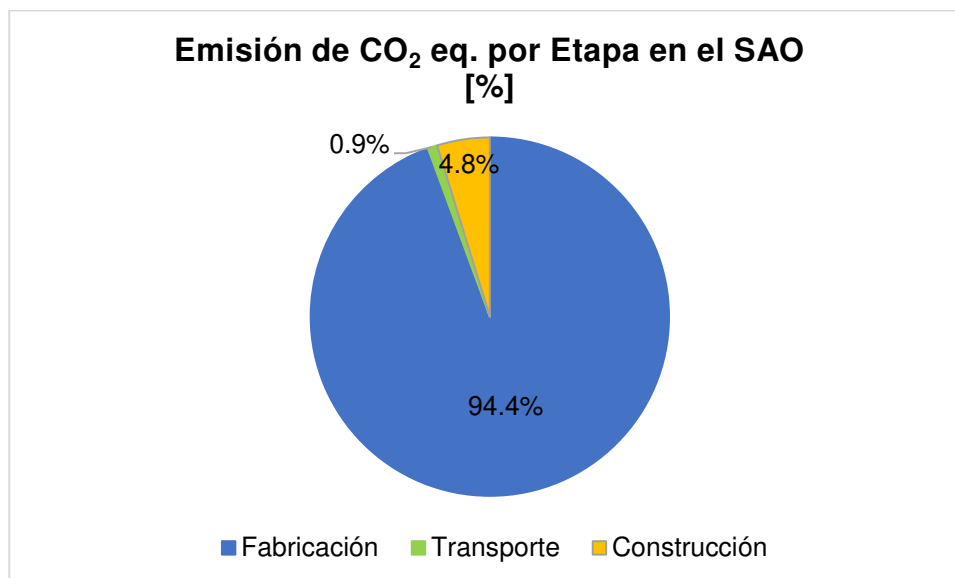


Figura 42. Emisión de CO₂ por etapa en el SAO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

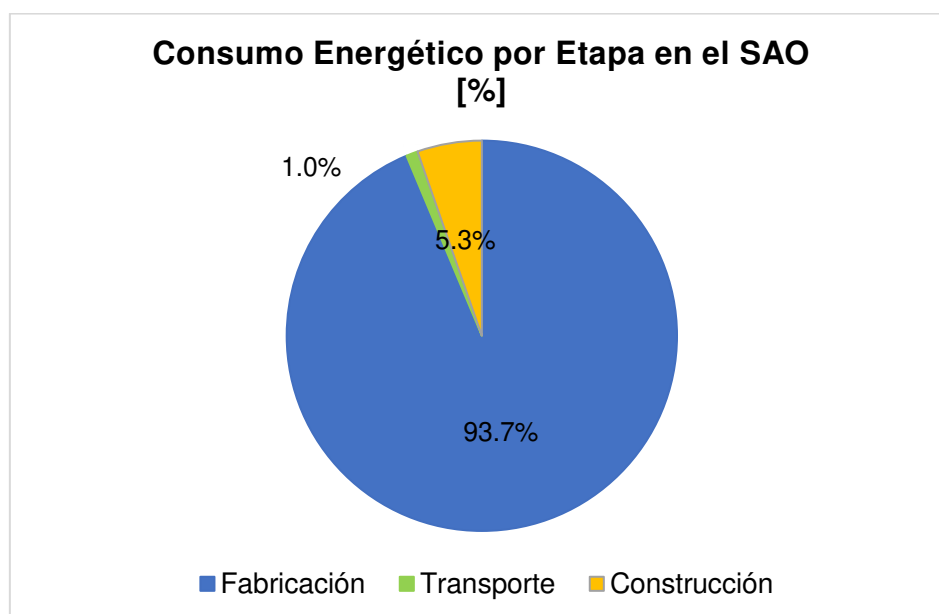


Figura 43. Consumo energético por etapa en el SAO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

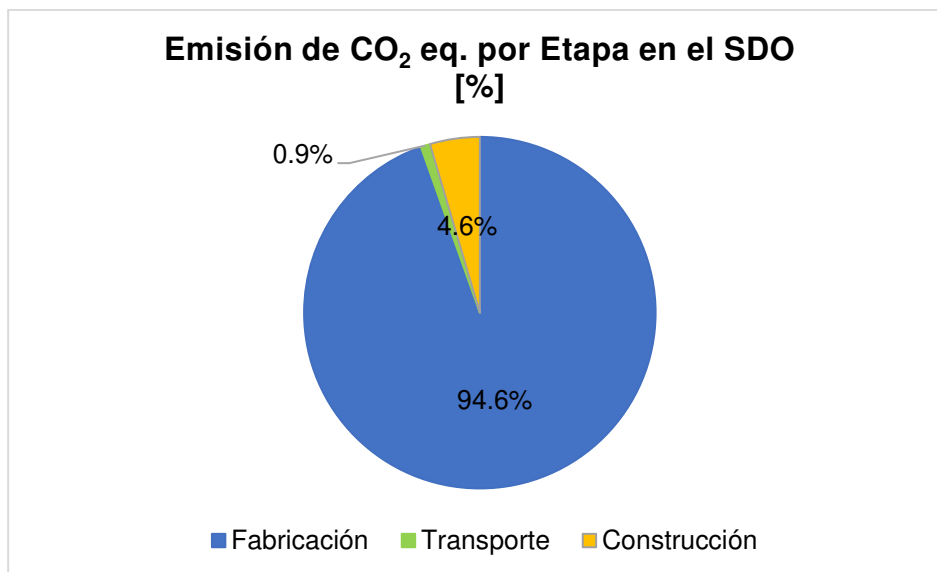


Figura 44. Emisión de CO₂ por etapa en el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

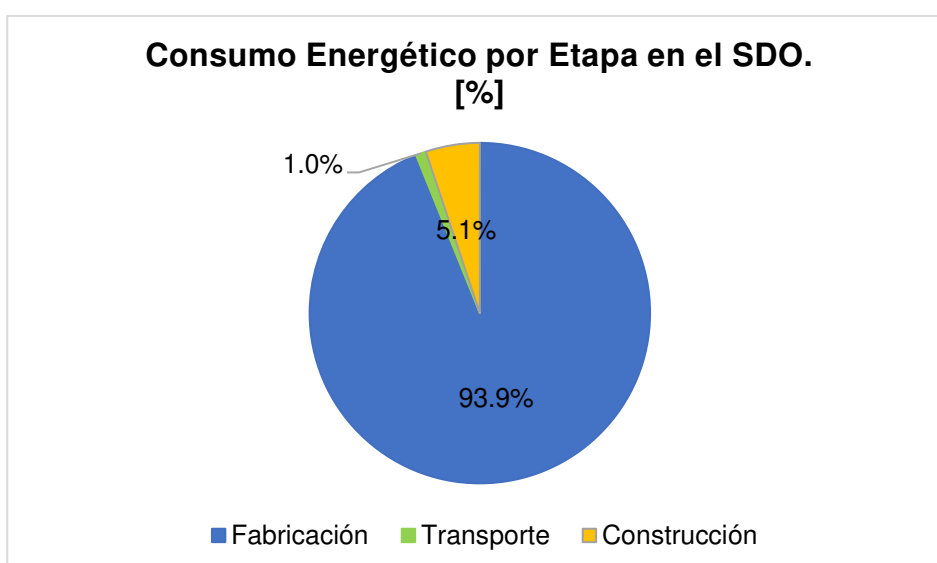


Figura 45. Consumo energético por etapa en el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

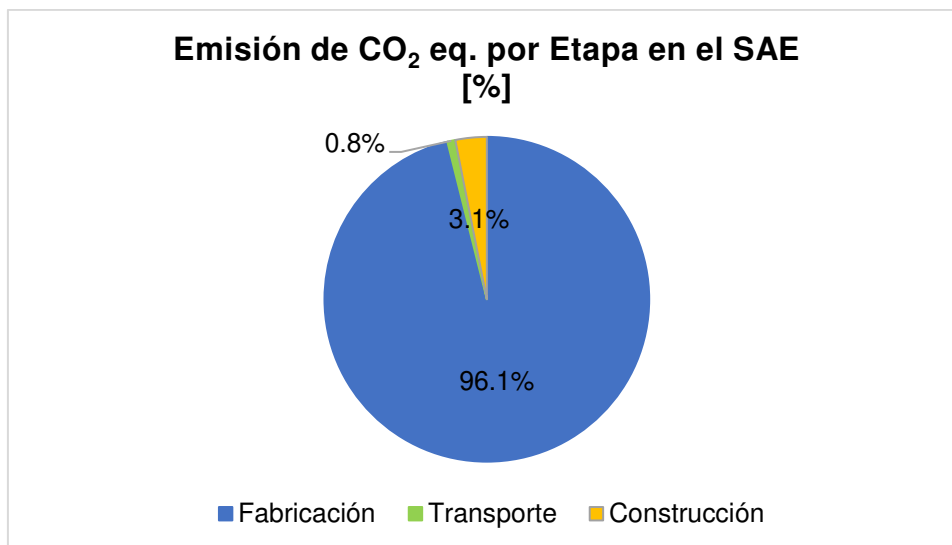


Figura 46. Emisión de CO₂ por etapa en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

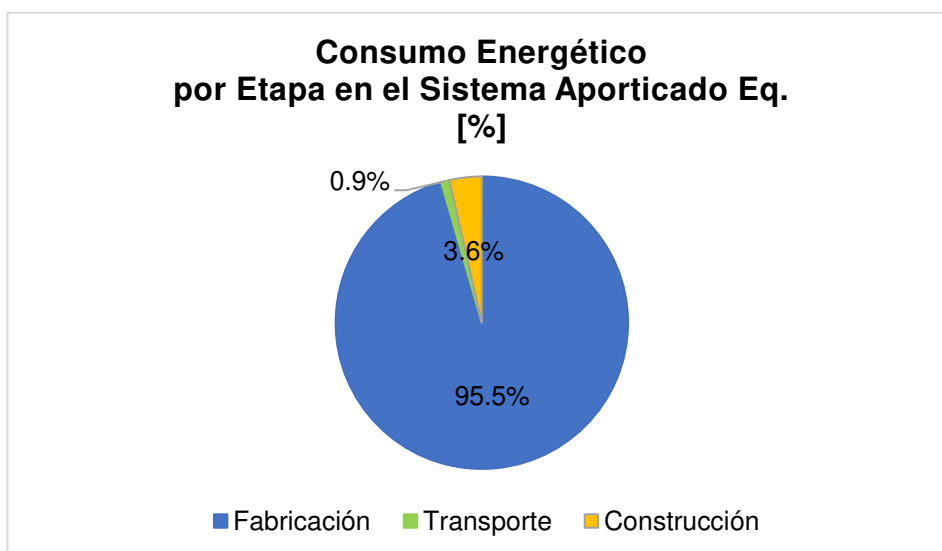


Figura 47. Consumo energético por etapa en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Las figuras desde la 42 a la 47, nos evidencian lo antes ya mencionado que, sin importar el sistema estructural, la etapa de fabricación de materiales es la etapa más contaminante del ciclo de vida analizado, en cualquiera de las variables estudiadas, esta etapa abarca más del 90%, seguido de la construcción que oscila del 3% al 5%, y por último la etapa de transporte que está alrededor del 1%.

La razón por la que la fabricación de materiales es la etapa más contaminante es debido a todos los procesos industriales que deben llevarse a cabo hasta sacar el producto final, donde existe consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero, como se evidencia en la sección 2.4.1. Otro punto importante de mencionar es que todas las variables ambientales en cuestión tienen una relación directa con la cantidad de materiales requeridos para cada uno de los sistemas estructurales; en otras palabras, a medida que se incrementa los materiales de construcción mayor es el impacto ambiental. De esta manera, se debe buscar estrategias para reducir las emisiones y consumo energético incorporado por la fabricación de materiales de construcción; en este sentido resulta necesario analizar el impacto ambiental discretizando el aporte contaminante de cada material.

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR MATERIAL

Los resultados obtenidos de cada sistema estructural según el material: hormigón premezclado, acero de refuerzo, madera de encofrado y otros, este último hace referencia a todas las actividades relacionadas con el suelo del terreno, son presentados a continuación:

Tabla 54

Resultados obtenidos por sistema estructural y por material.

Sistema Estructural	Material	Emisión Total de CO₂ [tCO₂ eq.]	Consumo Total Energético [MJ*10⁶]
SAO	Hormigón Premezclado	450.82	6.48
	Acero de Refuerzo	348.46	3.33
	Madera de Encofrado	9.15	0.05
	Otros	34.87	0.48
SDO	Hormigón Premezclado	473.27	6.80
	Acero de Refuerzo	368.82	3.52
	Madera de Encofrado	10.11	0.05
	Otros	34.83	0.48
SAE	Hormigón Premezclado	658.91	9.46
	Acero de Refuerzo	661.98	6.32
	Madera de Encofrado	10.57	0.06
	Otros	34.81	0.48

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

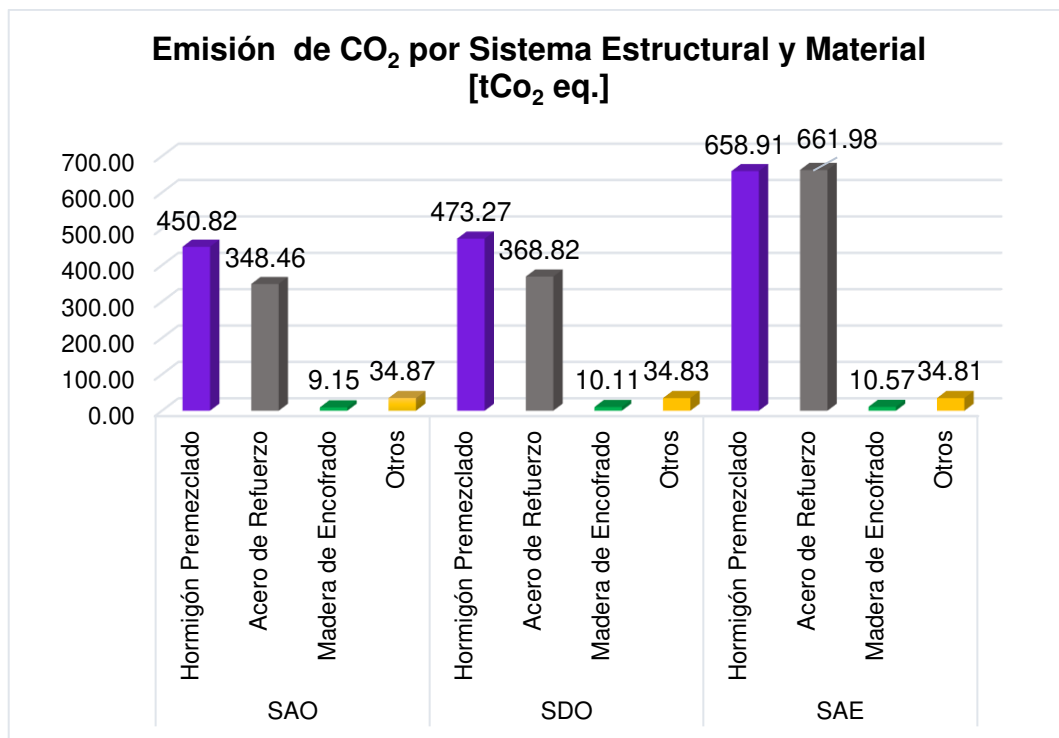


Figura 48. Emisión en toneladas de CO₂ equivalente, por sistema estructural y material.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

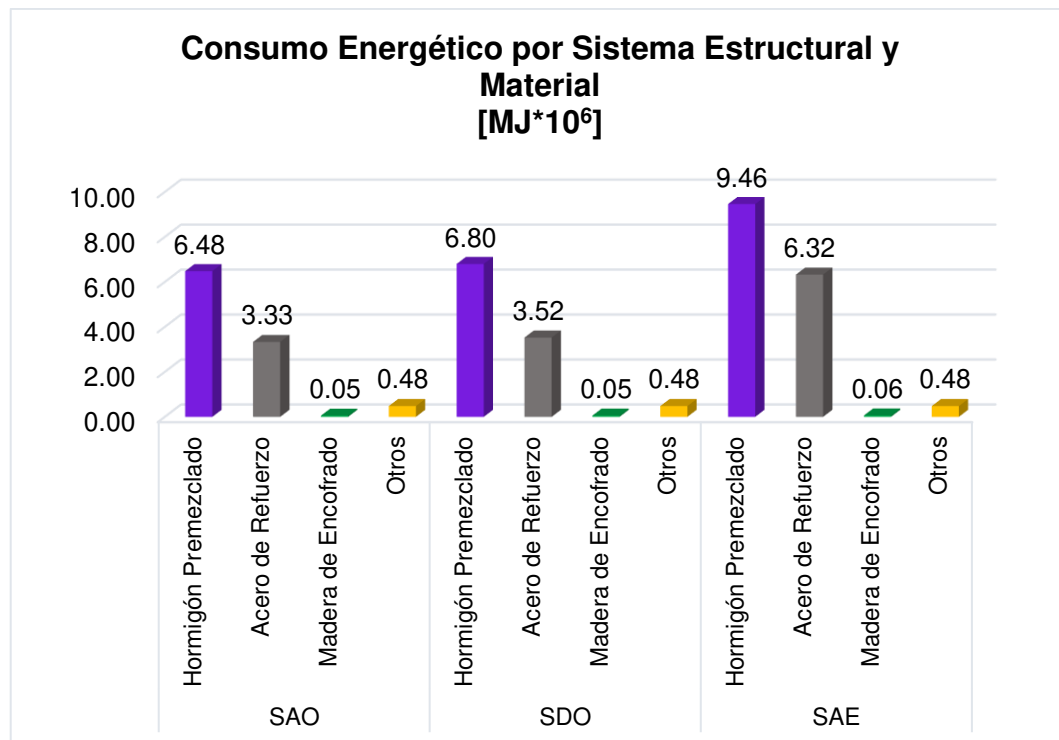


Figura 49. Consumo energético en millones de Mega Joules, por sistema estructural y material.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Al comparar los resultados, en el SDO las emisiones varían en un 5%, 6%, 11%, y -0.1% y el consumo energético cambia en un 5%, 6%, 0% y 0% para los materiales de hormigón premezclado, acero de refuerzo, madera de encofrado y “otros” respectivamente, con respecto al SAO. Por otro lado, se observa una variación en el SAE del 40%, 80%, 5% y -0.1% en emisión y una diferencia del 39%, 80%, 0.2% y 0% en consumo de energía, con respecto al SDO. Esto hace que el SAE sea el sistema con mayor impacto ambiental en cualquier material, seguido del SDO y por último el SAO.

Las figuras 48 y 49; nos reflejan que para el SAO y el SDO el material más contaminante en cuestión a emisiones, es el hormigón premezclado; en cambio, para el SAE es el acero de refuerzo; ya que, es el material con mayores toneladas de CO₂ equivalente emitido. Ahora, en cuestión al consumo de energía, existe una misma tendencia para los tres sistemas estructurales, donde el hormigón premezclado es el que mayor consumo energético tiene; seguido del acero de refuerzo; en tercer lugar, está “otros”, que corresponde al suelo; y en último lugar se encuentra la madera de encofrado.

La razón para que el hormigón premezclado sea el material más contaminante, puede deberse a que es el material en mayor cantidad en comparación a los otros; sin embargo, esta tendencia no se aplica para el caso de las emisiones en el SAE, siendo el acero de refuerzo el material más contaminante. En este sentido, se evidencia que existe un umbral en donde el acero de refuerzo se transforma en el material con mayor emisión a pesar de no ser el material en mayor cantidad, respecto al peso.

Una posible explicación al fenómeno mencionado anteriormente es debido a la naturaleza que abarcan los procesos industriales en la fabricación del acero. El proceso de fabricación del acero implica reiteradas veces altas temperaturas en los hornos; en cambio, en el hormigón tan solo se requiere el calor generado por el horno una sola vez, como se describe en la sección 2.4.1 de este mismo trabajo; esto hace que el acero tenga mayor potencial de emisión de gases a una misma cantidad de energía consumida en comparación al hormigón.

De este modo, el SAE al tener secciones con elementos reticulares tan grandes, genera cuantías de acero mayores; es decir, la relación del peso total de acero respecto al volumen del hormigón son superiores que la de los sistemas optimizados, haciendo que la emisión por acero aumente, superando la del hormigón.

4.3.1. RESULTADOS PORCENTUALES POR MATERIAL

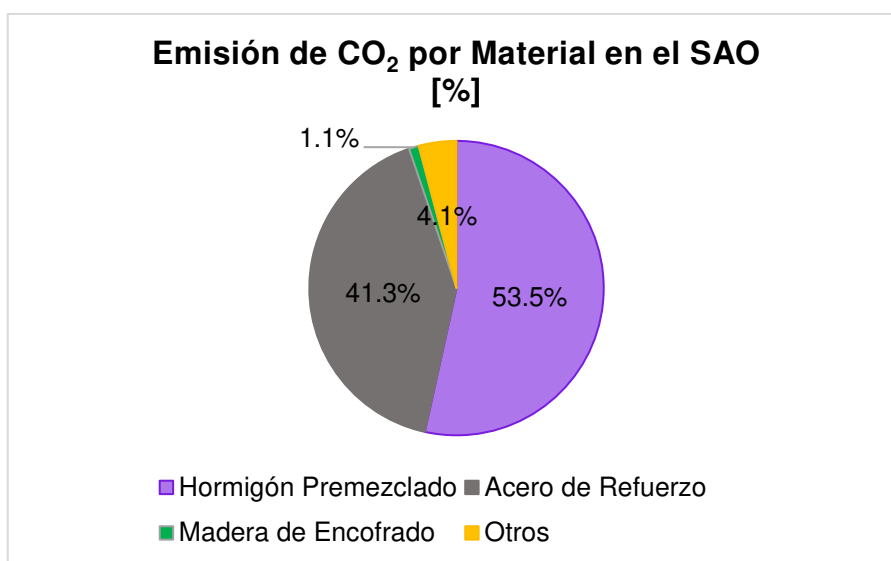


Figura 50. Emisión de CO₂ por material en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

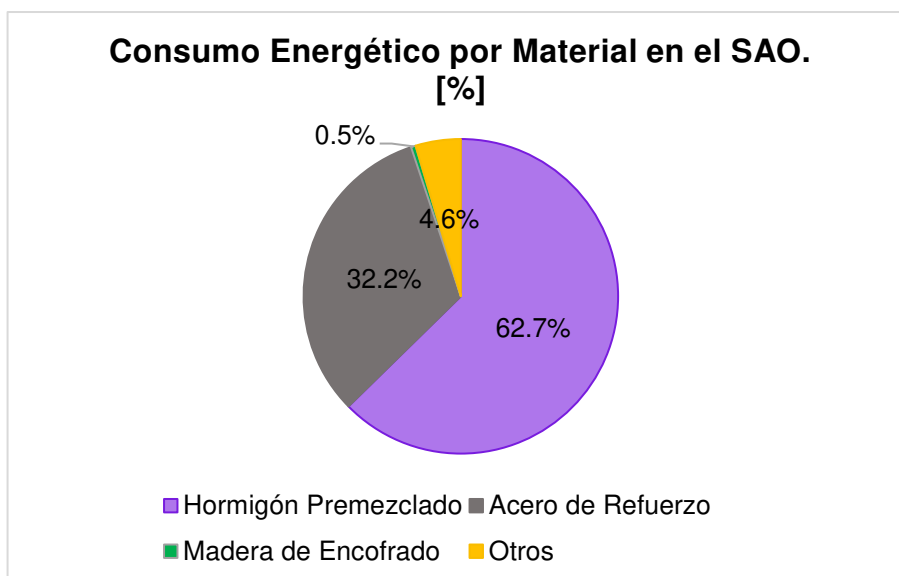


Figura 51. Consumo energético por material en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

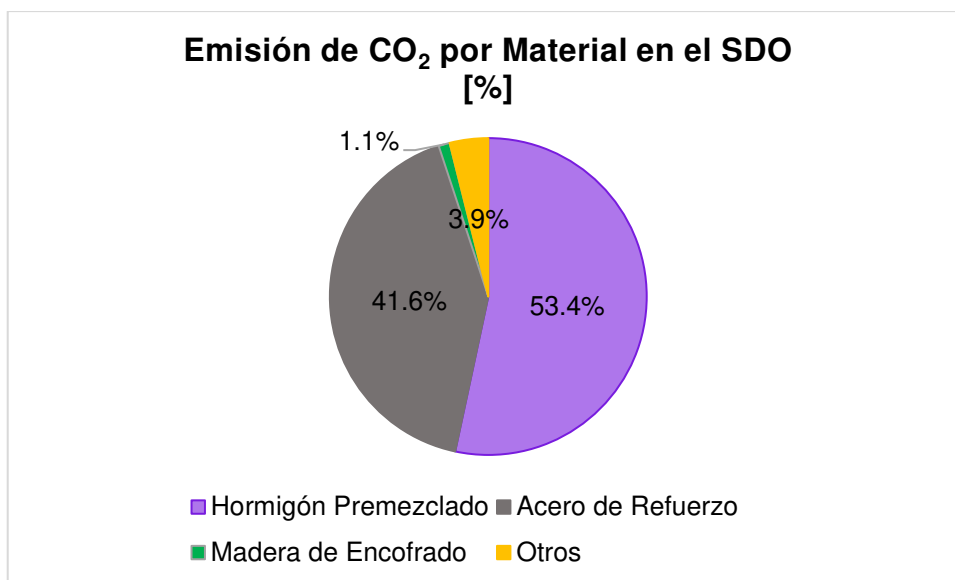


Figura 52. Emisión de CO₂ por material en el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

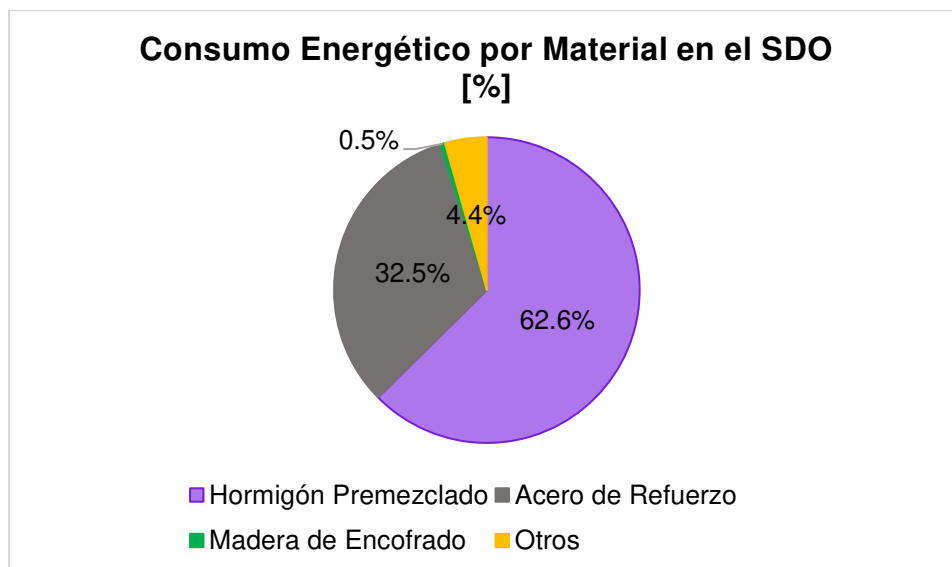


Figura 53. Consumo energético por material en el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

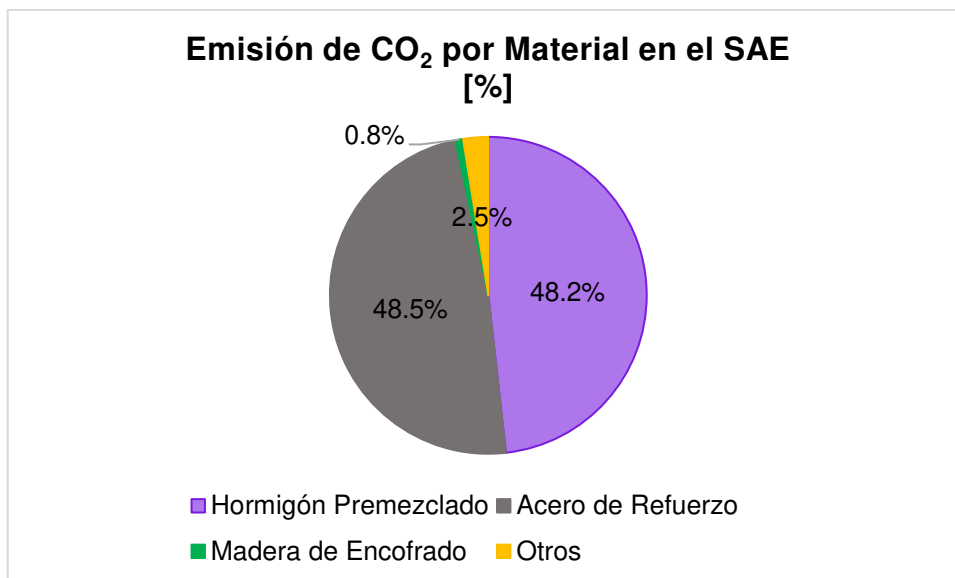


Figura 54. Emisión de CO₂ por material en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

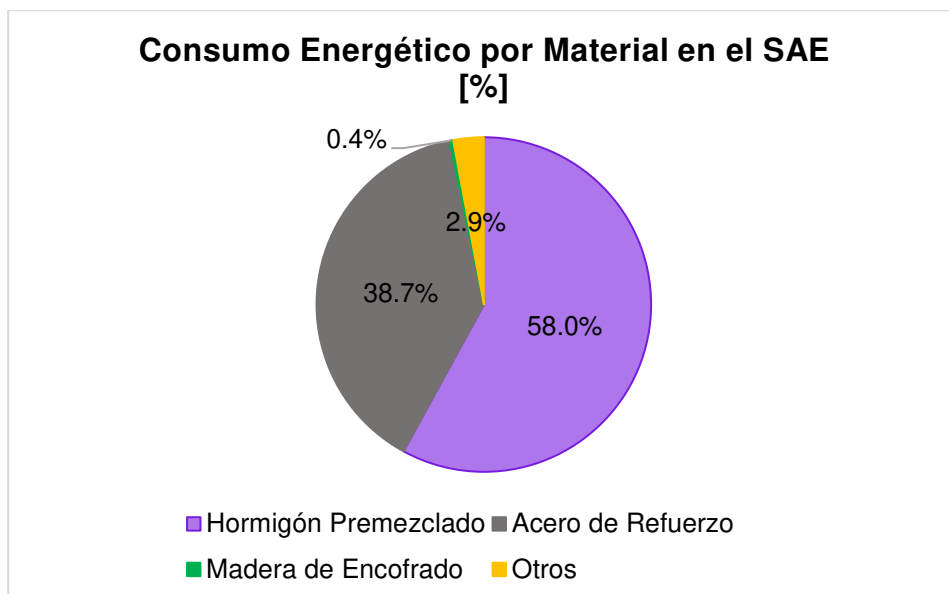


Figura 55. Consumo energético por material en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Las figuras desde la 50 hasta la 55, fortalecen lo planteado en la sección anterior. En primer lugar, para los sistemas optimizados el material con mayor emisión es el hormigón premezclado al conformar aproximadamente el 50%, lo que no ocurre con el sistema equivalente, en donde el acero ocupa 48.5% en emisión y el hormigón el 48.2%; por otro lado, con respecto al consumo de energía, el hormigón se mantiene constante como el material con más consumo con un valor que oscila entre 58% y 63%. Dentro de esta misma lógica, se evidencia que existe un punto dentro del diseño estructural en donde a pesar de que el hormigón sea el material más abundante, el acero se convierte en el material con mayor emisión; sin embargo, esto no implica que sea el material con mayor consumo energético; esto se debe a que el acero tiene mayor potencial contaminante para un mismo nivel de consumo, esto se ve reflejado en las figuras 54 y 55.

4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR ELEMENTO ESTRUCTURAL

En el siguiente análisis los valores de impacto ambiental de la fabricación y el transporte fueron añadidas proporcionalmente a cada elemento estructural; además, se excluyó el aporte de las actividades relacionadas con las obras preliminares que van en relación con el suelo. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 55

Resultados obtenidos por sistema y por elemento estructural.

Sistema Estructural	Elemento	Emisión Total de CO ₂ [tCo ₂ eq.] por elemento	Consumo Total Energético [MJ*10 ⁶] por elemento	Emisión Total de CO ₂ [tCo ₂ eq.] por sistema estructural	Consumo Total Energético [MJ*10 ⁶] por sistema estructural
SAO	Muros de Contención	102.80	1.37	808.43	9.86
	Cimentación	176.99	2.24		
	Gradas y Rampa	40.89	0.47		
	Columnas	152.05	1.71		
	Vigas	165.32	1.97		
	Losas	170.37	2.10		
SDO	Muros de Contención	102.89	1.37	852.20	10.38
	Cimentación	224.90	2.73		

	Gradas y Rampa	40.89	0.47		
	Columnas	95.31	1.06		
	Muros de Corte	109.61	1.30		
	Vigas	106.83	1.34		
	Losas	171.76	2.12		
SAE	Muros de Contención	102.81	1.37	1331.46	15.85
	Cimentación	220.86	2.70		
	Gradas y Rampa	40.89	0.47		
	Columnas	494.49	5.59		
	Vigas	314.53	3.79		
	Losas	157.88	1.92		

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

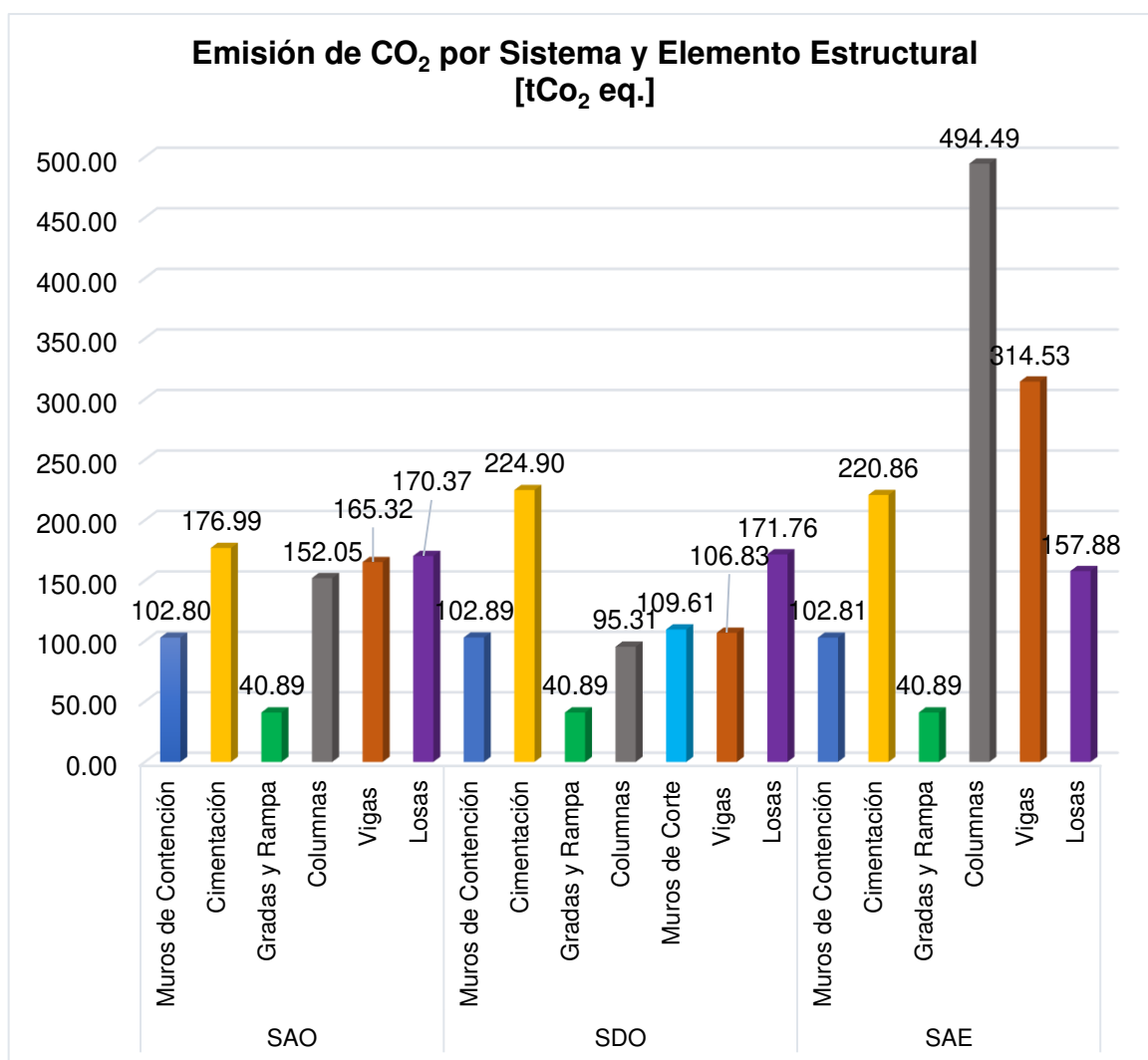


Figura 56. Emisión en toneladas de CO₂ equivalente, por sistema y elemento estructural.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

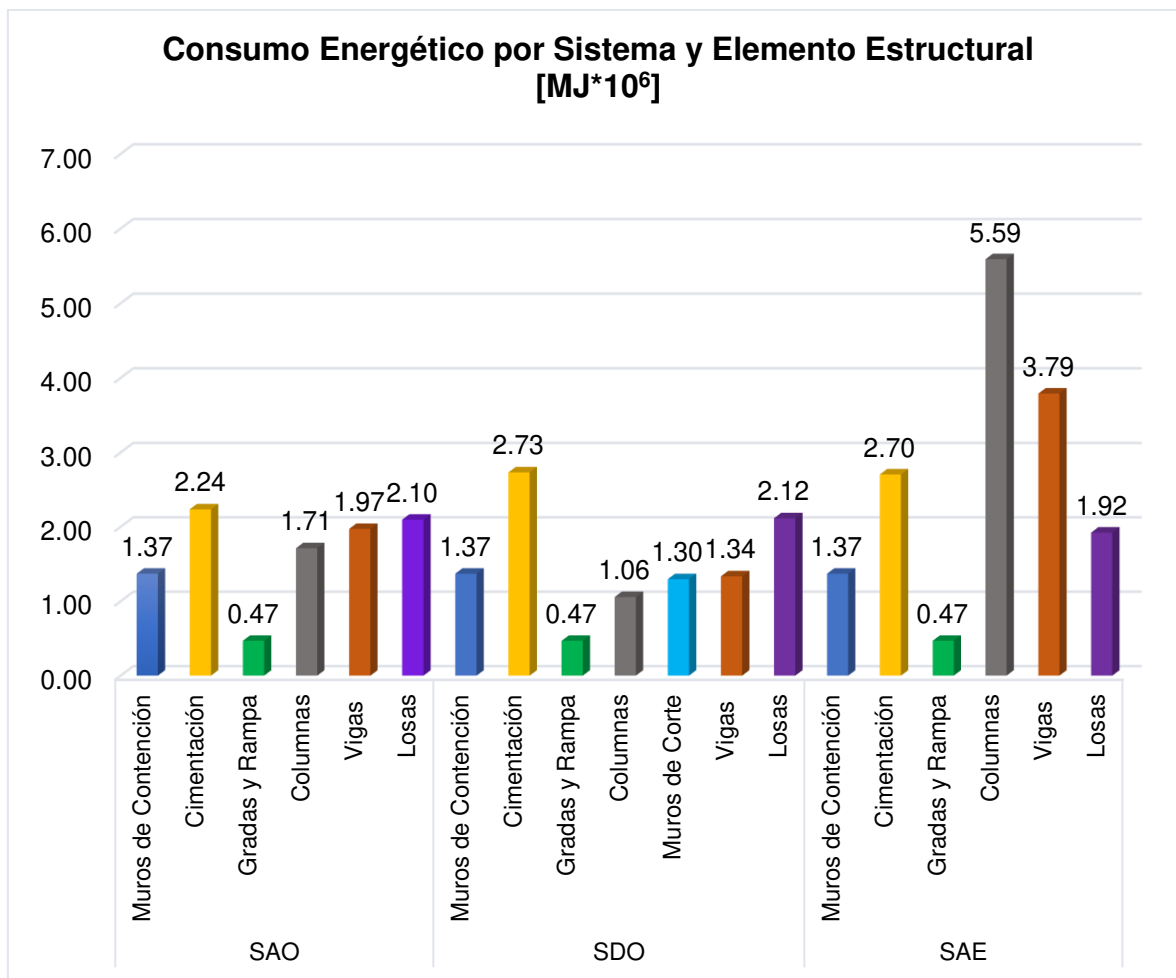


Figura 57. Consumo energético en millones de Mega Joules, por sistema y elemento estructural.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

De las figuras 56 y 57, se aprecia que tanto para el SAO y el SDO, los elementos con mayor impacto ambiental en términos de emisión y consumo energético son las vigas de cimentación y losas. Al comparar estos dos sistemas optimizados, la diferencia del nivel de impacto ambiental se localiza en las vigas de cimentación, en donde el SDO tiene un 27% más de emisión y un 22% en consumo energético que el SAO; además, el SDO tiene un elemento estructural más que son los muros de corte. Por otro lado, el SAE los elementos con mayor impacto para ambas variables son las vigas y las columnas; ya que, son los principales elementos que fueron modificados para poder alcanzar el nivel de deriva que el SDO.

Si comparamos, el SAE con el SDO se observa que las columnas aumentan en un 419% en emisiones y en un 427% en consumo de energía; en cambio, las vigas incrementan en un 194% en emisiones y en un 183% en consumo de energía.

4.4.1. RESULTADOS PORCENTUALES POR ELEMENTO ESTRUCTURAL

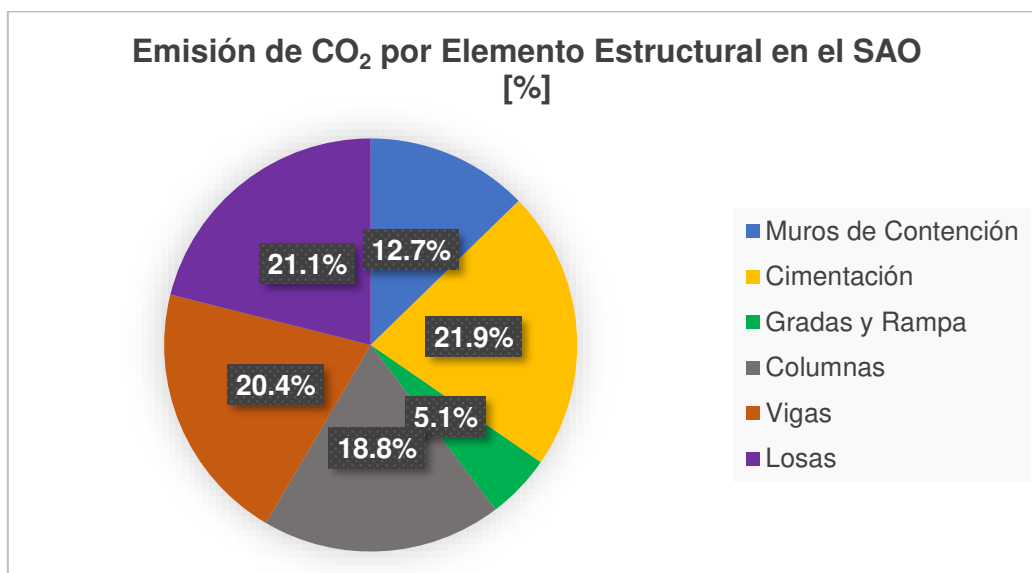


Figura 58. Emisión de CO₂ por elemento estructural en el SAO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri

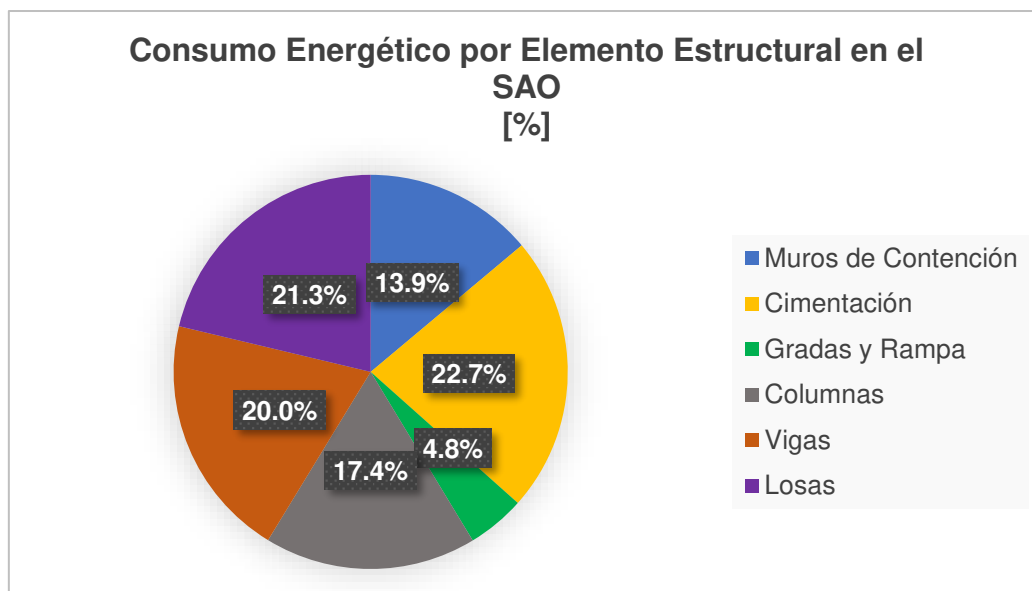


Figura 59. Consumo energético por elemento estructural en el SAO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

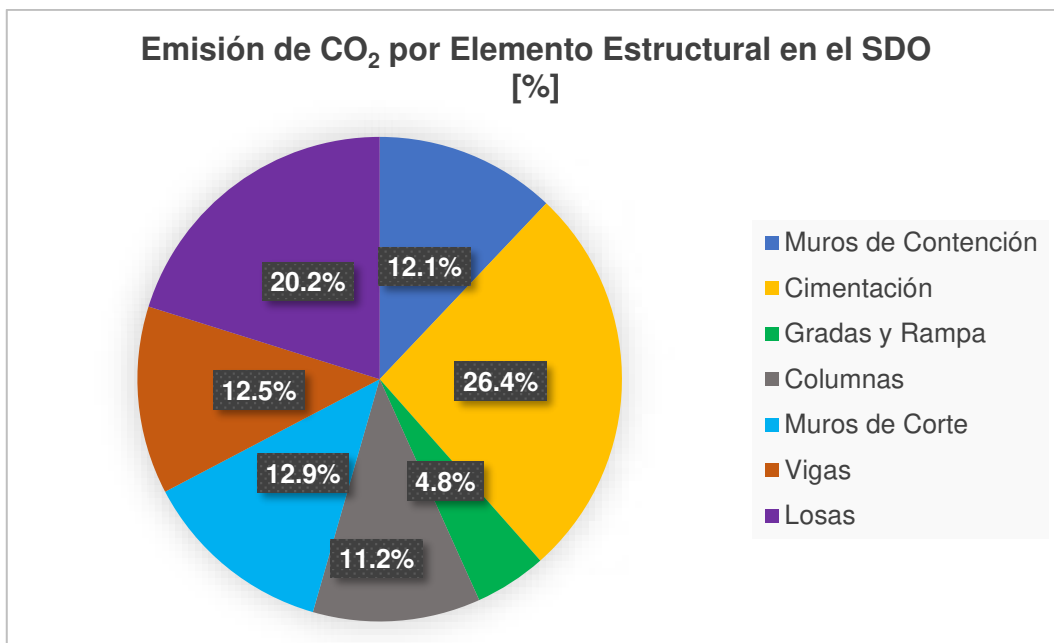


Figura 60. Emisión de CO₂ por elemento estructural en el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri

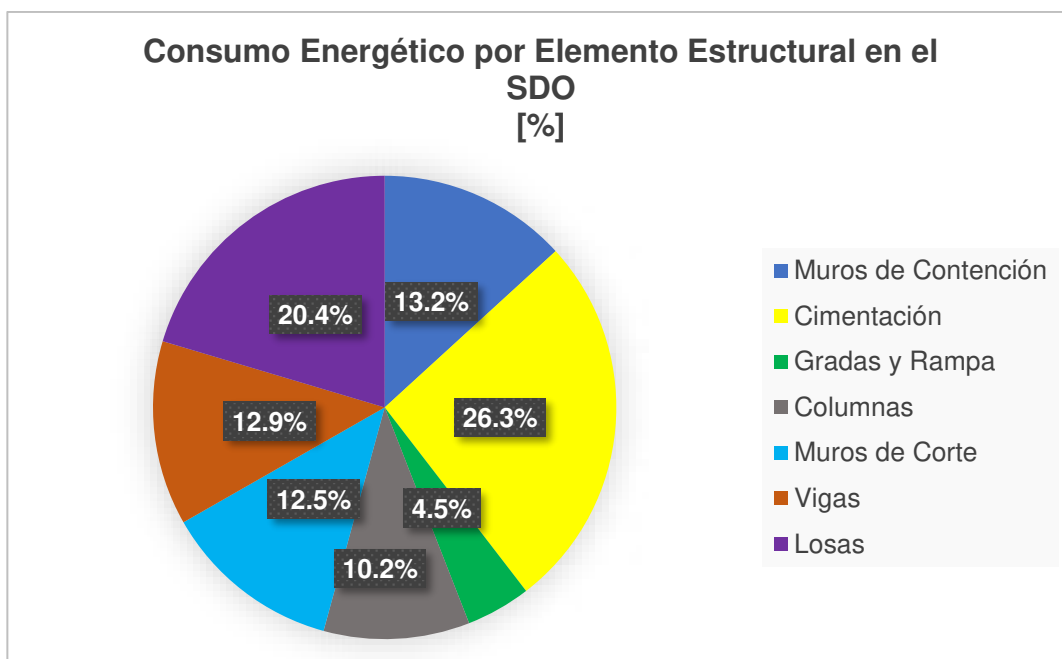


Figura 61. Consumo energético por elemento estructural en el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

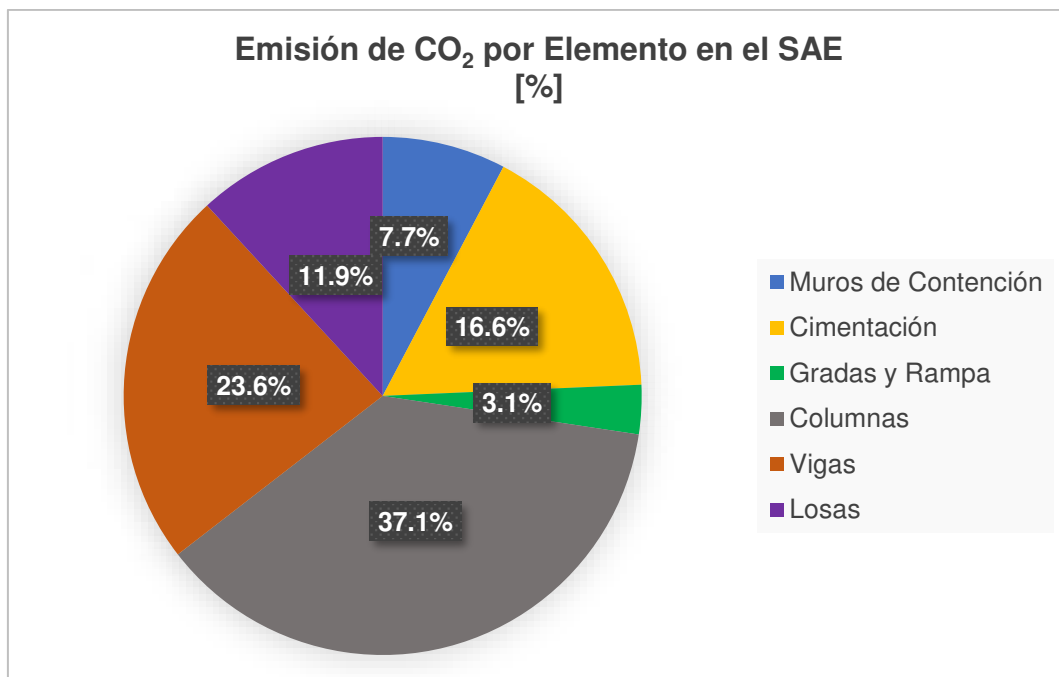


Figura 62. Emisión de CO₂ por elemento estructural en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri

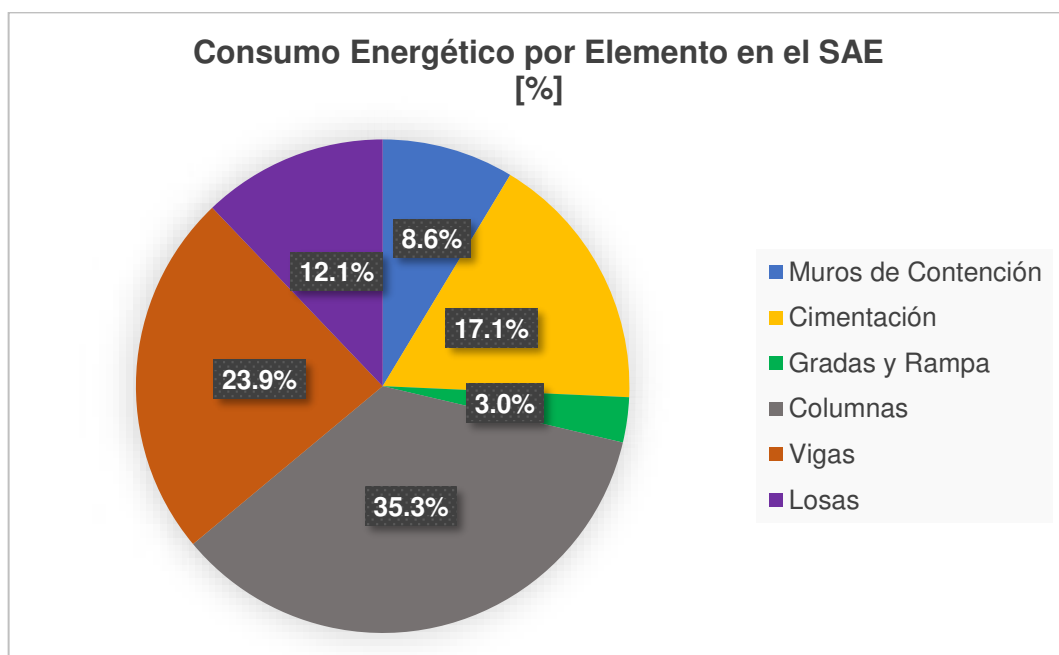


Figura 63. Consumo energético por elemento estructural en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Los resultados del análisis porcentual en base a los elementos estructurales reafirman lo que se mencionó en la sección anterior, que en los sistemas estructurales optimizados los principales elementos estructurales con mayor impacto ambiental corresponden a las vigas de cimentación y a las losas; en cambio, en el SAE los elementos de vigas y columnas resultan los elementos con mayor impacto. Las figuras de la 58 a la 61, nos evidencian que en general el nivel de emisión y consumo energético en los distintos elementos estructurales resulta bastante equilibrado; es decir, no existe un elemento que supere más de diez veces el impacto generado por el elemento con menor emisión y consumo energético. Por el contrario, se aprecia de las figuras 62 y 63, que existe una distribución muy desproporcionada, mayor a diez veces entre el impacto generado por las columnas en comparación al causado por las gradas y rampas; esto es una evidencia cómo un sistema aporricado requiere secciones extremadamente grandes; con el fin, de que la deriva generada tenga el mismo orden de magnitud que la obtenida en el sistema dual.

4.4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR COMPOSICIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN EL ELEMENTO ESTRUCTURAL

Esta sección es creada debido a que se halló algunas diferencias relevantes en la composición porcentual de cada material de acuerdo con el elemento estructural, en este caso se analizará un elemento con mayor cuantía y un elemento con menor cuantía en los tres sistemas estructurales estudiados. Los resultados son presentados a continuación:

Tabla 56

Resultados obtenidos por sistema, por elemento estructural y por material.

Sistema Estructural	Elemento	Material	Emisión Total de CO ₂ [tCO ₂ eq.] por material	Consumo Total Energético [MJ*10 ⁶] por material
SAO	Muros de Contención	Hormigón Premezclado	81.94	1.18
		Acero de Refuerzo	19.40	0.19
		Madera de Encofrado	1.47	0.01

	Cimentación	Hormigón Premezclado	113.97	1.64
		Acero de Refuerzo	62.07	0.59
		Madera de Encofrado	0.95	0.01
	Gradas y Rampa	Hormigón Premezclado	16.46	0.24
		Acero de Refuerzo	24.08	0.23
		Madera de Encofrado	0.35	0.00
	Columnas	Hormigón Premezclado	55.38	0.80
		Acero de Refuerzo	95.26	0.91
		Madera de Encofrado	1.41	0.01
	Vigas	Hormigón Premezclado	82.71	1.19
		Acero de Refuerzo	80.96	0.77
		Madera de Encofrado	1.65	0.01
	Losas	Hormigón Premezclado	100.36	1.44
		Acero de Refuerzo	66.70	0.64
		Madera de Encofrado	3.32	0.02
SDO	Muros de Contención	Hormigón Premezclado	81.94	1.18
		Acero de Refuerzo	19.48	0.19
		Madera de Encofrado	1.47	0.01
	Cimentación	Hormigón Premezclado	122.26	1.76
		Acero de Refuerzo	101.60	0.97
		Madera de Encofrado	1.04	0.01
	Gradas y Rampa	Hormigón Premezclado	16.46	0.24
		Acero de Refuerzo	24.08	0.23
		Madera de Encofrado	0.35	0.00
	Columnas	Hormigón Premezclado	31.22	0.45
		Acero de Refuerzo	63.21	0.60
		Madera de Encofrado	0.88	0.00
	Muros de Corte	Hormigón Premezclado	53.22	0.76
		Acero de Refuerzo	54.81	0.52
		Madera de Encofrado	1.58	0.01
	Vigas	Hormigón Premezclado	66.65	0.96
		Acero de Refuerzo	38.74	0.37
		Madera de Encofrado	1.44	0.01
	Losas	Hormigón Premezclado	101.51	1.46
		Acero de Refuerzo	66.89	0.64
		Madera de Encofrado	3.36	0.02
SAE	Muros de Contención	Hormigón Premezclado	81.94	1.18
		Acero de Refuerzo	19.40	0.19
		Madera de Encofrado	1.47	0.01
	Cimentación	Hormigón Premezclado	124.49	1.79
		Acero de Refuerzo	95.34	0.91
		Madera de Encofrado	1.02	0.01

	Gradas y Rampa	Hormigón Premezclado	16.46	0.24
		Acero de Refuerzo	24.08	0.23
		Madera de Encofrado	0.35	0.00
	Columnas	Hormigón Premezclado	182.13	2.62
		Acero de Refuerzo	309.84	2.96
		Madera de Encofrado	2.51	0.01
	Vigas	Hormigón Premezclado	165.25	2.37
		Acero de Refuerzo	147.01	1.40
		Madera de Encofrado	2.27	0.01
	Losas	Hormigón Premezclado	88.65	1.27
		Acero de Refuerzo	66.31	0.63
		Madera de Encofrado	2.93	0.02

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

4.4.2.1. Resultados en columnas

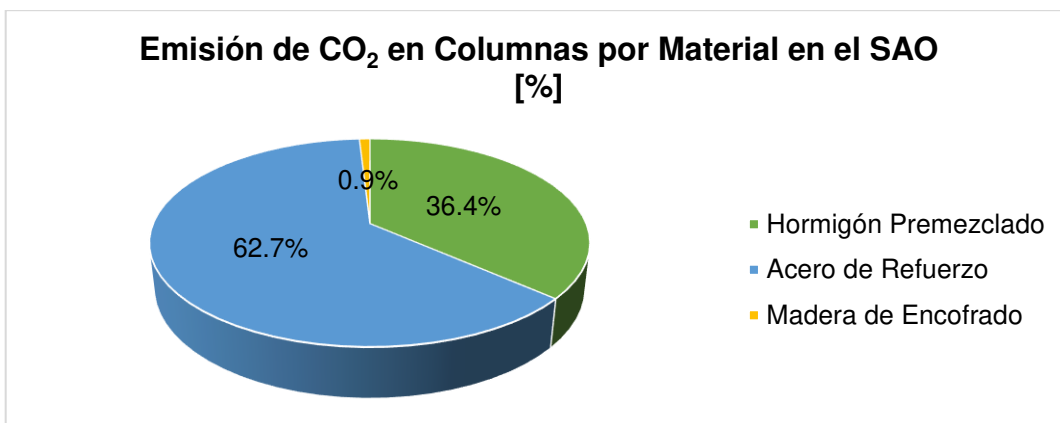


Figura 64. Emisión de CO₂ en columnas por material en el SAO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri

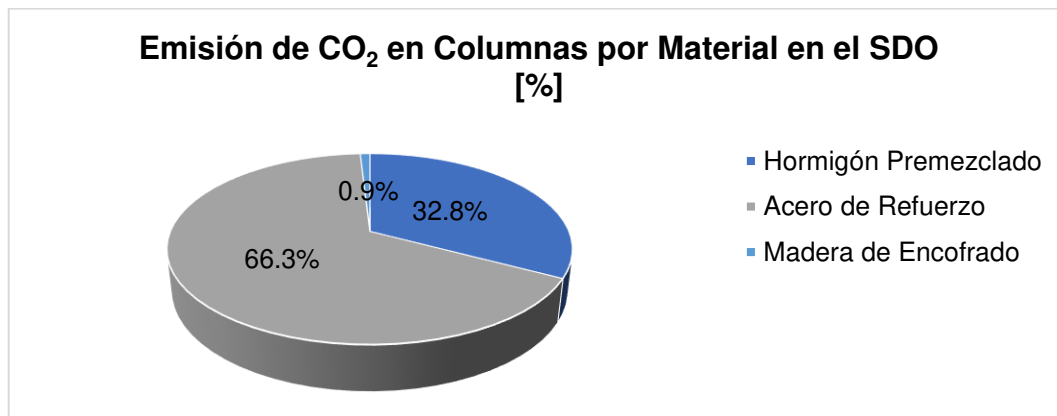


Figura 65. Emisión de CO₂ en columnas por material en el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri

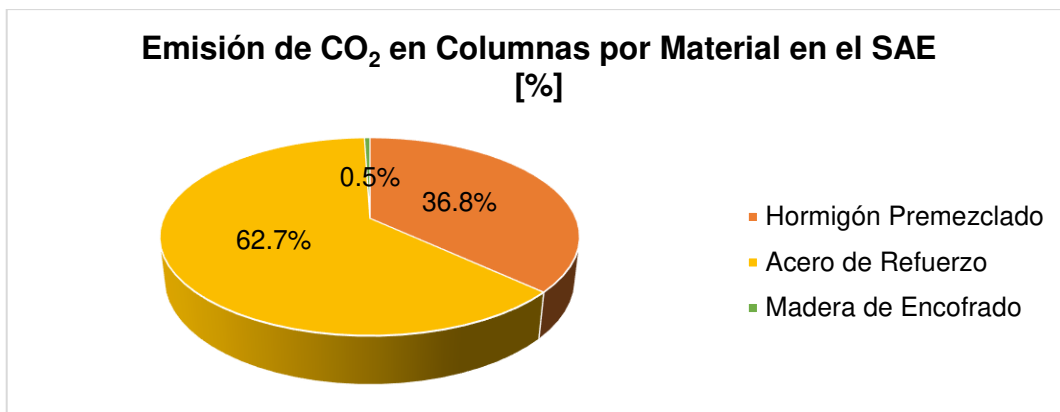


Figura 66. Emisión de CO₂ en columnas por material en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri

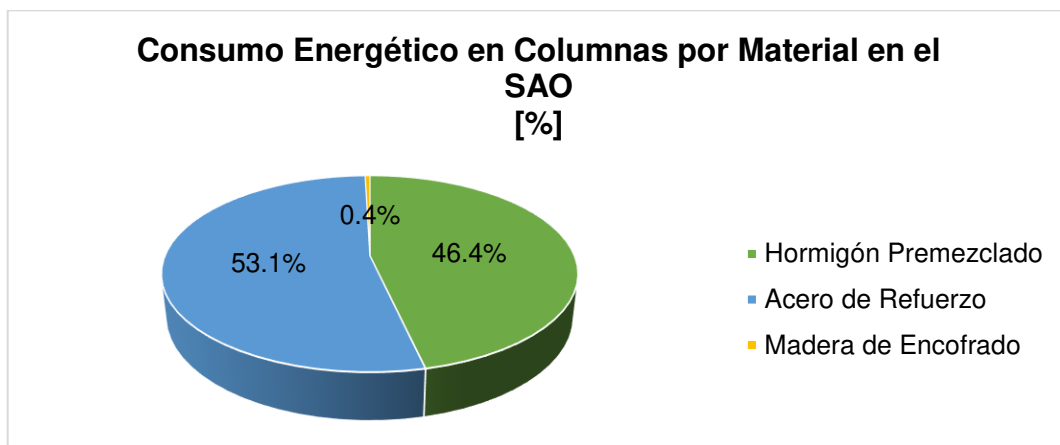


Figura 67. Consumo energético en columnas por material en el SAO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

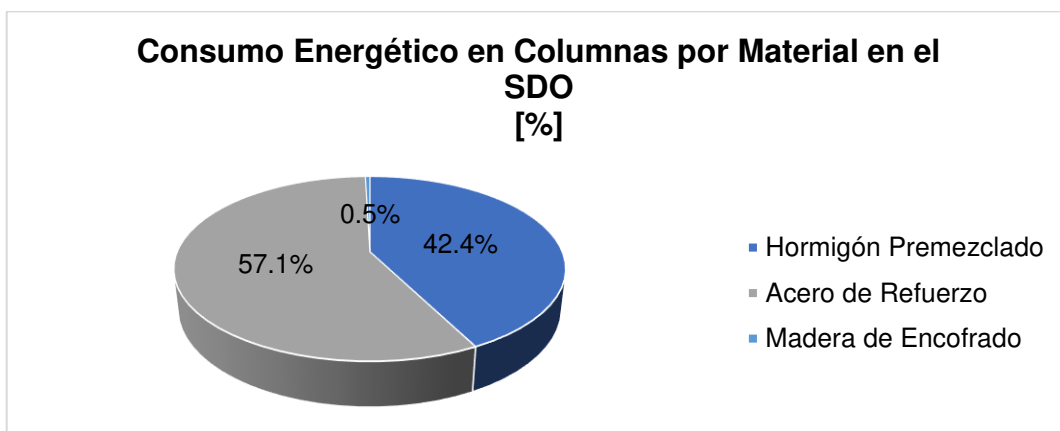


Figura 68. Consumo energético en columnas por material en el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

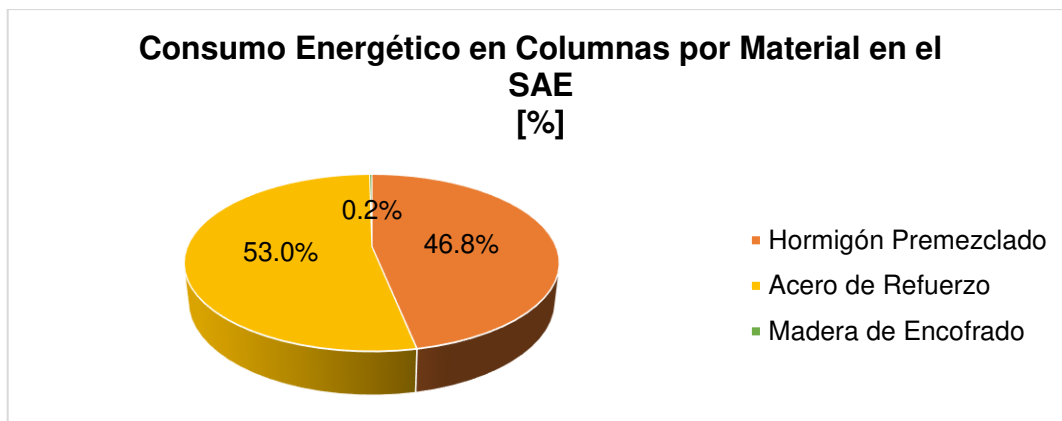


Figura 69. Consumo energético en columnas por material en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

4.4.2.2. Resultados en losas

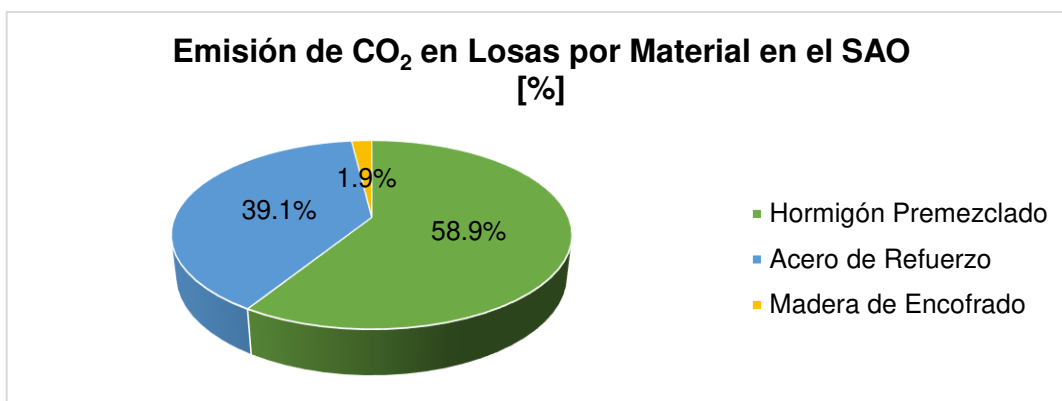


Figura 70. Emisión de CO₂ en losas por material en el SAO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri

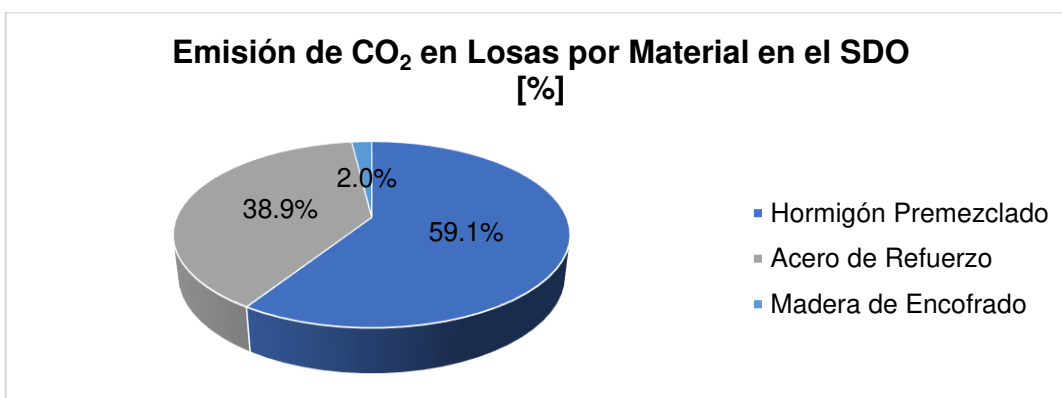


Figura 71. Emisión de CO₂ en losas por material en el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri

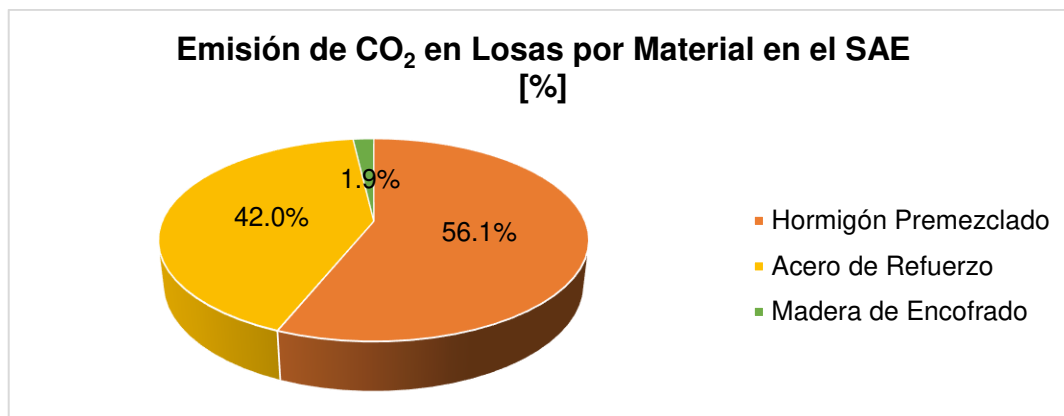


Figura 72. Emisión de CO₂ en losas por material en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri

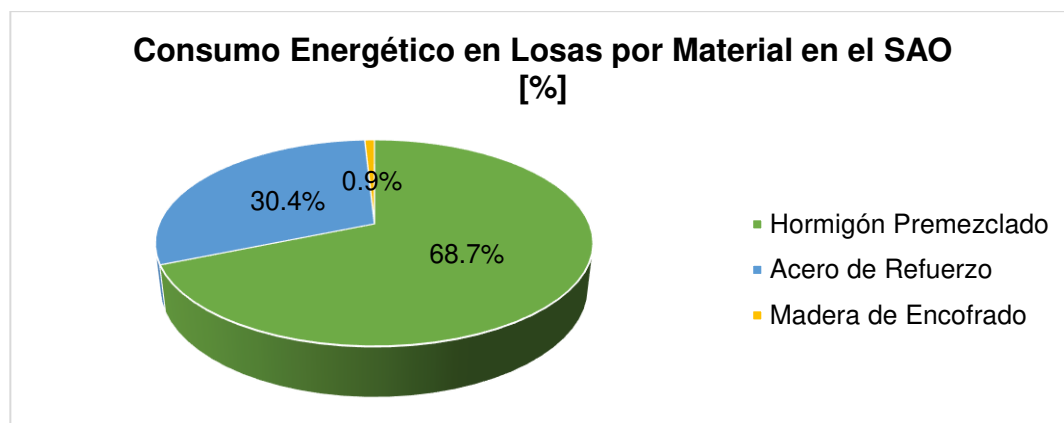


Figura 73. Consumo energético en losas por material en el SAO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

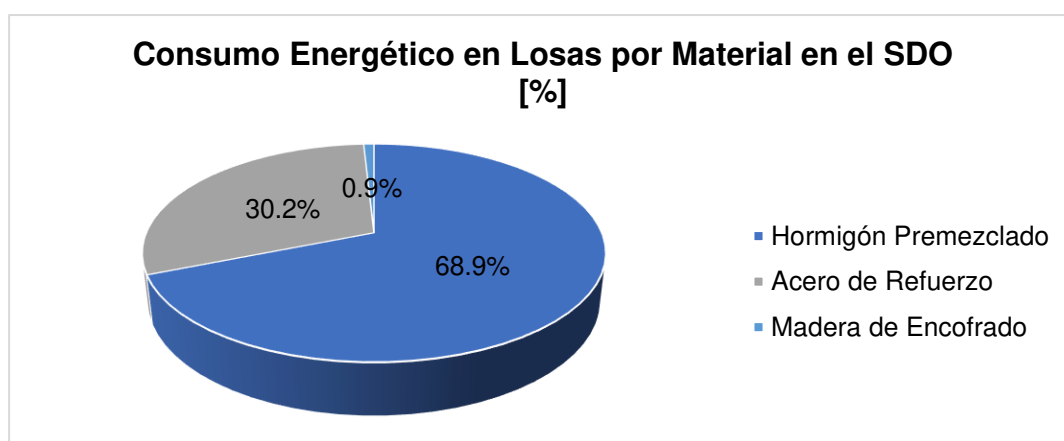


Figura 74. Consumo energético en losas por material en el SDO.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

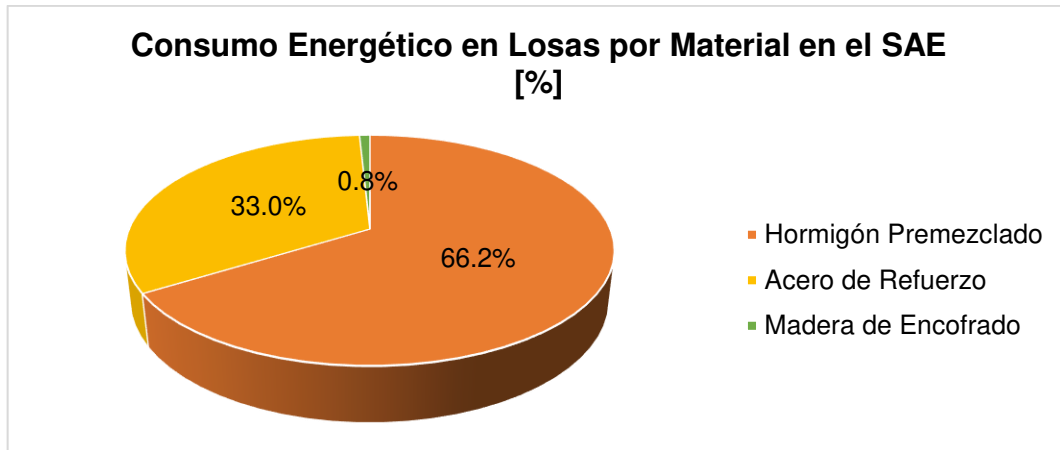


Figura 75. Consumo energético en losas por material en el SAE.

Elaborado por: Bohórquez & Viteri.

Los resultados presentados en las secciones 4.4.2.1 y 4.4.2.2, nos evidencia que, en el caso de las columnas, que son elementos estructurales con mayor cuantía, el acero de refuerzo tiene una mayor proporción que los otros materiales de construcción, con un valor promedio de 64% para las emisiones y 54% para el consumo de energía. Al contrario, las losas al ser elementos con menor cuantía, presenta mayor proporción de impacto ambiental en el hormigón premezclado, este representa en promedio un 58% en emisiones y 68% consumo energético. De este modo, queda demostrado que la cuantía del acero tiene un efecto directo sobre la proporción de impacto ambiental de acuerdo a los materiales de construcción, principalmente en el hormigón y acero.

Una posible estrategia para contrarrestar el impacto ambiental generado en los distintos elementos estructurales de acuerdo a los materiales de construcción, podría ser alterando la resistencia del hormigón; de tal forma, que se genere una menor cuantía en los elementos estructurales; además, como se evidenció anteriormente el acero tiene mayor potencial contaminante que el hormigón, lo que en teoría disminuiría las emisiones producidas; sin embargo, este planteamiento debería ser estudiado en futuras investigaciones; debido a que, el incremento en la resistencia del hormigón podría incurrir en mayores factores de emisión y consumo energético.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Debido a la poca investigación a nivel nacional referente a la sostenibilidad enfocada en la industria de la construcción, se planteó este estudio para dar un primer paso y poder sentar las bases en la implementación del diseño circular en estructuras de hormigón armado para edificios ubicados en la ciudad de Quito, dejando de lado el sistema tradicional de la economía lineal, para enfocarse en los principios de la economía circular. Para ello se evaluó la emisión de CO₂ y la energía consumida, generadas por la adopción de dos sistemas estructurales, un Sistema Aporticado Optimizado (SAO) y un Sistema Dual Optimizado (SDO). Los resultados fueron 843.6 t CO₂ eq. y 10.3 millones de MJ para el SAO, y un total de 887 t CO₂ eq. y 10.9 millones de MJ para el SDO. Estos sistemas fueron diseñados de tal manera que las secciones fueran las mínimas para cumplir criterios de resistencia, serviciabilidad y ductilidad en la estructura, se tomó la máxima deriva de piso generada por el sismo estático como principal variable estructural para determinar la equivalencia entre estos sistemas. Como el SDO se caracteriza por la presencia de muros de corte, que absorben el mayor porcentaje de las acciones sísmicas y rigidizan la estructura, la deriva máxima presentada en este sistema es mucho menor que el SAO. Por esto se decidió extender el estudio a un tercer sistema, un Sistema Aporticado Equivalente (SAE), en donde se diseñaron secciones en los pórticos tales que se dé una deriva máxima igual a la presentada en el SDO. Así se obtuvieron los resultados para las evaluaciones ambientales de 1366.3 t CO₂ eq. y 16.3 millones de MJ. Estos resultados demuestran la importancia que tiene la variable ambiental dentro de la toma de decisiones de la concepción estructural de un edificio, asimismo se evidencia que el SDO es el que presenta un equilibrio entre la seguridad estructural (debido a que la máxima deriva de piso es de 0.83, menor que el SAO, con esto se puede evitar que los elementos no estructurales de una edificación, tales como mampostería y vidrios, colapsen) y a la evaluación de las variables ambientales. La

diferencia que existe en la evaluación del impacto ambiental en comparación al SAO esta alrededor del 5% para emisiones y 6% para consumo energético. Esta diferencia es imperceptible en comparación al SAE, que tiene 54% y 50% más de emisión y consumo energético respectivamente que el SDO. De esta manera, dentro de la concepción estructural se generaría una relación armoniosa entre las variables estructurales como ambientales.

- Se determinó las características arquitectónicas más comunes de los edificios construidos en Quito, en este caso corresponde a un edificio de la zona 5; ya que, es la zona en donde se permite construir edificios con mayor números de pisos, esta zona abarca el centro norte de la ciudad, en donde se localiza el centro financiero. De este modo, al levantar un total de 100 edificaciones por medio del empleo de un SIG, se estableció que la ocupación más común de la edificación es de tipo residencial, el número de pisos es igual 11 ± 4 y el área planta promedio es de $472 \pm 322,65$ m². Así pues, se adoptó una planta arquitectónica, cuyas propiedades cumplen con las características determinadas; además, esta configuración incluía 3 niveles de subsuelo.
- Se definió una metodología en base al Análisis de Ciclo de Vida, desde la “cuna a la puerta” enfocado a la evaluación de emisión de gases de efecto invernadero en toneladas de CO₂ equivalente y en consumo de energía en Mega Julios. De esta manera, para poder evaluar las actividades involucradas desde la fabricación de materiales hasta la construcción, se diseñó un método similar a la elaboración de presupuestos, en donde estas actividades son traducidas a rubros, cada una de ellas con su unidad de trabajo. Finalmente, cada rubro tiene su propio Análisis de Emisión y Consumo Unitario (AECEU), el cual análogamente a un APU, permite conjugar distintas fuentes de emisión y consumo, como maquinaria, transporte, etc.; con el fin de determinar la emisión y el consumo unitario en la unidad del rubro.
- Una de las estrategias para compensar la adopción del SDO como sistema estructural, es mediante la inclusión de variables arquitectónicas, como el incremento de más áreas verdes, por ejemplo, árboles que, dependiendo del

tipo, puede llegar a absorber de 30 a 50 toneladas de CO₂ por año. En el caso de consumo energético, la incorporación de variables de ingeniería eléctrica, como la implementación de sistemas de uso eficiente de luz, podría disminuir el consumo energético por parte de los ocupantes del edificio. De forma general estas estrategias involucrarían el análisis de más etapas del ciclo de vida y con un enfoque interdisciplinario.

- Los resultados por etapas del ciclo de vida en los tres sistemas estructurales reflejan que la etapa de fabricación de materiales es la etapa más crítica; ya que, abarca con más del 90% de emisiones y consumo energético, seguido de la etapa de construcción, alrededor del 3% al 5% y por último la etapa de transporte que representa aproximadamente el 1%. Esto se debe principalmente, a todos los procesos industriales que se generan dentro de la elaboración de los materiales de construcción. Por ende, las posibles estrategias para disminuir el impacto ambiental deben recaer sobre todos estos procesos de conformación.
- Los resultados del análisis por materiales demuestran que el material con mayor emisión de GEI en los sistemas optimizados es el hormigón premezclado con un promedio de 53.5%, seguido del acero de refuerzo con un promedio de 41.5%; después está “otros” que hace referencia a los trabajos realizados con el suelo, con 4%; por último, con un promedio de 1% se encuentra la madera de encofrado. De forma general, se observa que las mayores emisiones son generadas en los materiales de mayor abundancia, respecto al peso, que además tienen procesos industriales para su conformación, como es el caso de hormigón premezclado y el acero de refuerzo.
- En base a lo mencionado anteriormente, en el caso del SAE no se mantiene la misma tendencia en cuanto a las emisiones, en donde el acero de refuerzo tiene un 48.5%, seguido de hormigón premezclado con un 48.2%, después está “otros” con un 2.5% y en último lugar la madera de encofrado con un 0.8%. Esto se puede deber a que el acero de refuerzo tiene mayor potencial contaminante a una misma cantidad de energía consumida en comparación a los otros materiales; ya que, dentro de la elaboración del mismo existe mayor cantidad de etapas en donde se requiere grandes niveles de

temperatura; además, que la modificación de secciones en el SAE, hace que la cuantía de acero; es decir la relación entre el peso del acero y el volumen de hormigón, aumentase. En resumen, se encontró un punto dentro del diseño estructural en donde a pesar de que el hormigón premezclado sea el material más abundante no implica necesariamente que sea el de mayor emisión.

- El análisis de resultados por material reflejó, además, que en el caso de consumo energético la tendencia es la misma en todos sistemas estructurales, en donde el hormigón premezclado es el material con mayor consumo con un valor promedio de 61.1%, seguido del acero de refuerzo con 34.4%, después el suelo con 4% y finalmente la madera de encofrado con 0.5%. Dentro de esta variable, sí se mantiene la lógica que el material en mayor abundancia, en cuestión al peso y que sea un material de fabricación, es el material con mayor consumo energético.
- El análisis por elemento estructural reflejó que, para los sistemas optimizados, los elementos con mayor nivel de emisión y consumo de energía corresponde a las vigas de cimentación y a las losas. Sin embargo, porcentualmente se evidencia que existe un equilibrio en el impacto generado por los distintos elementos estructurales; es decir, no existe ningún elemento que abarque más del 30% de impacto en ambas variables. En el SAE los elementos con mayor emisión y consumo energético son las vigas y columnas, entre los dos conforman el 60% de impacto ambiental en cada variable, generando así una desproporción en los resultados obtenidos en los distintos elementos. Esto es una clara evidencia, de cuan grandes deben ser las secciones en el sistema equivalente para que alcance el nivel de deriva que el sistema dual.
- Por último, se demostró que existe una incidencia de la cuantía de acero dentro de la composición porcentual de emisiones; en esta lógica, los elementos de mayor cuantía como las columnas tienen una mayor proporción de emisión por parte del acero que del hormigón; y de forma inversa ocurre con los elementos de menor cuantía como las losas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con estudios en esta línea de investigación; ya que, este es el único medio que permitirá la elaboración de estrategias eficientes para alcanzar la sostenibilidad en la construcción, para hacer frente a la problemática del cambio climático.
- Los factores de emisión y consumo energético tanto de los materiales, como de la maquinaria y equipo son bastante sensibles a las condiciones en las que hayan sido determinados, es por eso que existe gran diversidad de valores. Por esta razón, se recomienda hacer uso de criterios como la resistencia, composición, potencia del equipo, etc.; con el objetivo de determinar los valores más cercanos posibles a la realidad en la que se realice el estudio.
- La metodología de evaluación ambiental en base a rubros, en donde el impacto de cada uno es evaluado mediante un AECEU, debería ser empleados para futuras investigaciones, en donde se correlacione la obra civil con la parte ambiental, o incluso como un alcance más en las ofertas de los contratistas, para evidenciar de la forma más real el posible impacto ambiental generado en un proyecto.
- Los volúmenes de residuos y desperdicios no fueron tomados en cuenta en el presente estudio; sin embargo, es sabido que estos si generan un impacto ambiental; es por eso que una siguiente investigación podría determinar cuán significativos son cada uno de ellos.
- Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar el análisis a otras tipologías estructurales en hormigón armado, como por ejemplo edificaciones con muros portantes; con el objetivo, de establecer cuál de todos los sistemas existentes resulta, el más conveniente en métricas estructurales y ambientales, considerando la incidencia sísmica de la región en las estructuras.

- El sistema estructural incide en el volumen de los elementos no estructurales como la mampostería, en el caso del sistema aporticado existe mayor cantidad de mampostería que el sistema dual; por consiguiente, se aconseja en un siguiente estudio evaluar el impacto ambiental generado por toda la obra gris de un edificio.
- Los materiales de construcción representan la mayor parte del impacto ambiental generado; dentro de esta lógica, sería conveniente para un futuro estudio evaluar otros sistemas constructivos con distintos materiales diferentes al hormigón armado, como el acero estructural o la madera.
- Se aconseja para una futura investigación, establecer si alterando las características de los distintos materiales de construcción, como la resistencia, podría generar menor cantidad de emisiones y consumo de energía incorporado.
- Finalmente, el mayor alcance que se podría generar dentro del ACV en la construcción, sería realizar un estudio con un enfoque interdisciplinario en donde se combine criterios de diseño estructural, arquitectónico, hidráulico, eléctrico, mecánico etc.; en todas las etapas del ciclo de vida, con el fin de tener una evaluación más global del impacto ambiental generado en un edificio desde cualquier arista que se lo observe. De este modo, se podría generar estrategias de reducción de impacto ambiental más profundas y eficientes para lograr acercarse a una construcción sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 318. (2019). *Building Requirements for Structural Concrete and Commentary* (Vol. 1 (2019)). Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Aguiar, R. (2015). *Microzonificación Sísmica de Quito*. CEINCI - ESPE, Quito.
- Anink, D., Boonstra, C., & Mak, J. (1996). *Handbook of Sustainable Building: An Environmental Preference Method for use in construction and refurbishment*. Londres.
- ASCE. (2017). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. ASCE/SEI 7-16.
- Asertek Gestion. (2016, Mayo 16). *Análisis de ciclo de vida e ISO 14001*. Retrieved from <http://asertekgestion.blogspot.com/2016/05/analisis-de-ciclo-de-vida-e-iso.html>
- Bonifaz, H. (1992). Propiedades de la Cangahua en condiciones dinámicas. [*Tesis de Grado*]. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Bowles, J. (1997). *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN* (5ta ed.). Illinois: McGraw Hill.
- Cal, A. (2017). EL CICLO DE VIDA DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO. [*Tesis de Grado*]. Universidad de la Coruña: Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, La Coruña.
- Cámara Colombiana de la Infraestructura. (2010). *Informes de Maquinaria*. Retrieved from www.maquinapesada.org
- Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON). (2021). *Revista Construcción*. Quito.
- Casaverde, R. J. (2016). CUANTIFICACIÓN DE CO2 GENERADO POR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES - SATIPO. [*Tesis de Grado*]. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE PERÚ, Huancayo.
- Chicaiza, M. (2017). MODELO DE EXPOSICIÓN Y MAPA DE VULNERABILIDAD DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. [*Tesis de Grado*]. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito.

- Comisión Técnica de determinación de Factores de Emisión de Gases de efecto invernadero - CTFE. (2019). *FACTOR DE EMISIÓN DE CO2 DEL SISTEMA NACIONAL DE INTERCONECTADO DE ECUADOR*. Informe 2019.
- Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., Sunkel, O., & Sánchez, J. (2019). *Desarrollo Sostenible Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad 70 años de pensamiento de la CEPAL*. Retrieved from www.cepal.org/apps
- Electricaplicada. (n.d.). *Potencia de equipos eléctricos más comunes*. Retrieved from <https://www.electricaplicada.com/potencia-consumo-equipos-electricos/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Discover the Circular Economy*. Retrieved from Ellen MacArthur Foundation: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org>
- EP PETROECUADOR. (2019). *Memoria de Sostenibilidad*. Quito .
- Eurofins. (2021, 04 21). *Análisis de Ciclo de Vida (ACV): qué es y para qué sirve*. Retrieved from <https://envira.es/es/analisis-de-ciclo-de-vida/>
- Excellence in Design for Greater Efficiencies. (2021). *What is EDGE?* . Retrieved from <https://edgebuildings.com/about/about-edge/>
- Feijoo, G., & Moreira, T. (2020). *ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y HUELLA DE CARBONO: CASOS PRÁCTICOS*. Galicia: Instituto de Investigación CRETUS. Universidad de Santiago de Compostela.
- García Ochoa, J. A., Quito Rodríguez, J. C., & Perdomo Moreno, J. A. (2020). Análisis de la huella de carbono en la construcción y su impacto sobre el ambiente. *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery, Vol. 4 (1)*, 1-22.
- Gasol, R. (2013). *Análisis del Ciclo de Vida de productos y edificios*. Retrieved from <https://www.construction21.org/espana/articulos/h/analisis-del-ciclo-de-vida-de-productos-y-edificios.html>
- Güereca, L. (2016). *Evaluación de la Huella de Carbono con enfoque de Análisis de Ciclo de Vida para 12 Sistemas Constructivos*. Instituto de Ingeniería UNAM, Ciudad de México.
- Guerrón, A., & Tacuri, L. (2012). ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE FINOS EN LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

- DE LA CANGAHUA EN LA CIUDAD DE QUITO, ECUADOR. [Tesis de Grado]. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito.
- Hammond, G., & Jones, C. (2019). *Inventory of Carbon and Energy (ICE)*. (F. Lowrie, & P. Tse, Eds.) Bath: University of Bath - Sustainable Energy Research Team.
- INSUCONS. (2021). *Análisis de precios unitarios, presupuestos de obra y materiales de construcción*. Retrieved from <https://www.insucons.com/ec/>
- International Organization for Standardization. (2006). *ISO 14040: Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia*.
- Kim, S., Moon, J. H., Shin, Y., Kim, G. H., & Seo, D. S. (2013). Life comparative analysis of energy consumption and CO₂ emissions of different building structural frame types. *The Scientific World Journal, Vol. 2013 (octubre 2013)*, 1-5.
- Koroneos, C., & Dompros, A. (2007). Environmental assessment of brick production in Greece. *Building and Environment, Vol. 42 (5)*, 2114–2123.
- Lawson, B. (1996). *Building materials energy and environment: Towards ecologically sustainable development*. Manukau: The Royal Australian Institute of Architects .
- Leadership in Energy and Environmental Design. (2021). *Why LEED*. Retrieved from <https://www.usgbc.org/leed/why-leed>
- Maldonado, J. C. (2006). *Plantas Arquitectónicas Edificio Habitacional*. Procons, Quito.
- Medina Romero, L. (2006). Análisis de la viabilidad económica y ambiental del uso de armaduras corrugadas de acero inoxidable en elementos de hormigón armado sometidos a clases de exposición agresivas. Aplicación a elementos en contacto con aguas residuales agresivas. [Tesis de Maestría]. UPC, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, Departamento de Ingeniería de la Construcción., Barcelona.
- Mena, S., & Suárez, D. (2011). Análisis y Propuesta de Reducción de Desperdicio en el Proceso de Elaboración de Aglomerado en Novopan del Ecuador S.A. [Tesis de Grado]. Universidad San Francisco de Quito, Quito.

- MIDUVI. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción: Cargas (No Sísmicas)* (Vol. 1 (2015)). Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- MIDUVI. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción: Estructuras de Hormigón Armado* (Vol. 1 (2015)). Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- MIDUVI. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente* (Vol. 1 (2015)). Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España (Miteco). (2021). *¿A qué equivale una tonelada de CO₂?* . Retrieved from <https://www.bankinter.com/blog/mercados/equivalencia-tonelada-co2>
- Moussavi Nadoushani, Z. S., & Akbarnezhad, A. (2015). Effects of structural system on the life cycle carbon footprint of buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 2 (1), 337–346.
- Nilson, A., & Darwin, D. (2001). *Diseño de estructuras de concreto* (10ma ed.). Bogotá: Quebecor World Bogota S.A.
- Novopan. (2017). *Ficha técnica tableros MDP*. Bogotá.
- Páez, D. (2017). Influencia de muros de mampostería en el comportamiento de edificios de Manta durante el terremoto de 16 de abril del 2016, Pedernales-Ecuador. *Third Annual State-of-the-Art in Civil Engineering Structures and Materials*, (pp. 2-16). Quito.
- Paik, I., & Na, S. (2019). Comparison of Carbon Dioxide Emissions of the Ordinary Reinforced Concrete Slab and the Voided Slab System During the Construction Phase: A Case Study of a Residential Building in South Korea. *Sustainability 2019*, Vol. 11 (13), 3571-3587.
- Parker, H., & Ambrose, J. (1996). *Diseño simplificado de concreto reforzado*. México: Limusa.
- PAS 2050. (2011). *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. British Standards Institution .
- Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial. (2019). *ORDENANZA No. OT - 001 — 2019 — Plan de Uso y Ocupación de Suelo (PUOS)*. Quito: Libro IV del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito.
- Project Management Institute Inc. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, (Guía del PMBOK)* (7 ma. ed.). Retrieved from

<https://www.obsbusiness.school/blog/estructura-de-desglose-de-trabajo-elaboracion-y-consejos-practicos#:~:text=La%20estructura%20de%20desglose%20de,y%20crear%20los%20entregables%20requeridos%22>.

Ramirez, A. (2009). La construcción sostenible. *Física y Sociedad*.

Rincón, L., Pérez, G., Medrano, M., & Cabeza, L. (2011). Material Flow Analysis of the building sector in Lleida. Retrieved from https://intraweb.stockton.edu/eyos/energy_studies/content/docs/effstock09/Posters/126.pdf

Segovia, M., & Alvarado, A. (2009). Breve análisis de la sismicidad y del campo de esfuerzos en el Ecuador. *Geología y geofísica marina y terrestre del Ecuador desde las costa continental hasta las islas Galápagos, Vol (2009), (1)*, 131-149.

Serrano, P. (2014). *Análisis de ciclo de vida para el diseño de materiales sostenibles*. Retrieved from <https://www.certificadosenergeticos.com/analisis-ciclo-vida-diseno-materiales-sostenibles>

Silva, D., & Vargas, W. (2015). *Análisis De Reducción De La Emisión De Gases De Efecto Invernadero De Los Laboratorios De Sistemas De La Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil Empleando Ciclo De Deming*. UPS, Guayaquil.

Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). (1993). *Guidelines for Life Cycle Assessment: A "Code for Practice"*.

Sparandara, L., Werner, M., Kaminsky, A., Finch, L., & Douglas, K. (2019). Accelerating The Circular Economy Through Commercial Deconstruction And Reuse. *Ellen MacArthur Foundation, Vol. 2019 (1)*, 1-23.

Universidad de Sevilla. (2007). *La Universidad de Sevilla desvela la cantidad de CO2 que absorben los árboles*. Retrieved from <https://www.consumer.es/medio-ambiente/la-universidad-de-sevilla-desvela-la-cantidad-de-co2-que-absorben-los-arboles.html#:~:text=Los%20responsables%20del%20proyecto%20afirman,alcornoque%20s%C3%B3lo%20absorbe%204.537%20kilos>.

- Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T., & Alarcón, F. (1994). *MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LOS SUELOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito.
- Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T., & Alarcón, F. (2002). *Microzonificación sísmica de los suelos del Distrito Metropolitano de la Ciudad de Quito*. EPN, Quito.
- Vásquez, K. G. (2016). Análisis del inventario del ciclo de vida en la determinación de la energía contenida y las emisiones de CO₂ en el proceso de fabricación del hormigón premezclado; caso de estudio: planta premezcladora de la ciudad Cuenca. [*Tesis de Maestría*]. Universidad de Cuenca, Cuenca.

ANEXOS

ANEXO 1

Base de Datos de edificios levantados

ID	Edificio	Ubicación (Calle Principal)	Ocupación	Nro. de pisos	Área útil en planta [m ²]
ED-1	One U&S	Naciones Unidas	Residencial	25	1296
ED-2	Metropolitan U&S	Naciones Unidas	Residencial	19	1904
ED-3	Unique U&S	Naciones Unidas	Múltiple	24	650
ED-4	Concesionario DINA	Naciones Unidas	Oficinas	3	345
ED-5	Concesionario DINA	Naciones Unidas	Oficinas	2	168
ED-6	Unicornio	Av. Río Amazonas	Múltiple	13	550
ED-7	Unicornio II	Av. Río Amazonas	Múltiple	13	550
ED-8	Edificio Belmonte	Corea	Múltiple	11	592
ED-9	Doraldos	Nuñez de vela	Residencial	10	535
ED-10	Karolina 2000	Nuñez de vela	Residencial	11	1072
ED-11	Banco Solidario	Av. Río Amazonas	Oficinas	14	338
ED-12	CNT	Av. Río Amazonas	Oficinas	13	296
ED-13	KOREA PLAZA	Nuñez de vela	Residencial	12	533
ED-14	Produbanco	Av. Río Amazonas	Oficinas	8	1180
ED-15	BIESS	Av. Río Amazonas	Oficinas	11	398
ED-16	Amazonas Park I	Av. Río Amazonas	Múltiple	11	375
ED-17	Amazonas Park II	Av. Río Amazonas	Múltiple	11	375
ED-18	Comandancia Policía Nacional	Av. Río Amazonas	Oficinas	13	444
ED-19	Amazonas 4000	Av. Río Amazonas	Múltiple	11	406
ED-20	Karolina Plaza	Juan Gonzales	Residencial	12	600
ED-21	Torres Vizcaya	Juan Gonzales	Múltiple	12	306
ED-22	Xerox	Av. Río Amazonas Esq.	Oficinas	12	562
ED-23	Antisana 1	Av. Río Amazonas	Oficinas	10	646
ED-24	Urba Park	Juan Gonzales	Múltiple	7	1848
ED-25	INAMHI	Iñaquito	Oficinas	4	269
ED-26	INAMHI LANCAS	Nuñez de vela	Oficinas	3	387
ED-27	Metropoli	Nuñez de vela	Residencial	13	732
ED-28	Normandía	Nuñez de vela	Residencial	12	755
ED-29	Ministerio de Educación	Av. Amazonas	Oficinas	14	907
ED-30	S/N	Av. Atahualpa	Residencial	9	422
ED-31	San Remo Carolina	José Padilla	Residencial	9	303
ED-32	San Remo Carolina II	José Padilla	Residencial	12	165
ED-33	S/N	Av. Atahualpa	Residencial	7	329
ED-34	Atahualpa	Av. Atahualpa	Oficinas	7	204
ED-35	Platinum	José Padilla	Oficinas	10	267
ED-36	Milmad	Iñaquito	Múltiple	14	252

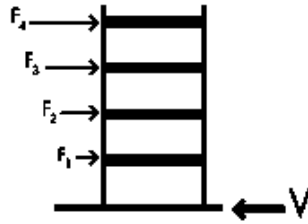
ED-37	Cámara Comercio de Quito	Av. Río Amazonas	Oficinas	14	291
ED-38	Stratta	Inglaterra	Oficinas	14	679
ED-39	Skorprios	Alemania y Av. Amazonas	Oficinas	12	238
ED-40	Howard Johnson	Alemania	Residencial	13	267
ED-41	Renacimiento	Av. De la República	Residencial	12	301
ED-42	Torre Carolina	Av. Río Amazonas	Oficinas	12	181
ED-43	Unifinsa	Av. Río Amazonas	Oficinas	12	281
ED-44	Torre Centre	Av. Río Amazonas	Residencial	13	732
ED-45	Construiblec República	Av. Atahualpa	Residencial	11	463
ED-46	Corporativo Atahualpa	Av. Atahualpa	Oficinas	13	298
ED-47	Shyris Park	Av. De los Shyris	Múltiple	16	770
ED-48	Allure Park	Av. De los Shyris	Oficinas	19	211
ED-49	Helen	Av. De los Shyris	Residencial	13	427
ED-50	DHL express	Av. De los Shyris	Múltiple	11	214
ED-51	El Kalifa	Av. De los Shyris	Residencial	12	250
ED-52	Cosmopolitan	Av. Portugal	Residencial	18	1022
ED-53	La Tribuna	Av. De los Shyris	Oficinas	16	325
ED-54	Smerald	Av. De los Shyris	Oficinas	16	291
ED-55	Holanda	Holanda	Residencial	12	274
ED-56	Lopez	Av. De los Shyris	Residencial	12	221
ED-57	Shyris Center	Av. De los Shyris	Múltiple	16	310
ED-58	Alfa	Av. De los Shyris	Residencial	9	228
ED-59	Tapia	Av. De los Shyris	Residencial	12	348
ED-60	Miletus	Suiza	Residencial	10	304
ED-61	Torre Cariari	Av. República de El Salvador	Residencial	12	320
ED-62	Plaza Real	Av. República de El Salvador	Oficinas	13	918
ED-63	Trento	Av. República de El Salvador	Residencial	12	621
ED-64	Dann Carlton	Av. República de El Salvador	Residencial	13	509
ED-65	Astana	Av. República de El Salvador	Residencial	11	336
ED-66	Dygoil	Av. República de El Salvador	Oficinas	13	179
ED-67	Disemun park	Av. De los Shyris	Múltiple	16	381
ED-68	Shyris I	Rusia	Residencial	9	250
ED-69	Ontario	Av. De los Shyris	Residencial	16	289
ED-70	Parque Central	Av. De los Shyris	Múltiple	15	726
ED-71	1214	Av. Eloy Alfaro	Residencial	6	585
ED-72	S/N	Andrade Marin	Residencial	7	287
ED-73	Terra	Av. Eloy Alfaro	Residencial	12	483

ED-74	Río Amazonas	Av. Río Amazonas	Oficinas	12	2382
ED-75	Banco Delbank	Av. Río Amazonas	Múltiple	12	455
ED-76	6 de diciembre	Av. 6 de diciembre	Residencial	12	353
ED-77	Marieta de Veintemilla	Av. Gral. Ignacio Veintimilla	Residencial	12	636
ED-78	Novus	Av. 6 de diciembre	Múltiple	12	387
ED-79	Ministerio de telecomunicaciones	Av. 6 de diciembre	Oficinas	11	273
ED-80	Multicentro	La Niña	Múltiple	18	848
ED-81	Alisal de Orellana	Av. Francisco de Orellana	Residencial	12	493
ED-82	Saint Joseph	Av. 6 de diciembre	Múltiple	11	277
ED-83	Alvarez Chiriboga	Av. 6 de diciembre	Residencial	7	317
ED-84	Proinmobiliaria	Av. 6 de diciembre	Oficinas	2	266
ED-85	Plaza Alpallana	Alpallana	Múltiple	12	289
ED-86	Almagro Plaza	Diego de Almagro	Múltiple	11	1059
ED-87	Torre República	Av. De la República	Residencial	12	939
ED-88	Tempo	Whymper	Residencial	5	151
ED-89	Torre Blanca	Carlos Tobar	Residencial	8	318
ED-90	Spondylus	Juan Severino	Residencial	8	288
ED-91	S/N	Av. De los Shyris	Residencial	8	300
ED-92	Satorikan	Bélgica	Residencial	8	316
ED-93	Mariscal	Diego de Almagro	Múltiple	13	394
ED-94	S/N	San Salvador	Residencial	7	247
ED-95	Keros	Mariana de Jesús	Residencial	8	258
ED-96	S/N	Av. De la República	Residencial	10	463
ED-97	S/N	Av. De la República	Residencial	4	323
ED-98	Kona	Whymper	Residencial	7	228
ED-99	S/N	Andrade Marin	Residencial	6	330
ED-100	El Cisne	Av. Cristobal Colón	Oficinas	9	419
				11,32	487,80

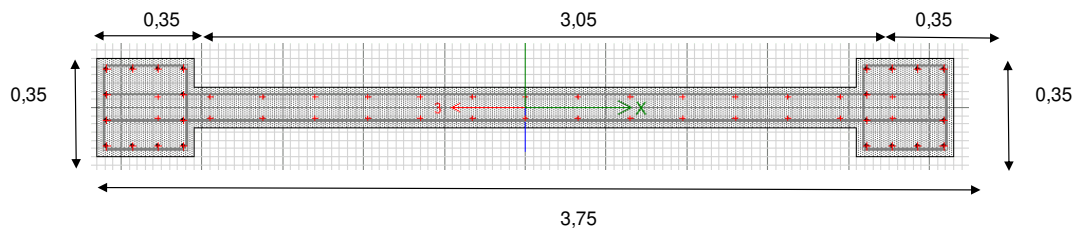
ANEXO 2

Predimensionamiento muros estructurales

PREDIMENSIONAMIENTO MURO ESTRUCTURAL



Peso de la estructura (sobre la calle)	1902 T
Porcentaje Cortante basal	0,1653 W
Cortante Basal	314 T



Esfuerzo de fluencia acero de refuerzo corrugado (ASTM A706 Grado 60)	f_y	420	Mpa
Resistencia a la compresión del hormigón a los 28 días	f_c	28	MPa
Peralte efectivo	d	300	cm
Factor de reducción de resistencia (Corte)	ϕ	0,75	

$$V_{u,sismo} = \frac{V_{Basal}}{2} * 0,9$$

$V_{u,sismo}$	141 T
---------------	-------

$$V_{u,diseño} = 1,75 * V_{u,sismo}$$

$V_{u,diseño}$	247,59 T
----------------	----------

$$V_{u,diseño} < \phi \cdot 2,65 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d \quad \text{ACI318-19}$$

$$b_w = \frac{V_{u,diseño}}{\phi \cdot 2,65 \cdot \sqrt{f'c} \cdot d}$$

$b_w, \text{ min}$	25 cm
--------------------	-------

ANEXO 3

Diseño sismo resistente de elementos en hormigón armado

Presideño de elementos en hormigón armado (Vigas - losa)

Sistema: Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas

Cualidades de la edificación	
Nro Plantas (Sobre la calle)	7
Uso del Edificio	Residencial
Ubicación	Quito
Tipo de Suelo	D
Tipo de Cubierta	Accesible
Área útil en planta	255,43
Altura de entre piso	2,4 m

Geometría y tipo	Vigas T - No preesforzada descolgadas		
Esfuerzo de fluencia acero de refuerzo corrugado (ASTM A706 Grado 60)	f_y	420	Mpa
Resistencia a la compresión del hormigón a los 28 días	f'_c	28	MPa
Peso específico del hormigón	γ_h	2,4	T/m ³

EJES VIGAS	Luz crítica (m)	Luz volado (m)	Ancho, b (m)	Peralte, h (m) según ACI 318-19 Tabla 9.3.1.1		
				Ambos extremos continuos	Un extremo continuo	Voladizo
EJE 1, 2, 3, 4	6,35	-	0,25	0,30		
EJE A, B, C, D, E	6,2	1,38	0,25		0,34	0,14

Prediseño de sección de viga

Peralte	h	0,5	m
Base	b	0,3	m

Losa

Panel de mayores dimensiones

Lado a (más corto)	6,2 m	
Lado b (más largo)	6,3 m	
Relación de forma a/b	0,98	> 0,5
Observación	Losa en 2 direcciones	
Ln1 (m)	5,9 m	
Ln2 (m)	6 m	
Factor beta	1,0161	

Tabla 8.3.1.2 — Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados

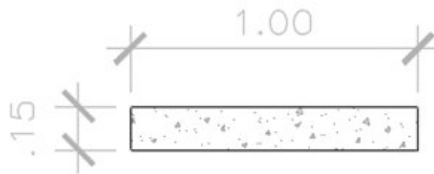
α_{fm} [1]	Espesor mínimo, h, mm		
$\alpha_{fm} \leq 0.2$	Se aplica 8.3.1.1		(a)
$0.2 < \alpha_{fm} \leq 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{\ell_n \left(0.8 + \frac{f_c}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$	(b) [2], [3]
		125	(c)
$\alpha_{fm} > 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{\ell_n \left(0.8 + \frac{f_c}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$	(d) [2], [3]
		90	(e)

Tabla 8.3.1.2 - Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados Se asume que $\alpha_{fm} > 2$, más adelante se realizará el cálculo para garantizar esta condición.

Espesor mínimo	h	0,146 m	ACI 318-19 Tabla 8.3.1.2
----------------	---	---------	--------------------------

Losa maciza

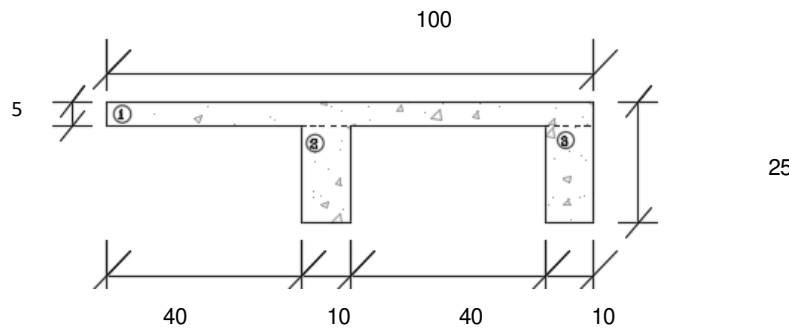
Base	b	100 cm
Altura	h	15 cm
Inercia x-x	Ixc	28125 cm ⁴



Volumen	V	0,15 m ³ /m ²
Peso	W	0,36 T/m ²

Losa alivianada equivalente

La losa alivianada equivalente corresponde a un sistema reticular de viguetas en dos direcciones no preesforzadas y debe cumplir con los literales del 8.8.1.1 al 8.8.1.4 del ACI 318-19



Elemento	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	y (cm)	A*y	Ic (cm ⁴)	Ay ²	Ix (cm ²)
1	100	5	500	22,5	11250	1041,67	253125	254166,67
2	10	20	200	10	2000	6666,67	20000	26666,67
3	10	20	200	10	2000	6666,67	20000	26666,67
			900		15250			307500,00

Centroide	Yc (cm)	16,94
Inercia X-X	Ixc (cm ⁴)	49097,2

Volumen	V	0,122 m ³ /m ²
Peso	W	0,29 T/m ²

Revisión sección losa alivianada

La inercia de la losa alivianada debe ser mayor o igual que la inercia de la losa maciza

Inercia losa maciza	ILM	28125	cm ⁴
Inercia losa aliviada	ILA	49097,2	cm ⁴
Observación	ILA > ILM OK		

Altura losa maciza equivalente h	18,06	cm
----------------------------------	-------	----

Revisión del factor α_{fm}

Según el ACI 318-19 α_{fm} es el valor promedio de α_f para todas las vigas en el borde de un panel y α_f se calcula de acuerdo con 8.10.:

EJES	b (cm)	h (cm)	Ib (cm ⁴)	b Losa (m)	h Losa (cm)	Is (m ⁴)	α_f
EJE 1	30	50	312500	230	18,06	112923,61	2,767
EJE 2	30	50	312500	420	18,06	206208,33	1,515
EJE 3	30	50	312500	470	18,06	230756,94	1,354
EJE 4	30	50	312500	300	18,06	147291,67	2,122
EJE A	30	50	312500	178	18,06	87393,06	3,576
EJE B	30	50	312500	500	18,06	245486,11	1,273
EJE C	30	50	312500	631	18,06	309803,47	1,009
EJE D	30	50	312500	463	18,06	227320,14	1,375
EJE E	30	50	312500	174	18,06	85429,17	3,658
α_{fm}							2,072

Observación	$\alpha_{fm} > 2$ Cumple (Vigas descolgadas)
-------------	--

8.10.2.7 Para un panel con vigas entre los apoyos en todos los lados, debe satisfacerse la ecuación (8.10.2.7a) para las dos direcciones perpendiculares.

$$0.2 \leq \frac{\alpha_{f1} I_2^2}{\alpha_{f2} I_1^2} \leq 5.0 \quad (8.10.2.7a)$$

donde α_{f1} y α_{f2} se calculan de acuerdo con

$$\alpha_f = \frac{E_c I_b}{E_s I_s} \quad (8.10.2.7b)$$

CORTE													
Combinaciones de carga													
Vcv1 [T]	4,396	7,518	4,354	4,2	8,96	8,96	8,918	8,834	3,122	3,696	7,49	4,41	1,4VD
Vov2 [T]	4,792	8,364	4,724	4,56	10	10	9,948	9,844	3,364	3,984	8,324	4,804	1,2VD+1,6V
Vu [T.m]	8,364	4,724	10,000	9,948	3,984	8,324							
Vc [T.m]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
Vs [T.m]	11,152	6,299	13,333	13,264	5,312	11,099							
Comprobación	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
S [cm]	14	14	COLOCADO	14									
Calculo de estribos													
Av	0,845	0,477	1,010	1,005	0,402	0,841							
Ramales													
Diametro	1,076	0,608	1,286	1,279	0,512	1,071							
	2	1	2	2	1	2							

DISEÑO DE VIGAS EN HORMIGÓN ARMADO

11/08/2022 Esteban Viteri
Nicolás Bohórquez

LUCES DE VIGAS (EJES 2, 3, 5; P1 al P7)

Columna [m]	0,65	0,65	0,7	0,65	0,65
EJES 2,3,5					
Distancia entre ejes [m]	3,75	6,35	6,3	3,1	
Luz libre viga [m]	2,975	5,675	5,625	2,325	

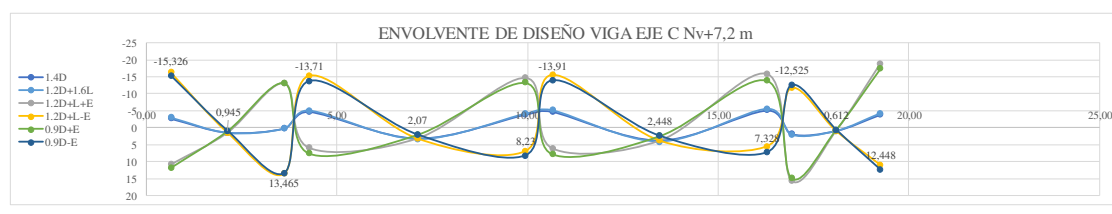
SOLICITACIONES EXTERNAS

X [m]	0,65	2,14	3,63	4,28	7,11	9,95	10,65	13,46	16,28	16,93	18,09	19,25
Mom. Carga Muerta [T.m]	-1,94	1,05	0,15	-3,4	2,3	-2,8	-3,4	2,72	-3,68	1,35	0,68	-2,78
Mom. Carga Viva [T.m]	-0,4	0,2	0,08	-0,62	0,43	-0,5	-0,67	0,56	-0,73	0,33	0,12	-0,59
Mom. Sismo x-x [T.m]	13,58	0	-13,33	10,65	0	-10,75	10,85	0	-10,64	13,74	0	-14,95
Cortante Carga Muerta [T]	2,63		1,25	3,78		3,5	4,09		4,23	0,07		3,79
Cortante Carga Viva [T]	0,45		0,15	0,65		0,58	0,76		0,79	0,09		0,73

COMBINACIONES DE CARGA SEGÚN NEC-SE-CG 2015

C1 [T.m]	-2,716	1,47	0,21	-4,76	3,22	-3,92	-4,76	3,808	-5,152	1,89	0,952	-3,892	1,4D
C2 [T.m]	-2,968	1,58	0,308	-5,072	3,448	-4,16	-5,152	4,16	-5,584	2,148	1,008	-4,28	1,2D+1,6L
C3.1 [T.m]	10,852	1,46	-13,07	5,95	3,19	-14,61	6,1	3,824	-15,786	15,69	0,936	-18,876	1,2D+L+E
C3.2 [T.m]	-16,308	1,46	13,59	-15,35	3,19	6,89	-15,6	3,824	5,494	-11,79	0,936	11,024	1,2D+L-E
C4.1 [T.m]	11,834	0,945	-13,195	7,59	2,07	-13,27	7,79	2,448	-13,952	14,955	0,612	-17,452	0,9D+E
C4.2 [T.m]	-15,326	0,945	13,465	-13,71	2,07	8,23	-13,91	2,448	7,328	-12,525	0,612	12,448	0,9D-E

ENVOLVENTE



MOMENTO ÚLTIMO (DEMANDA EN EL ELEMENTO)

Mu [T.m]	16	0	16	15	0	15	16	0	16	19	0	19
	12	2	14	8	3	8	8	4	7	16	1	12

MOMENTO NOMINAL (CAPACIDAD EN EL ELEMENTO)

$\epsilon_c = 0.003$
 $\epsilon_s > \epsilon_y$
 $a = 0.85 \cdot f_c \cdot a' \cdot b$
 $T = A_s \cdot f_y$

$M_u \leq \phi \cdot M_n$ (LRFD)

$M_u = \phi \cdot M_n$ (Condición crítica)

$M_n = \frac{M_u}{\phi}$ (Condición crítica)

Min [T.m]	18	0	18	17	0	16	17	0	18	21	0	21
	13	2	15	8	4	9	9	5	8	17	1	14
Min [T.m]	18	0	18	0	17	0	21	0	21	0	21	0
	13	2	15	4	9	5	17	1	14			
Min [T.m]	20,973	24,119										

GEOMETRÍA SECCIÓN TRANSVERSAL

	b	h
Sección [cmxcm]	40 cm	60 cm
f'c [kg/cm2]	280	
β1	0,85	
As min [cm2]	7,47	
As max [cm2]	48,55	
Mn max [T.m]	92,35	
fy [kg/cm2]	4200	
Recubrimiento libre, r [cm]	4 cm	
Peralte efectivo, d [cm]	56 cm	

$$A_{smin} = \left(\frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d}{fy}; \frac{14}{fy} \cdot bw \cdot d \right)_{máx}$$

$$A_{smáx} = (0,025 \cdot bw \cdot d; 0,75 \cdot \rho_b \cdot bw \cdot d)_{mín}$$

CÁLCULO ACERO DE REFUERZO										
$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$ $M_u = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$ $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot bw}$ $A_s = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot bw \cdot d}{f_y} - \sqrt{\left(\frac{0,85 \cdot f'c \cdot bw \cdot d}{f_y}\right)^2 - \left(\frac{1,70 \cdot f'c \cdot bw \cdot M_u}{\phi \cdot f_y^2}\right)}$										
As(-) [cm2]	8,27	0,00	8,27	0,00	7,90	0,00	9,63	0,00	9,63	
As(+) [cm2]	5,94	0,78	2,06	1,70	4,10	2,06	7,94	0,49	6,26	
Ascal [cm2]	8,27	0,00	8,27	0,00	7,90	0,00	9,63	0,00	9,63	
Aszonamasarm	5,94	0,78	2,06	1,70	4,10	2,06	7,94	0,49	6,26	
	9,63		Nuevo As min	7,47			$A_{sreq} \geq \frac{1}{4} A_{s\text{zona más armada}}$ (ACI 318-19-18.3.2)			
Asreq [cm2]	8,27	7,47	8,27	7,47	7,90	7,47	9,63	7,47	9,63	
	7,47	7,47	7,47	7,47	7,47	7,47	7,94	7,47	7,47	
ACERO BASE										
	Nro	Diámetro	Área	Espaciamiento		OK		ACI 318-19 CAP 25,2	Mbase (-) [T.m]	17,64
As base (-)	4	16	8,04	e(-) [cm]	7,87	OK			Mbase (+) [T.m]	17,64
As base (+)	4	16	8,04	e(+) [cm]	7,87	OK				
REFUERZO										
8,04	0,23	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	1,58	0,00	1,58	3,62
8,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Refuerzo flexión (-) [cm2]										3,62
Nro	1		1				1		1	
Diámetro	14		14				14		14	
Área Refuerzo	1,54	0,00	1,54	0,00	0,00	0,00	1,54	0,00	1,54	6,16
Refuerzo flexión (+) [cm2]										OK
Nro										
Diámetro										
Área Refuerzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
CORTE										
Combinaciones de carga										
Vcv1 [T]	3,682		3,682	5,292		4,9	5,726		5,922	5,306
										5,306
Vcv2 [T]	3,876		3,876	5,576		5,128	6,124		6,34	5,716
										5,716
Acero losa [cm2]	8		8			8	8		8	
As Coloc [cm2]	17,582		17,582	16,042		17,582	17,582		17,582	
	8,042		8,042	8,042		8,042	8,042		8,042	
Mprob [T.m]	50,213		50,213	46,265		50,213	50,213		50,213	
(Se considera α=1,4)	24,362		24,362	24,362		24,362	24,362		24,362	
Vsismo [T.m]		25,067		13,141		12,556		32,075		
Por capacidad a flexion		25,067		12,445		13,258		32,075		
Vu [T.m]		28,943		18,717		19,598		37,791		
Vc [T.m]		0,000		0		0,000		0,000		
							4Vc			
							76,62			
Vs [T.m]		38,591		24,956		26,130		50,388		
Comprobación		OK		OK		OK		OK		OK
Sen Lo [cm]	8,4		8		8					
S central [cm]	16		16		15					

Calculo de estribos dentro de la zona critica (2h)				
Av [cm2]	1,361	0,880	0,922	1,777
Ramales				
Diametro [mm]				
10	1,733 2	1,121 2	1,174 2	2,263 3
Calculo de estribos fuera de la zona critica				
Vc [T.m]	19,156	19,156	19,156	19,156
Vs [T.m]	19,435	5,800	6,974	31,232
Comprobación	OK	OK	OK	OK
Av	1,285	0,384	0,461	2,066
Ramales				
Diametro [mm]				
10	1,637 2	0,488 1	0,587 1	2,630 3



DISEÑO DE GRADAS EN HORMIGÓN ARMADO

11/08/2022

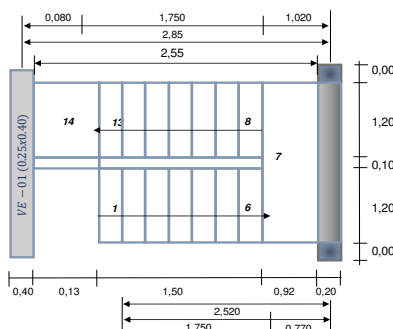
Esteban Viteri
Nicolás Bohórquez

DISEÑO DE GRADAS - DOS TRAMOS

DATOS:

f_c	=	280	Kg/cm ²
f_y	=	4200	Kg/cm ²
P. acabados	=	380	Kg/m ²
Carga viva	=	200	Kg/m ²
Altura de escalera	=	h = 2,650	m
Nº gradas	=	14	u
Paso	@	0,25	m
Contra Paso	@	0,19	m

ASCE-7-16



1) DISEÑO PRIMER TRAMO

1.1. ESPESOR DE LOSA.

$$t = 0,121 \text{ m}$$

$$t = 0,097 \text{ m}$$

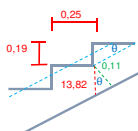
$$T = 0,11 \text{ m}$$

1.2. ALTURA PROMEDIO (hm).

$$\text{Cos}\theta = 0,796$$

$$h = 13,82 \text{ cm}$$

$$hm = 23,28 \text{ cm}$$



1.3. METRADO DE CARGAS.

TRAMO 1:

*Peso Propio = 0,670 Tn/m

*Acabado = 0,456 Tn/m

WD = 1,126 Tn/m

*Sobre Carga = 0,240 Tn/m

WL = 0,240 Tn/m

WU = 1,985 Tn/m

DESCANSO 1:

*Peso Propio = 0,317 Tn/m

*Acabado = 0,456 Tn/m

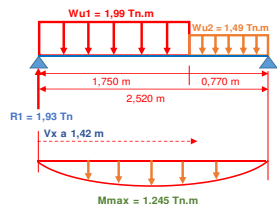
WD = 0,773 Tn/m

*Sobre Carga = 0,240 Tn/m

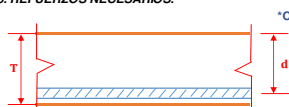
WL = 0,240 Tn/m

WU = 1,490 Tn/m

1.4. MOMENTOS MAXIMOS DE DISEÑO.



1.5. REFUERZOS NECESARIOS.



*MOMENTO ÚLTIMO.

$$Mu+ = 1,120 \text{ Tn.m}$$

*REFUERZO POSITIVO. *Factor "a": 0,24cm

$$As+ = 8,77 \text{ cm}^2$$

$$As- \text{ min} = 0,63 \text{ cm}^2 \text{ OK}$$

considerando ϕ : $\phi 14$ 1,5393804

Espaciamiento: $S\phi = 17,56 \text{ cm}$

USAREMOS: $\phi 14 @ 0,15 \text{ m}$

*REFUERZO NEGATIVO.

$$As- = 4,38 \text{ cm}^2$$

$$As- \text{ min} = 1,85 \text{ cm}^2 \text{ OK}$$

considerando ϕ : $\phi 14$ 1,5393804

Espaciamiento: $S\phi = 30,11 \text{ cm}$

USAREMOS ϕ : $\phi 14 @ 0,30 \text{ m}$

Longitud = 0,30 m

*REFUERZO TRANSVERSAL.

$$AsT = 1,98 \text{ cm}^2$$

considerando ϕ : $\phi 12$ 1,13097336

Espaciamiento: $S\phi = 25,56 \text{ cm}$

USAREMOS ϕ : $\phi 12 @ 0,25 \text{ m}$

2) DISEÑO SEGUNDO TRAMO

2.1. ESPESOR LOSA.

$$t = 0,128 \text{ m}$$

$$t = 0,102 \text{ m}$$

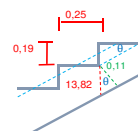
$$T = 0,11 \text{ m}$$

2.2. ALTURA PROMEDIO (hm).

$$\text{Cos}\theta = 0,796$$

$$h = 13,82 \text{ cm}$$

$$hm = 23,28 \text{ cm}$$



2.3. METRADO DE CARGAS.

TRAMO 2:

*Peso Propio = 0,670 Tn/m

*Acabado = 0,456 Tn/m

WD = 1,126 Tn/m

*Sobre Carga = 0,240 Tn/m

WL = 0,240 Tn/m

WU = 1,985 Tn/m

DESCANSO 2:

*Peso Propio = 0,317 Tn/m

*Acabado = 0,456 Tn/m

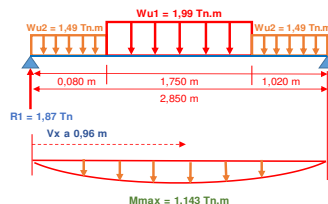
WD = 0,773 Tn/m

*Sobre Carga = 0,240 Tn/m

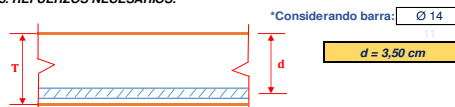
WL = 0,240 Tn/m

WU = 1,490 Tn/m

2.4. MOMENTOS MAXIMOS DE DISEÑO.



2.5. REFUERZOS NECESARIOS.



*MOMENTO ÚLTIMO.

$$Mu+ = 1,029 \text{ Tn.m}$$

*REFUERZO POSITIVO. *Factor "a":

$$As+ = 7,77 \text{ cm}^2$$

$$As- \text{ min} = 0,63 \text{ cm}^2 \text{ OK}$$

considerando ϕ : $\phi 14$ 1,5393804

Espaciamiento: $S\phi = 19,80 \text{ cm}$

USAREMOS: $\phi 14 @ 0,15 \text{ m}$

*REFUERZO NEGATIVO.

$$As- = 3,89 \text{ cm}^2$$

$$As- \text{ min} = 1,85 \text{ cm}^2 \text{ OK}$$

considerando ϕ : $\phi 14$ 1,5393804

Espaciamiento: $S\phi = 34,60 \text{ cm}$

USAREMOS ϕ : $\phi 14 @ 0,30 \text{ m}$

Longitud = 0,30 m

*REFUERZO TRANSVERSAL.

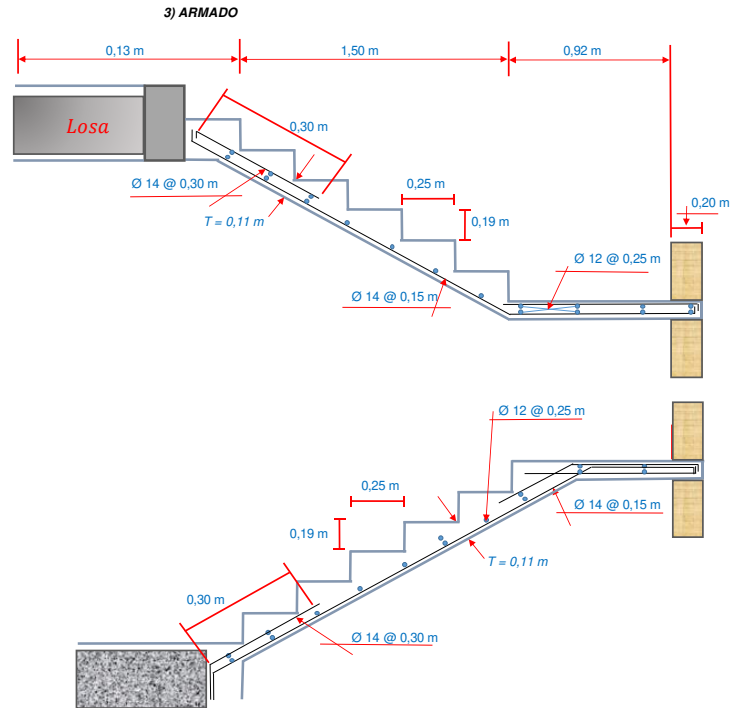
$$AsT = 1,98 \text{ cm}^2$$

considerando ϕ : $\phi 12$ 1,13097336

Espaciamiento: $S\phi = 25,56 \text{ cm}$

USAREMOS ϕ : $\phi 12 @ 0,25 \text{ m}$

ϕ (mm.)	DIAMETRO BARRA (cm)	PERIMETRO P(cm)	AREA As (cm ²)
$\phi 10$	1	3,14	0,79
$\phi 12$	1,2	3,77	1,13
$\phi 14$	1,4	4,40	1,54
$\phi 16$	1,6	5,03	2,01
$\phi 18$	1,8	5,65	2,54
$\phi 20$	2	6,28	3,14
$\phi 22$	2,2	6,91	3,80
$\phi 25$	2,5	7,85	4,91
$\phi 28$	2,8	8,80	6,16





DISEÑO DE LOSAS EN HORMIGÓN ARMADO

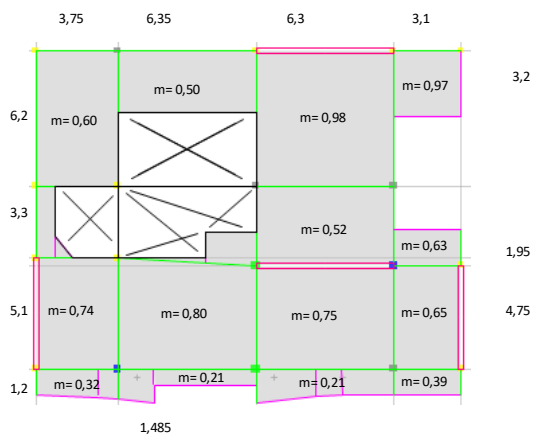
11/08/2022

Esteban Viteri
Nicolás Bohórquez

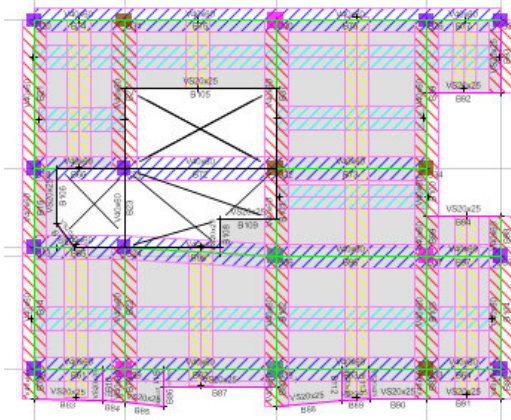
GEOMETRIA DE LA PLANTA

m: Relación de aspecto

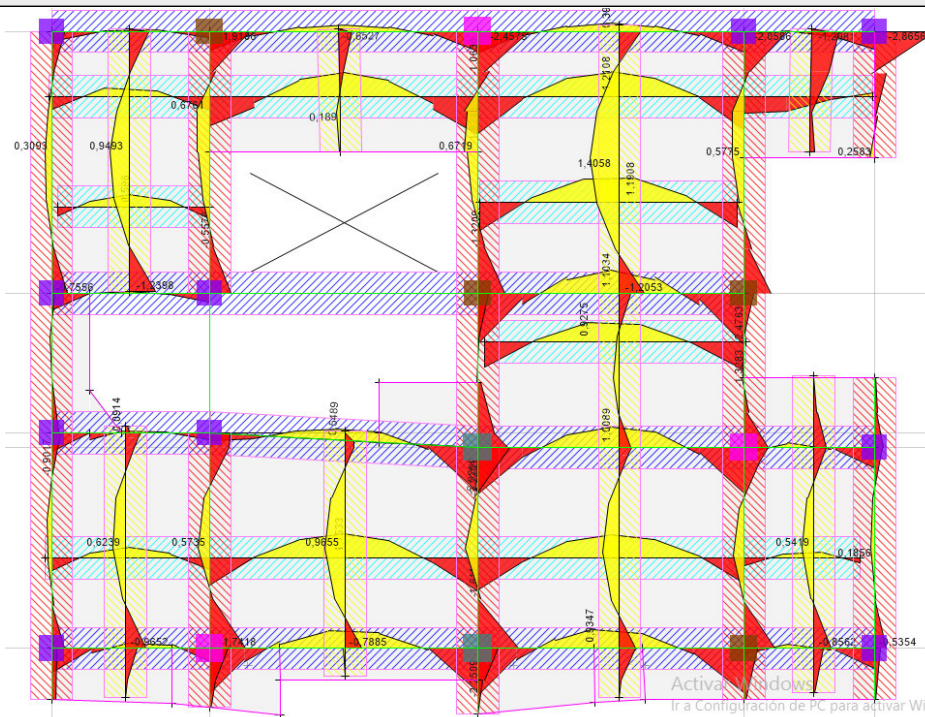
m= 0,60	m= 0,50	m= 0,98	m= 0,97
m= 0,74	m= 0,80	m= 0,52	m= 0,63
m= 0,32	m= 0,21	m= 0,75	m= 0,65
		m= 0,21	m= 0,39



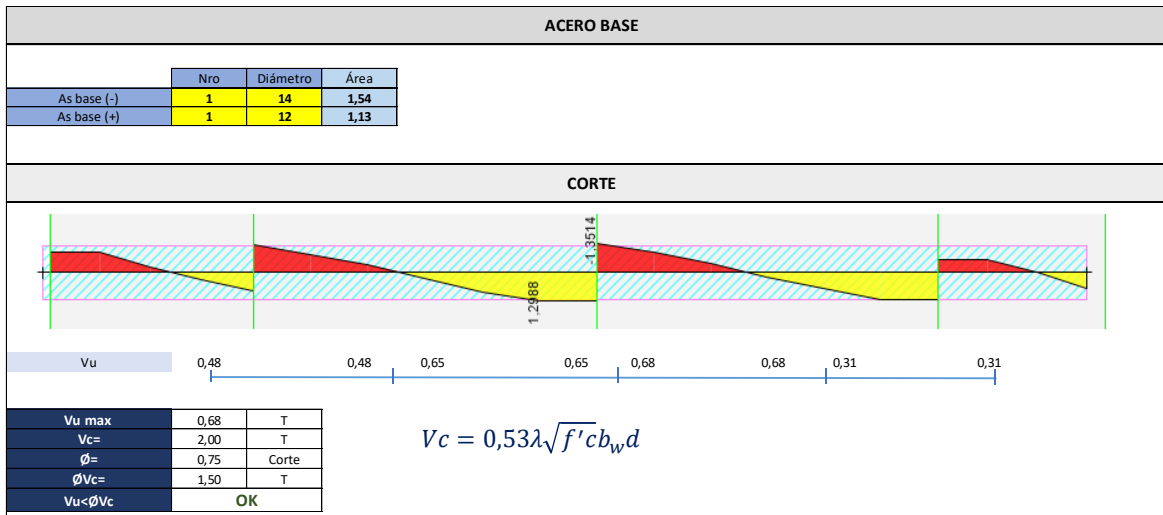
FRANJAS DE DISEÑO



SOLICITACIONES EXTERNAS (FLEXIÓN: COMBINACIÓN U₂=1,2D+1,6L)



DISEÑO A FLEXIÓN										
LUCES										
Ancho viga [m]	0,4		0,4		0,4		0,4		0,4	
EJES 2,3,5										
Distancia entre ejes [m]	3,75		6,35		6,3		3,1			
Luz libre viga [m]	3,15		5,95		5,9		2,5			
MOMENTO ÚLTIMO (DEMANDA EN EL ELEMENTO)										
Mu [T.m]	0,3		0,3		0,6		0,8		0,7	
	0,3		0,8		0,5		0,1			
MOMENTO NOMINAL (CAPACIDAD EN EL ELEMENTO)										
				$M_u \leq \phi \cdot M_n$ (LRFD) $M_u = \phi \cdot M_n$ (Condición crítica) $M_n = \frac{M_u}{\phi}$ (Condición crítica)						
Mn [T.m]	0,3		0,0		0,3		0,6		0,0	
	0,0		0,3		0,0		0,9		0,8	
Mn [T.m]	0,3		0,0		0,6		0,0		0,7	
	0,0		0,3		0,0		0,9		0,1	
GEOMETRÍA SECCIÓN TRANSVERSAL										
	b	h								
Sección [cmxcm]	10 cm	25 cm								
f'c [kg/cm2]	280									
β1	0,85									
As min [cm2]	0,75									
As max [cm2]	4,88									
Mn max [T.m]	3,73									
fy [kg/cm2]	4200									
Recubrimiento libre, r [cm]	3 cm									
Peralte efectivo, d [cm]	23 cm									
	$As_{min} = \left(\frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d}{fy}; \frac{14}{fy} \cdot bw \cdot d \right)_{max}$ $As_{max} = (0,025 \cdot bw \cdot d; 0,75 \cdot \rho_b \cdot bw \cdot d)_{min}$									
CÁLCULO ACERO DE REFUERZO										
	$M_n = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$ $M_u = \phi \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$ $a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot bw}$ $As = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot bw \cdot d}{fy} - \sqrt{\left(\frac{0,85 \cdot f'c \cdot bw \cdot d}{fy} \right)^2 - \left(\frac{1,70 \cdot f'c \cdot bw \cdot Mu}{\phi \cdot fy^2} \right)}$									
As(-) [cm2]	0,32	0,00	0,70	0,00	0,97	0,00	0,75	0,00	0,15	
As(+) [cm2]	0,00	0,30	0,00	0,93	0,00	0,65	0,00	0,15	0,00	
Ascal [cm2]	0,32	0,00	0,70	0,00	0,97	0,00	0,75	0,00	0,15	
	0,00	0,30	0,00	0,93	0,00	0,65	0,00	0,15	0,00	
Aszonamasarm	0,97	Nuevo As mir		0,75	$As_{req} \geq \frac{1}{4} As_{zona\ más\ armada}$ (ACI 318-19-18.3.2)					
Asreq [cm2]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,97	0,75	0,75	0,75	0,75	
	0,75	0,75	0,75	0,93	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	



Presideño de elementos en hormigón armado (Columnas)

Sistema: Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas

Geometría y tipo	Elementos no esbeltos - No preesforzada	
Esfuerzo de fluencia acero de refuerzo corrugado (ASTM A706 Grado 60)	fy	420 Mpa
Resistencia a la compresión del hormigón a los 28 días	f'c	28 MPa
Peso específico del hormigón	yh	2,4 T/m3
Cuántia asumida	p	1,5 %
Nro Plantas (Sobre la calle)		7
Altura de entre piso		2,4 m

Si $K_{LL} A_T \geq 35 \text{ m}^2$: $L = L_u \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right)$

Dónde:

- L: Sobrecarga distribuida en kN/m², aplicada sobre el área tributaria del elemento de soporte.
- L_u: Sobrecarga distribuida sin reducir, aplicada sobre el área tributaria del elemento de soporte, según la [Tabla 3](#) del apéndice 4.2
- K_{LL}: Factor de sobrecarga según el elemento de soporte, ver la [Tabla 2](#)
- A_T: Área tributaria en metros cuadrados

Reduccion de cargas vivas

Columna	Área cooperante	ong. Viga:	OBSERV	KII	KII*At
A1	7,85	4,83	De borde con losas en volado	3	23,55
A2	7,57	5,28	Exterior sin losas en volado	4	30,28
A3	8,32	5,78	Exterior sin losas en volado	4	33,28
A4	6,85	4,38	Exterior sin losas en volado	4	27,4
B1	18,58	7,93	De borde con losas en volado	3	55,74
B2	14,13	6,08	Interior	4	56,52
B3	6,85	4,38	Interior	4	27,4
B4	15,58	7,30	Exterior sin losas en volado	4	62,32
C1	22,09	9,23	De borde con losas en volado	3	66,27
C2	25,26	9,68	Interior	4	101,04
C3	15,45	10,36	Interior	4	61,8
C4	20,38	8,61	Exterior sin losas en volado	4	81,52
D1	16,58	7,20	De borde con losas en volado	3	49,74
D2	19,79	8,00	Interior	4	79,16
D3	15,47	7,44	Exterior sin losas en volado	4	61,88
D4	15,08	6,93	Exterior sin losas en volado	4	60,32
E1	6,20	4,31	De borde con losas en volado	3	18,6
E2	6,99	4,76	De borde con losas en volado	3	20,97
E4	5,48	1,24	De borde con losas en volado	3	16,44

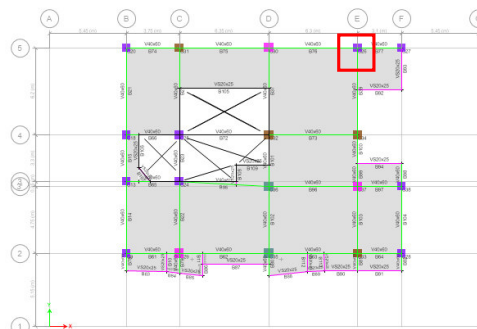
Carga muerta

CM (Entrepiso)	0,67 T/m2
CM (Cubierta)	0,53 T/m2

Columna	Peso vigas (T/m2)	Peso columna (seccion 60x60 asumida) (T/m2)	Carga Viva Reducida (T/m2)	Carga última entrepiso (T/m2)	Carga última cubierta (T/m2)	Área cooperante (m2)	Carga última, Pu (T)	Área bruta requerida, Ag (cm2)	Prediseño de sección		Observación	Seccion adoptada	
									b (m)	h (m)		b (m)	h (m)
A1	0,22	0,29	0,2	1,74	1,58	7,85	94,50	603,755	30,00	30,00	No cumple	60,00	60,00
A2	0,25	0,30	0,2	1,79	1,62	7,57	93,70	598,625	30,00	30,00	No cumple	60,00	60,00
A3	0,25	0,28	0,2	1,76	1,59	8,32	101,00	645,314	30,00	30,00	No cumple	60,00	60,00
A4	0,23	0,33	0,2	1,81	1,64	6,85	85,41	545,690	30,00	30,00	No cumple	60,00	60,00
B1	0,15	0,12	0,17	1,42	1,25	18,58	181,05	1156,734	35,00	35,00	No cumple	65,00	65,00
B2	0,15	0,16	0,17	1,46	1,29	14,13	142,31	909,215	30,00	30,00	No cumple	60,00	60,00
B3	0,23	0,33	0,2	1,81	1,64	6,85	85,41	545,690	30,00	30,00	No cumple	60,00	60,00
B4	0,17	0,15	0,17	1,45	1,28	15,58	155,73	994,963	30,00	35,00	No cumple	60,00	65,00
C1	0,15	0,10	0,16	1,37	1,20	22,09	208,51	1332,177	40,00	35,00	No cumple	70,00	65,00
C2	0,14	0,09	0,14	1,31	1,14	25,26	226,99	1450,234	40,00	35,00	No cumple	70,00	65,00
C3	0,24	0,15	0,17	1,54	1,37	15,45	164,11	1048,521	30,00	35,00	No cumple	60,00	65,00
C4	0,15	0,11	0,15	1,37	1,20	20,38	191,62	1224,283	35,00	35,00	No cumple	65,00	65,00
D1	0,16	0,14	0,18	1,45	1,28	16,58	165,34	1056,346	30,00	35,00	No cumple	60,00	65,00
D2	0,15	0,12	0,15	1,37	1,20	19,79	185,88	1187,549	35,00	35,00	No cumple	65,00	65,00
D3	0,17	0,15	0,17	1,46	1,29	15,47	155,42	992,961	30,00	35,00	No cumple	60,00	65,00
D4	0,17	0,15	0,17	1,46	1,29	15,08	151,26	966,408	30,00	30,00	No cumple	60,00	60,00
E1	0,25	0,37	0,2	1,87	1,70	6,20	80,18	512,247	30,00	30,00	No cumple	60,00	60,00
E2	0,25	0,33	0,2	1,82	1,65	6,99	87,64	559,944	30,00	30,00	No cumple	60,00	60,00
E4	0,08	0,42	0,2	1,73	1,56	5,48	65,33	417,386	30,00	30,00	No cumple	60,00	60,00

DISEÑO DE COLUMNAS 60X60 cm

Datos		
Base	60	cm
Altura	60	cm
Área	3600	cm ²
ρ	1.2	%
As longitudinal	42.8	cm ²
As col	4Ø25 mm + 8Ø20 mm	44.8
No. Varillas longitudinales	12	
h entrepiso	2.65	m
f_c	280	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²

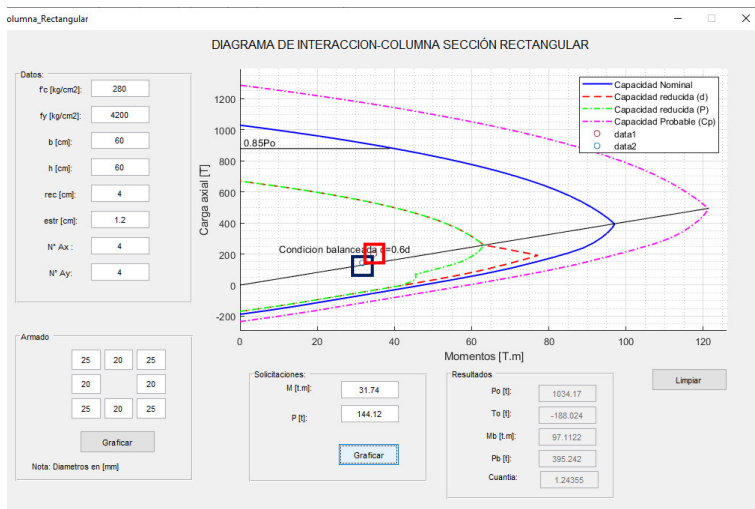


Solicitaciones:

area	3600	cm ²	0.36	m ²
------	------	-----------------	------	----------------

		P	Mxx	Myy		
	D	121.910	4.730	5.270		
	L	18.930	1.100	1.300		
	SX	32.900	27.300	0.700		
	SY	34.400	1.500	27.000		
					Sigma max	Sigma min
1.4D	C1	170.67	6.62	7.38	862.98	85.21
1.2D+1.6L	C2	176.58	7.44	8.40	930.50	50.50
1.2D+L+Ex	C3.1	198.12	34.08	8.32	1728.12	-627.44
1.2D+L-Ex	C3.2	132.32	-20.52	6.92	-10.22	745.34
1.2D+L+Ey	C4.1	199.62	8.28	34.62	1746.17	-637.16
1.2D+L-Ey	C4.2	130.82	5.28	-19.38	-28.27	755.06
0.9D+Ex	C5.1	142.62	31.56	5.44	1423.94	-631.61
0.9D-Ex	C5.2	76.82	-23.04	4.04	-314.39	741.16
0.9D+Ey	C6.1	144.12	5.76	31.74	1442.00	-641.34
0.9D-Ey	C6.2	75.32	2.76	-22.26	-332.45	750.89
					1746.17	-641.34

Diagrama de Interacción



 Compresión máxima
 Compresión mínima
Relación D/C = 0.6

Diseño Corte v Confinamiento

Confinamiento en las dos direcciones:

h"	52	cm
Ash1	3.45	cm ²
Ash2	3.12	cm ²
Pu sismo	200000	kg
kf	1	-
kn	1.20	-
Ash3		cm ²
Ash	3.45	cm ²

Corte en la dirección más crítica:

Mb	97.1	T*m
Vu	91.6	T
ØVc	20.8	T
Vs	94.48	T
Vs < 4Vc	OK!	-
Av	2.5235	-

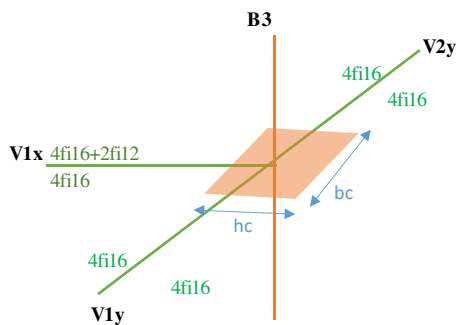
Av requerido	3.45	cm ²
#ramales	3.05	-
# ramales adoptado	4.00	-
Av colocado	4 ramales Ø12 mm	
S	10	cm

REVISIÓN CONEXIÓN VIGA COLUMNA (B3-PISO2)

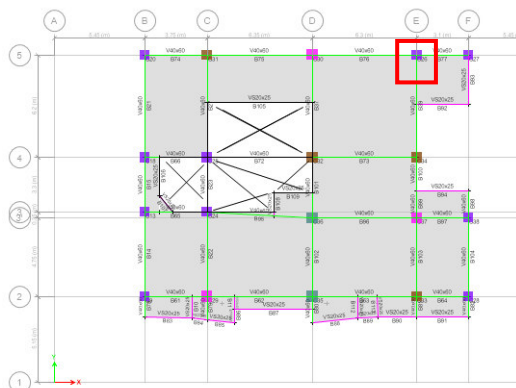
Propiedades material	
f _c [kg/cm ²]	280
f _y [kg/cm ²]	4200
f	1.4
φ _{conexión}	0.85

Factor de sobrerresistencia
 $f > 5200/4200$

COLUMNA	INFERIOR	SUPERIOR
b [cm]	60	60
h [cm]	60	60
H [m]	2.65	2.65
As longitud.	44.80	44.80
N°	12	12
Φ	25	25
Φ prom	25	
recubr. [cm]	4	



VIGAS QUE CONVERGEN EN EL NUDO				
	VIGA 1X		VIGA 1Y	VIGA 2Y
b [cm]	40		40	40
h [cm]	60		60	60
recubr. [cm]	4			
φ estrib. [mm]	10			
d [cm]	54.2		54.2	54.2
As (superior)	18.30		17.58	17.58
N°	4		4	4
Φ base	16		16	16
n°	2		1	1
Φ refuerzo	12		14	14
As losa [cm ²]	8		8	8
As (inferior)	8.04		8.04	8.04
N°	4		4	4
Φ base	16		16	16
n°				
Φ refuerzo				



DETERIORO DE ADHERENCIA

DIRECCIÓN	VIGA	
	X	Y
h _v [cm]	60	60
φ _c [mm]	25	25
20* φ _c [cm]	50	50
	OK	OK

$h_v \geq 20 * \text{Max}(\phi_c)$

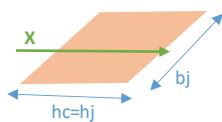
DIRECCIÓN	COLUMNA	
	X	Y
h _c [cm]	60	60
φ _v [mm]	16	16
20* φ _c [cm]	32	32
	OK	OK

$h_c \geq 20 * \text{Max}(\phi_v)$

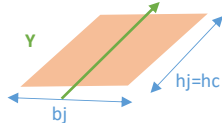
CORTE

Capacidad Nominal a Cortante

DIRECCIÓN X	
x	10
b _j [cm]	60
h _j [cm]	60
A _j [cm ²]	3600
γ	3.2
φV _n [T]	163.85



DIRECCIÓN Y	
x	10
b _j [cm]	60
h _j [cm]	60
A _j [cm ²]	3600
γ	3.2
φV _n [T]	163.85

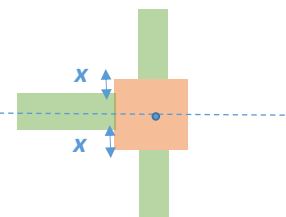


$b_j \leq \begin{cases} bv + h \\ bv + 2x \end{cases}$

revisar cuando $X \gg \rightarrow b_j \leq \frac{bv + bc}{2}$

$h_j = h_c$

$\phi V_n = \phi * \gamma * \sqrt{f'_c} * h_j * b_j$



Corte Horizontal Vj

DIRECCIÓN X

T1 [T]	107.63
T2 [T]	47.29
M1 [T.m]	52.25
M2 [T.m]	-
Vpcol [T]	19.72

Vj [T]	135.20	OK
--------	--------	----

$$T1_{Assup.} = A_{Superior} * \alpha * fy$$

$$T2_{Asinfe.} = A_{Inferior} * \alpha * fy$$

$$V_{pcol} = \frac{M1 + M2}{\left(\frac{Hcs + Hci}{2}\right)}$$

$$Vj = T1 + T2 - V_{pcol}$$

$$Vj \leq \phi Vn \text{ OK!}$$

DIRECCIÓN Y

T1 [T]	103.38
T2 [T]	47.29
M1 [T.m]	50.42
M2 [T.m]	24.46
Vpcol [T]	28.26

Vj [T]	122.42	OK
--------	--------	----

Corte Vertical Vjv

hv [cm]	60
hc [cm]	60
Vjv [T]	135.20

$$V_{jv} = Vj * \left(\frac{hv}{hc}\right)$$

$$hv \leq hc \text{ OK! OK}$$

CONFINAMIENTO

DIRECCIÓN X

h'' (bc) [cm] 52

Ag [cm] 3600

Ac[cm] 2704

S [cm] 15

S [cm] 10

Pu [T] 200

nl 12

0.3*Ag*fc 302.4

kf 1

kn 1.20

Confinamiento	
Lo	Ash1 [cm2] 3.45
	Ash2 [cm2] 3.12
	Ash3 [cm2]
	Ash [cm2] 3.45

As req para confinamiento[cm2] (Dir X)

As [cm2] 3.45

$$Ash1 = 0,3 \frac{s * h'' * f'c}{fy} \left(\frac{Ag}{Ac} - 1\right)$$

$$Ash2 = 0,09 \frac{s * h'' * f'c}{fy}$$

$$Ash3 = 0,2 * kf * kn * \frac{Pu * s * h''}{fy * Ac}$$

$$kf = \frac{f'c}{1750} + 0,6 \geq 1 \quad kn = \frac{nl}{nl - i}$$

DIRECCIÓN Y

h'' (bc) [cm] 52

Ag [cm] 3600

Ac[cm] 2704

S [cm] 15

S [cm] 10

Pu [T] 200

nl 12

0.3*Ag*fc 302.4

kf 1

kn 1.20

Confinamiento	
Lo	Ash1 [cm2] 3.45
	Ash2 [cm2] 3.12
	Ash3 [cm2]
	Ash [cm2] 3.45

As req para confinamiento[cm2] (Dir Y)

As [cm2] 3.45

$$Ash1 = 0,3 \frac{s * h'' * f'c}{fy} \left(\frac{Ag}{Ac} - 1\right)$$

$$Ash2 = 0,09 \frac{s * h'' * f'c}{fy}$$

$$Ash3 = 0,2 * kf * kn * \frac{Pu * s * h''}{fy * Ac}$$

$$kf = \frac{f'c}{1750} + 0,6 \geq 1 \quad kn = \frac{nl}{nl - i}$$

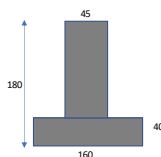
ACERO A COLOCAR

Ramales ext (Estribo)		Ramales Int (Grapas)	
φ [mm]	12	φ [mm]	12
N° [-]	2	N° [-]	2
As coloc [cm2]	2.26	As coloc [cm2]	2.26

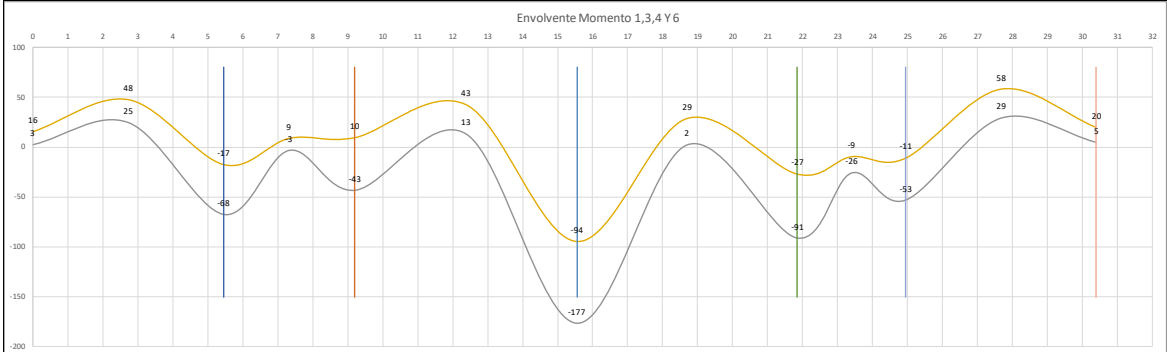
As final [cm] 4.52 OK

DISEÑO VIGAS DE CIMENTACIÓN SIN MURO

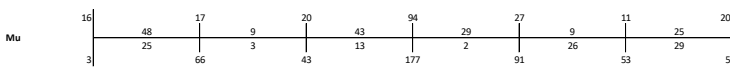
DATOS



bw	45	cm	ΦF	0.90
hf	40	cm	ΦC	0.75
bf	160	cm	ΦT	0.75
h	180	cm		
r	10	cm		
d	170	cm		
b	0.0289			
f'c	280	kg/cm ²		
fy	4200	kg/cm ²		
Asf	260.66667	cm ²		
f	0.03407407			



DISEÑO FLEXIÓN



ALMA

b* 90

As (+) min	26	cm ²	As (-)	48.8	cm ²												
As req. [cm ²]	2.82		8.47	3.00	1.59	3.53	7.59	16.99	5.12	4.76	1.59	1.941176471	4.41	3.53	+	As	25.50
	0.53		4.41	11.65	0.53	7.59	2.29	31.24	0.35	16.06	4.59	9.352941176	5.12	0.88		-	48.77

REVISIONES

- A As>=Asmin
- B As<=Asmax
- C(NUDO) As(+)>=1/2As(-)
- D As>=1/4As(mas armada)

As(+)	min	26	As(-)	min	48.8
		Asmax			361.314
		As*1/4			7.80882353

As colocado 1 [cm ²]	2.82	8.47	5.82	1.59	3.53	7.59	16.99	5.12	4.76	1.59	4.676470588	4.41	0.62
	0.53	4.41	11.65	0.28	7.59	2.29	31.24	0.35	16.06	4.59	9.352941176	5.12	0.88
As colocado 4/3(calculado) [cm ²]	3.76	11.29	7.76	2.12	4.71	10.12	22.12	6.82	6.35	2.12	6.24	5.88	0.83
	0.71	5.88	15.53	0.37	10.12	3.06	41.65	0.47	21.41	6.12	12.47	6.82	1.18
As requerido final [cm ²]	7.81	11.29	7.76	7.81	7.81	10.12	22.12	7.81	10.71	7.81	6.24	5.88	7.81
	7.81	7.80882353	15.53	7.81	10.12	7.81	41.65	7.81	21.41	6.12	12.47	7.81	7.81

Propuesta

RETIRACION DE UN LADO DEL PATIN

L	0.575	m
As TEMP	4.14	cm ² /m
	1Φ12 @ 30cm	

PATIN

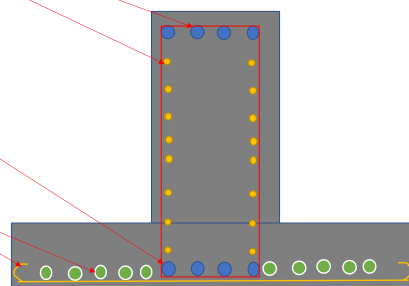
qu	11.004	t/m
Mu volado	1.82	tm
Asl	1.71	cm ² /m
	1Φ12 @ 20cm	

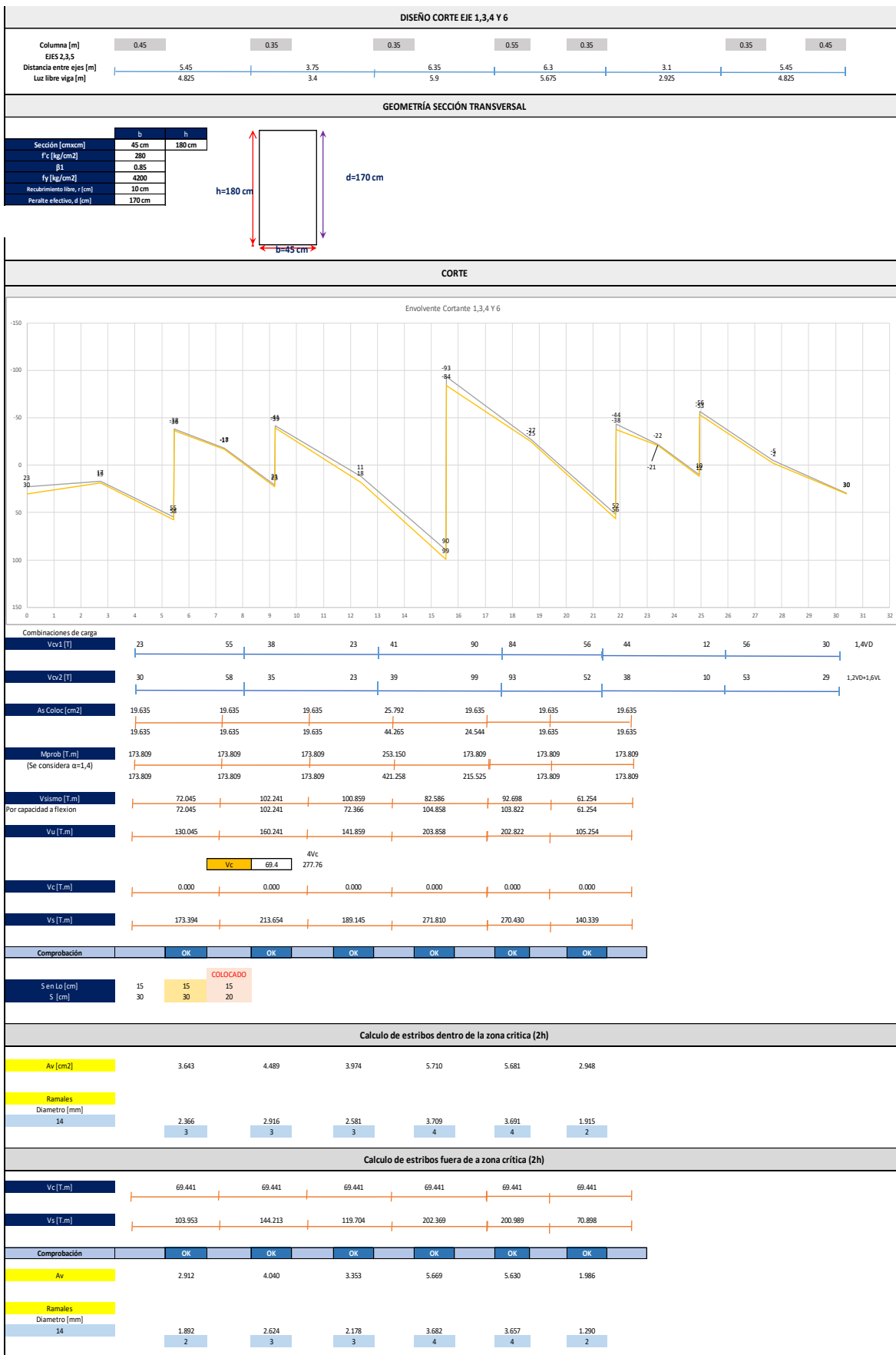
Vu	11.004	t
ΦVn	19.95	t
Vu<ΦVn		OK

Ask

Φ12 @ 25cm

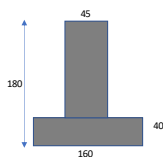
Φ/#	AREAS DE ACERO (cm ²)										
8	0.50	1.01	1.51	2.01	2.51	3.02	3.52	4.02	4.52	5.03	5.53
10	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	8.64
12	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.92	9.05	10.18	11.31	12.44
14	1.54	3.08	4.62	6.16	7.70	9.24	10.78	12.32	13.85	15.39	16.93
16	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.10	20.11	22.12
18	2.54	5.09	7.63	10.18	12.72	15.27	17.81	20.36	22.90	25.45	27.99
20	3.14	6.28	9.42	12.57	15.71	18.85	21.99	25.13	28.27	31.42	34.56
22	3.80	7.60	11.40	15.21	19.01	22.81	26.61	30.41	34.21	38.01	41.81
25	4.91	9.82	14.73	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09	54.00
28	6.16	12.32	18.47	24.63	30.79	36.95	43.10	49.26	55.42	61.58	67.73
30	7.07	14.14	21.21	28.27	35.34	42.41	49.48	56.55	63.62	70.69	77.75
32	8.04	16.08	24.13	32.17	40.21	48.25	56.30	64.34	72.38	80.42	88.47





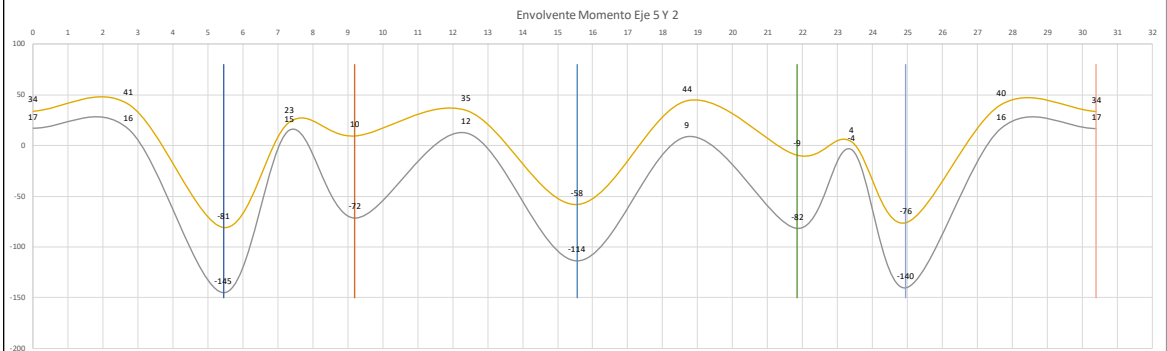
DISEÑO VIGAS DE CIMENTACIÓN CON MURO

DATOS

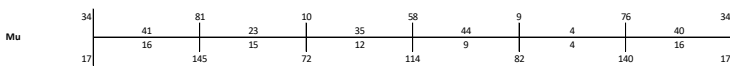


bw	45	cm
hf	40	cm
bf	160	cm
h	180	cm
r	10	cm
d	170	cm
fb	0.00289	
f'c	280	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
Asf	260.66667	cm2
ff	0.03407407	

φF	0.90
φC	0.75
φT	0.75



DISEÑO FLEXIÓN



ALMA

b* 90

As (+) min 26 cm2 As (-) 48.8 cm2

As req. [cm2]	6.00	7.24	14.29	4.06	1.76	6.18	10.24	7.76	1.59	13.41176471	7.06	6.00	+	As	
	3.00	2.82	25.59	2.65	12.71	2.12	20.12	1.59	14.47	0.71	24.70588235	2.82	3.00	-	25.50
															48.77

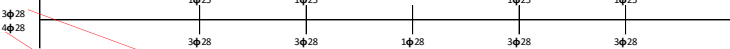
REVISIONES

- A As>=Asmin
- B As<=Asmax
- C(NUDO) As(+)>=1/2As(-)
- D As>=1/4As(mas armada)

As(+)	min	26	As(-)	min	48.8
			Asmax		361.314
			As*/4		6.39705882

As colocado 1 [cm2]	6.00	7.24	12.79	4.06	1.76	6.18	10.24	7.76	1.59	12.35294118	7.06	1.06
	3.00	2.82	25.59	0.72	12.71	2.12	20.12	1.59	14.47	0.71	24.70588235	3.00
As colocado 4/3(calculado) [cm2]	8.00	9.65	17.06	5.41	2.35	8.24	13.65	2.12	0.94	16.47	9.41	1.41
	4.00	3.76	34.12	0.96	16.94	2.82	26.82	2.12	19.29	0.94	32.94	4.00
As requerido final [cm2]	8.00	9.65	25.50	6.40	25.50	13.65	25.50	6.40	25.50	6.40	6.40	6.40
	6.40	6.39705882	48.77	6.40	48.77	6.40	6.40	48.77	6.40	48.77	6.40	6.40

Propuesta



RETIRACION DE UN LADO DEL PATIN

L	0.575	m
As TEMP	4.14	cm2/m

1φ14 @ 30cm

PATIN

qu	11.004	t/m
Mu volado	1.82	tm
Asl	1.71	cm2/m

1φ12 @ 20cm

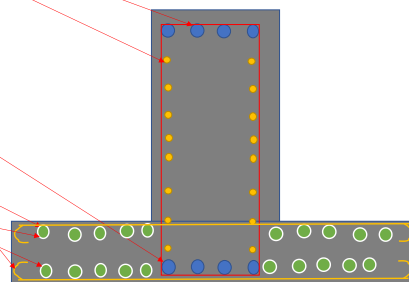
Ask

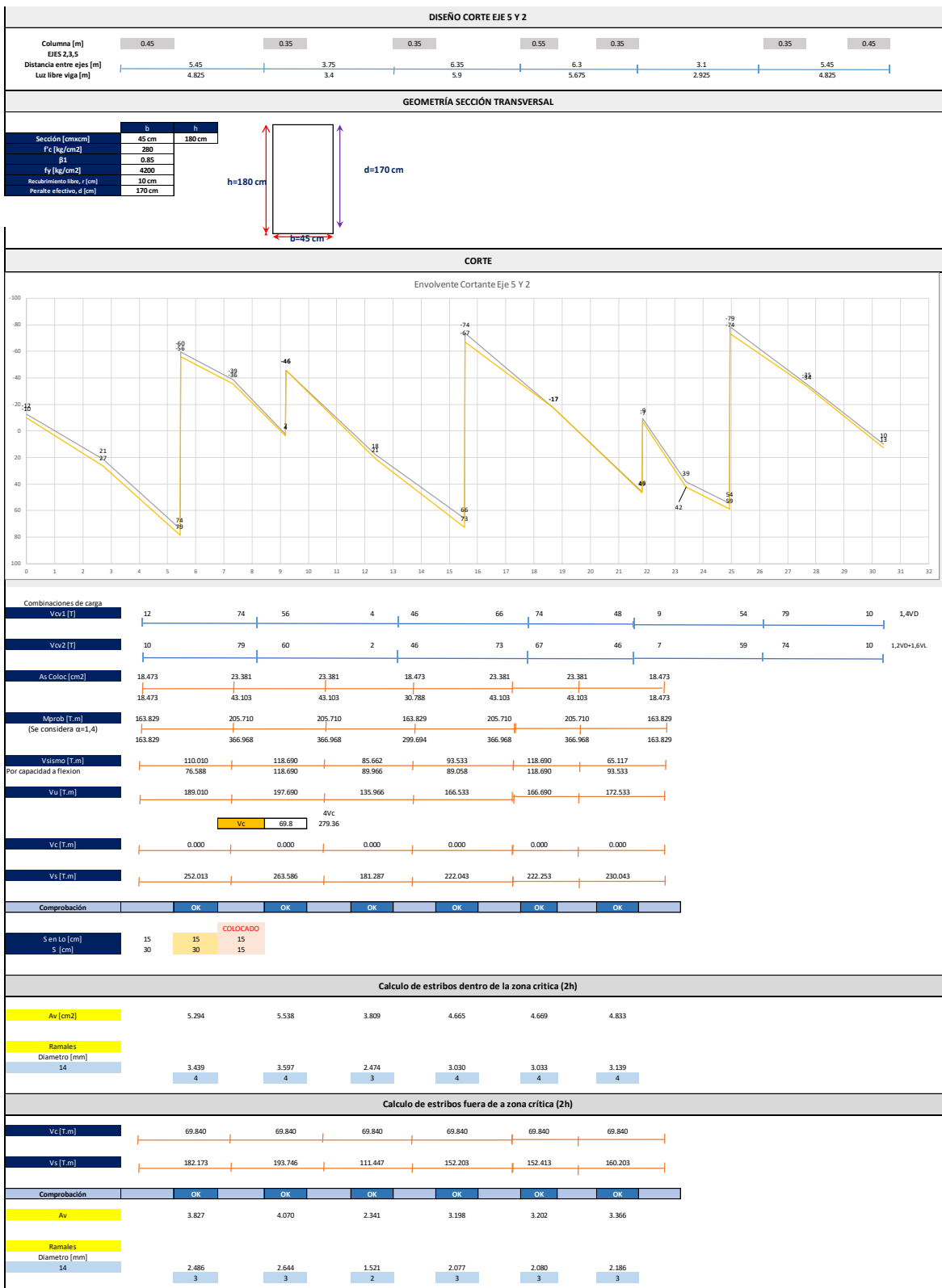
Vu	11.004	t
Vu<φVn	19.95	t

OK

1φ12 @ 25cm

O/#	AREAS DE ACERO (cm ²)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	0.50	1.01	1.51	2.01	2.51	3.02	3.52	4.02	4.52	5.03	5.53
10	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	8.64
12	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.92	9.05	10.18	11.34	12.44
14	1.54	3.08	4.62	6.16	7.70	9.24	10.78	12.32	13.85	15.39	16.93
16	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.10	20.11	22.12
18	2.54	5.09	7.63	10.18	12.72	15.27	17.81	20.36	22.90	25.45	27.99
20	3.14	6.28	9.42	12.57	15.71	18.85	21.99	25.13	28.27	31.42	34.56
22	3.80	7.60	11.40	15.21	19.01	22.81	26.61	30.41	34.21	38.01	41.81
25	4.91	9.82	14.73	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09	54.00
28	6.16	12.32	18.47	24.63	30.79	36.95	43.10	49.26	55.42	61.58	67.73
30	7.07	14.14	21.21	28.27	35.34	42.41	49.48	56.55	63.62	70.69	77.75
32	8.04	16.08	24.13	32.17	40.21	48.25	56.30	64.34	72.38	80.42	88.47





COMPROBACIÓN DE PRESIONES EN CIMENTACIÓN												
Eje 3	B [m]	L [m]	Área Colaborante	FD [t]	FL [t]	FSX [t]	MD [t]	ML [t]	MSX [t]	σ act. [t/m ²]	σ adm [t/m ²]	Revisión
A	3	2.04	6.1125	12.8	1.48	3.04	8.2	30.4	7.26	17.84	18.34	OK!
B	1.6	1.8	2.88	27.62	3.6	4.67	0	0	0	12.46	18.34	OK!
C	1.6	1.8	2.88	32.83	4.82	0.7	0	0	0	13.32	18.34	OK!
D	1.6	1.8	2.88	41	6.83	0.31	0	0	0	16.72	18.34	OK!
E	1.6	1.8	2.88	34.1	5.27	1.55	0	0	0	14.21	18.34	OK!
F	1.6	1.8	2.88	28.22	3.9	4.95	0	0	0	12.87	18.34	OK!
G	3	2.04	6.1125	12.6	1.5	3	3.74	27	10	16.13	18.34	OK!
Eje D	B [m]	L [m]	Área Colaborante	FD [t]	FL [t]	FSY [t]	MD [t]	ML [t]	MSY [t]	σ act. [t/m ²]	σ adm [t/m ²]	Revisión
1	3	1.96	5.8875	13.27	1.71	2.55	10	32.12	2	17.97	18.34	OK!
2	1.6	1.8	2.88	29.6	4.42	4.96	0	0	0	13.53	18.34	OK!
3	1.6	1.8	2.88	38.3	6.3	3.21	0	0	0	16.60	18.34	OK!
4	1.6	1.8	2.88	41	6.84	1.23	0	0	0	17.04	18.34	OK!
5	1.6	1.8	2.88	35	5.5	6.18	0	0	0	16.21	18.34	OK!
6	3	1.96	5.8875	14.6	1.95	3.23	8.63	24.19	6.86	16.84	18.34	OK!

PRESIÓN ACTIVA DE TIERRA PARA CONDICIONES SÍSMICAS

$$P_{ae} = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * (1 - k_v) * K_{ae}$$

Donde:

P_{ae} = Fuerza activa por unidad de longitud del muro

γ = Peso específico del suelo

H = altura del terreno sobre el muro

K_v = Coeficiente de sismo vertical.

K_{ae} = Coeficiente de empuje activo dinámico.

$$K_{ae} = \frac{\text{sen}^2(\phi + \beta - \theta)}{\cos\theta * \text{sen}^2\beta * \text{sen}(\beta - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) * \text{sen}(\phi - \theta - \alpha)}{\text{sen}(\beta - \delta - \theta) * \text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$\theta = \text{arctag} \left(\frac{K_h}{1 - K_v} \right)$$

Donde:

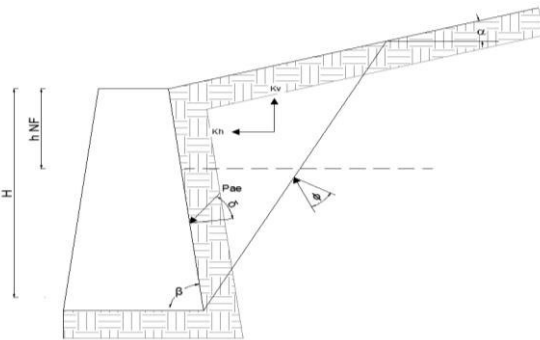
ϕ = Angulo de fricción interna.

δ = Angulo de fricción entre el muro y el suelo.

α = Angulo de inclinación del terreno.

β = Angulo de inclinación del paramento interior del muro o estribo.

θ = Angulo en función de los coeficientes sísmicos.

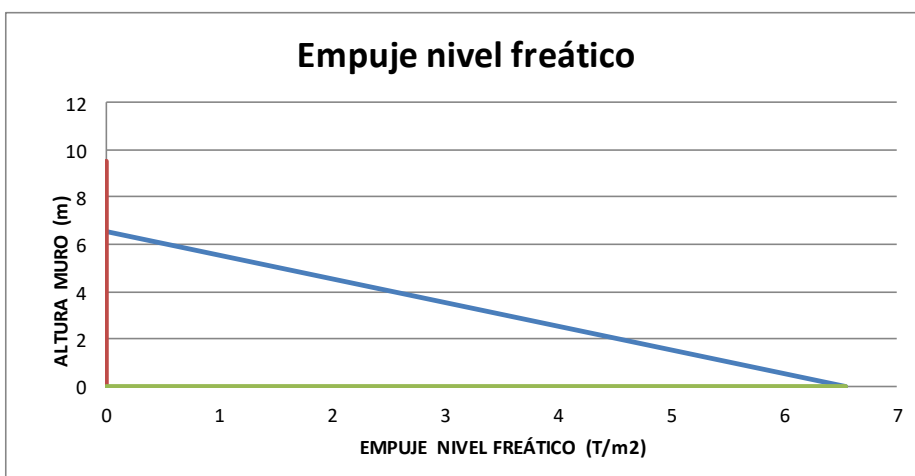
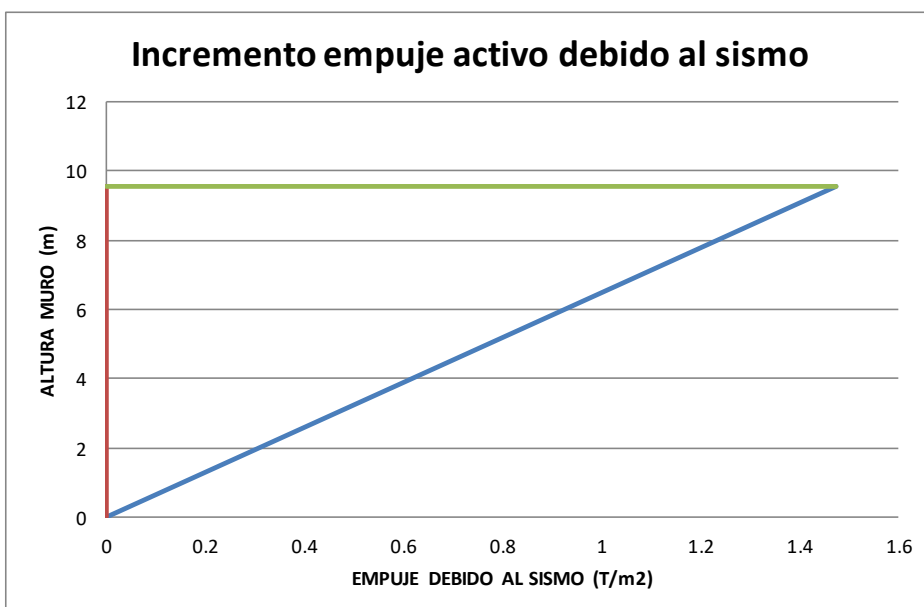
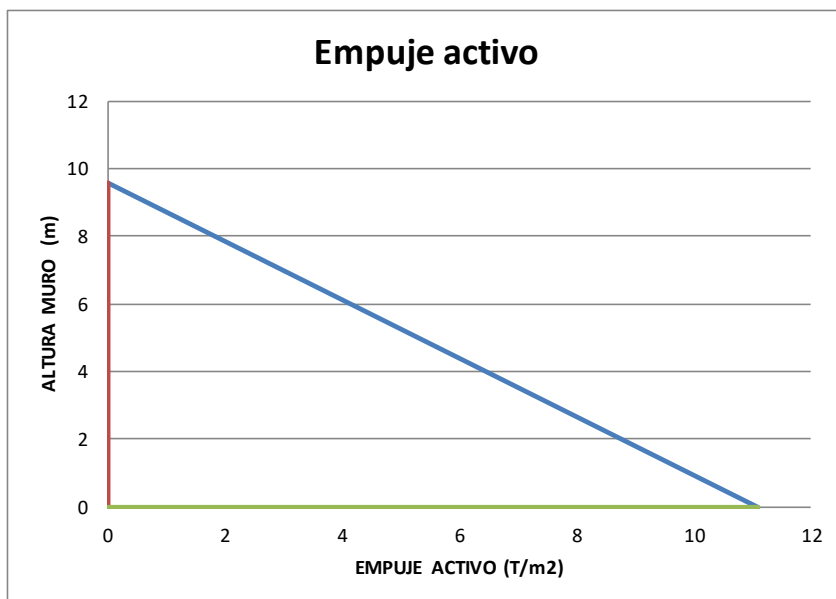
**Datos:**

γ =	1.53t/m ³	(Peso específico)
γ_{saturado} =	1.70t/m ³	(Peso específico)
$h_{\text{nivel freático}}$ =	3.00m	(Profundidad de nivel freático con respecto al suelo)
$h_{\text{nivel-agua-interna}}$ =	0.00m	(Nivel de agua dentro del tanque)
H =	9.55m	(Altura de la pared del tanque medidos desde el nivel del suelo)
k_h =	0.135	(Aceleración obtenida del espectro inelástico NEC-15)
k_v =	0.09	(Puede ser 0 o 2/3 K_h)
ϕ =	7.85°	(Ángulo de fricción interna)
α =	0.00°	(Ángulo de inclinación del terreno)
β =	90.00°	(Ángulo de inclinación del parámetro interior del muro o estribo)
δ =	5.23°	
θ =	8.44°	
K_{ae} =	0.95	
P_{ae} =	60.03 t	(fuerza dinámica)
K_a =	0.76	
P_a =	53.00 t	(fuerza activa estática)
ΔP_{ae} =	7.03 t	(Incremento fuerza activa por sismo)
Esfuerzo activo =	11.10 t/m²	

K_0 = 0.86 (para suelo normalmente consolidado)

K_0 = 0.81 (para arcillas normalmente consolidado)

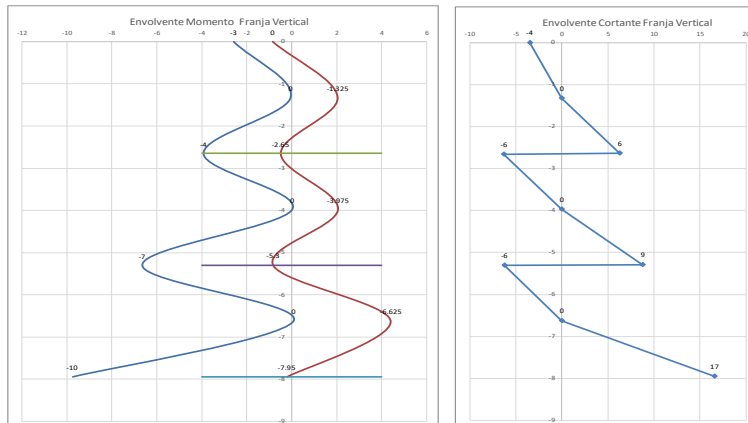
Empuje sismo =	1.47 t/m²
Empuje reposo =	14.02 t/m²
Empuje N-freático =	6.55 t/m²
Empuje sobrecarga =	0.70 t/m²
Empuje agua-interna =	0.00 t/m²



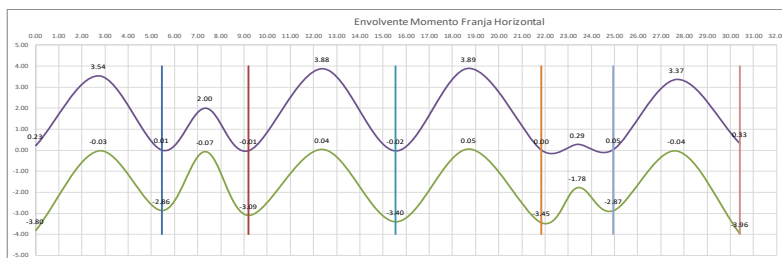
DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN

DATOS

ENVOLVENTE FRANJA VERTICAL



ENVOLVENTE FRANJA HORIZONTAL



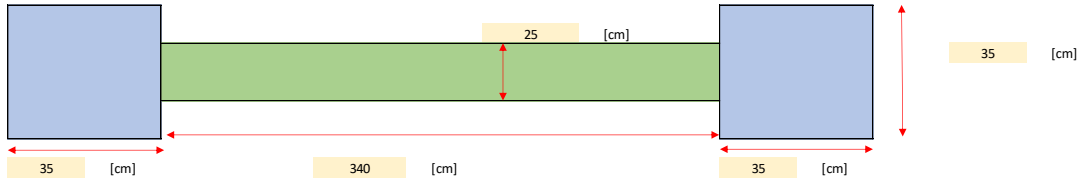
DISEÑO FRANJA VERTICAL

	<p>Mu</p> <p>0 4 7 10</p> <p> 1.33 2.65 4 5.3 6.63 7.95</p>		<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><th colspan="2">Datos</th></tr> <tr><td>f_c</td><td>250 kg/cm²</td></tr> <tr><td>f_y</td><td>5000 kg/cm²</td></tr> <tr><td>b_1</td><td>35 cm</td></tr> <tr><td>b_2</td><td>40 cm</td></tr> <tr><td>b_3</td><td>45 cm</td></tr> <tr><td>h_1</td><td>2.65 m</td></tr> <tr><td>h_2</td><td>2.65 m</td></tr> <tr><td>h_3</td><td>2.65 m</td></tr> <tr><td>H</td><td>7.95 m</td></tr> <tr><td>T</td><td>5 cm</td></tr> <tr><td>d_1</td><td>30 cm</td></tr> <tr><td>d_2</td><td>35 cm</td></tr> <tr><td>d_3</td><td>40 cm</td></tr> </table>	Datos		f_c	250 kg/cm ²	f_y	5000 kg/cm ²	b_1	35 cm	b_2	40 cm	b_3	45 cm	h_1	2.65 m	h_2	2.65 m	h_3	2.65 m	H	7.95 m	T	5 cm	d_1	30 cm	d_2	35 cm	d_3	40 cm																																							
Datos																																																																						
f_c	250 kg/cm ²																																																																					
f_y	5000 kg/cm ²																																																																					
b_1	35 cm																																																																					
b_2	40 cm																																																																					
b_3	45 cm																																																																					
h_1	2.65 m																																																																					
h_2	2.65 m																																																																					
h_3	2.65 m																																																																					
H	7.95 m																																																																					
T	5 cm																																																																					
d_1	30 cm																																																																					
d_2	35 cm																																																																					
d_3	40 cm																																																																					
<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><th colspan="2">REVISIONES</th></tr> <tr><td>A</td><td>As->Asmin</td></tr> </table>	REVISIONES		A	As->Asmin	<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><td>As mín temp. 1</td><td>4.20</td><td>cm²</td><td>As mín flex. 1</td><td>8.40</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>As mín temp. 2</td><td>4.80</td><td>cm²</td><td>As mín flex. 2</td><td>9.60</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>As mín temp. 3</td><td>5.40</td><td>cm²</td><td>As mín flex. 3</td><td>11.20</td><td>cm²</td></tr> </table>	As mín temp. 1	4.20	cm ²	As mín flex. 1	8.40	cm ²	As mín temp. 2	4.80	cm ²	As mín flex. 2	9.60	cm ²	As mín temp. 3	5.40	cm ²	As mín flex. 3	11.20	cm ²																																															
REVISIONES																																																																						
A	As->Asmin																																																																					
As mín temp. 1	4.20	cm ²	As mín flex. 1	8.40	cm ²																																																																	
As mín temp. 2	4.80	cm ²	As mín flex. 2	9.60	cm ²																																																																	
As mín temp. 3	5.40	cm ²	As mín flex. 3	11.20	cm ²																																																																	
<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><td>As req. [cm²]</td><td>2.01</td><td>0.00</td><td>2.30</td><td>0.00</td><td>3.53</td><td>0.00</td><td>5.07</td></tr> <tr><td></td><td>0.00</td><td>0.89</td><td></td><td>1.78</td><td>2.30</td><td>2.67</td><td>3.34</td></tr> <tr><td>4/3" As req. [cm²]</td><td>2.69</td><td>1.19</td><td>3.07</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>6.76</td></tr> <tr><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>2.37</td><td>3.07</td><td>3.56</td><td>4.46</td><td>5.36</td></tr> <tr><td>As final req. [cm²]</td><td>4.20</td><td>4.20</td><td>4.80</td><td>4.80</td><td>5.40</td><td>5.40</td><td>6.76</td></tr> <tr><td></td><td>4.20</td><td>4.20</td><td>4.80</td><td>4.80</td><td>5.40</td><td>5.40</td><td>5.40</td></tr> </table>	As req. [cm ²]	2.01	0.00	2.30	0.00	3.53	0.00	5.07		0.00	0.89		1.78	2.30	2.67	3.34	4/3" As req. [cm ²]	2.69	1.19	3.07	0.00	0.00	0.00	6.76		0.00	0.00	2.37	3.07	3.56	4.46	5.36	As final req. [cm ²]	4.20	4.20	4.80	4.80	5.40	5.40	6.76		4.20	4.20	4.80	4.80	5.40	5.40	5.40	<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><td>As colocado [cm²]</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-126</td><td>R-126</td><td>R-126 + 1 Ø10@30cm</td><td>R-126</td><td>R-126</td></tr> </table>	As colocado [cm ²]	R-424	R-424	R-126	R-126	R-126 + 1 Ø10@30cm	R-126	R-126	<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><td>Vu</td><td>6</td><td>9</td><td>17</td></tr> <tr><td>ØVc</td><td>20.0</td><td>23.3</td><td>26.6</td></tr> <tr><td>Revisión</td><td>OKI</td><td>OKI</td><td>OKI</td></tr> </table>	Vu	6	9	17	ØVc	20.0	23.3	26.6	Revisión	OKI	OKI	OKI
As req. [cm ²]	2.01	0.00	2.30	0.00	3.53	0.00	5.07																																																															
	0.00	0.89		1.78	2.30	2.67	3.34																																																															
4/3" As req. [cm ²]	2.69	1.19	3.07	0.00	0.00	0.00	6.76																																																															
	0.00	0.00	2.37	3.07	3.56	4.46	5.36																																																															
As final req. [cm ²]	4.20	4.20	4.80	4.80	5.40	5.40	6.76																																																															
	4.20	4.20	4.80	4.80	5.40	5.40	5.40																																																															
As colocado [cm ²]	R-424	R-424	R-126	R-126	R-126 + 1 Ø10@30cm	R-126	R-126																																																															
Vu	6	9	17																																																																			
ØVc	20.0	23.3	26.6																																																																			
Revisión	OKI	OKI	OKI																																																																			

DISEÑO FRANJA HORIZONTAL

	<p>Mu</p> <p>0.23 0.01 2 0.01 3.68 0.02 3.68 0.01 0.3 0.05 3.37 0.93</p> <p> 3.89 0.03 2.85 0.1 3.1 0.04 3.4 0.05 3.45 1.78 2.87 0.04 3.06</p>		<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><th colspan="2">REVISIONES</th></tr> <tr><td>A</td><td>As->Asmin</td></tr> </table> <table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><td>As mín temp. 1</td><td>3.00</td><td>cm²</td><td>As mín flex. 1</td><td>9.80</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>As mín temp. 2</td><td>3.50</td><td>cm²</td><td>As mín flex. 2</td><td>11.50</td><td>cm²</td></tr> <tr><td>As mín temp. 3</td><td>4.00</td><td>cm²</td><td>As mín flex. 3</td><td>12.60</td><td>cm²</td></tr> </table>	REVISIONES		A	As->Asmin	As mín temp. 1	3.00	cm ²	As mín flex. 1	9.80	cm ²	As mín temp. 2	3.50	cm ²	As mín flex. 2	11.50	cm ²	As mín temp. 3	4.00	cm ²	As mín flex. 3	12.60	cm ²																																																																											
REVISIONES																																																																																																				
A	As->Asmin																																																																																																			
As mín temp. 1	3.00	cm ²	As mín flex. 1	9.80	cm ²																																																																																															
As mín temp. 2	3.50	cm ²	As mín flex. 2	11.50	cm ²																																																																																															
As mín temp. 3	4.00	cm ²	As mín flex. 3	12.60	cm ²																																																																																															
<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><td>As req. [cm²]</td><td>0.15</td><td>2.38</td><td>0.01</td><td>0.06</td><td>0.01</td><td>2.12</td><td>0.01</td><td>2.116299</td><td>0.01</td><td>0.17</td><td>0.03</td><td>1.94</td><td>0.53</td></tr> <tr><td></td><td>2.62</td><td>0.02</td><td>1.91</td><td>0.07</td><td>1.78</td><td>0.02</td><td>1.95</td><td>0.03</td><td>1.98</td><td>1.02</td><td>1.55</td><td>0.02</td><td>1.76</td></tr> <tr><td>4/3" As req. [cm²]</td><td>0.20</td><td>0.03</td><td>0.01</td><td>0.08</td><td>0.01</td><td>2.82</td><td>0.02</td><td>3.68</td><td>0.01</td><td>0.3</td><td>0.04</td><td>3.37</td><td>0.71</td></tr> <tr><td></td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>2.55</td><td>0.09</td><td>2.37</td><td>0.03</td><td>2.61</td><td>0.04</td><td>2.64</td><td>1.78</td><td>2.20</td><td>0.03</td><td>2.34</td></tr> <tr><td>As final req. [cm²]</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td></tr> <tr><td></td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td><td>4.00</td></tr> </table>	As req. [cm ²]	0.15	2.38	0.01	0.06	0.01	2.12	0.01	2.116299	0.01	0.17	0.03	1.94	0.53		2.62	0.02	1.91	0.07	1.78	0.02	1.95	0.03	1.98	1.02	1.55	0.02	1.76	4/3" As req. [cm ²]	0.20	0.03	0.01	0.08	0.01	2.82	0.02	3.68	0.01	0.3	0.04	3.37	0.71		0.00	0.00	2.55	0.09	2.37	0.03	2.61	0.04	2.64	1.78	2.20	0.03	2.34	As final req. [cm ²]	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00		4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	<table border="1" style="font-size: x-small;"> <tr><td>As colocado [cm²]</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td><td>R-424</td></tr> </table>	As colocado [cm ²]	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	<p>Nota: Con la misma malla base que se colocó con el diseño de la franja vertical se cumple con el acero requerido por temperatura</p>
As req. [cm ²]	0.15	2.38	0.01	0.06	0.01	2.12	0.01	2.116299	0.01	0.17	0.03	1.94	0.53																																																																																							
	2.62	0.02	1.91	0.07	1.78	0.02	1.95	0.03	1.98	1.02	1.55	0.02	1.76																																																																																							
4/3" As req. [cm ²]	0.20	0.03	0.01	0.08	0.01	2.82	0.02	3.68	0.01	0.3	0.04	3.37	0.71																																																																																							
	0.00	0.00	2.55	0.09	2.37	0.03	2.61	0.04	2.64	1.78	2.20	0.03	2.34																																																																																							
As final req. [cm ²]	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00																																																																																							
	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00																																																																																							
As colocado [cm ²]	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424	R-424																																																																																							

HOJA DE CÁLCULO DISEÑO MURO ESTRUCTURAL
MURO 1 INFERIOR EJE B y F - L=3.75 m



DATOS

GEOMETRIA		MATERIALES		ACCIONES			
b	35 [cm]	f'c	280 [kg/cm ²]	TIPO	MOMENTO	AXIAL	CORTE
h	35 [cm]	f _y	4200 [kg/cm ²]	D	10.92	113.20	4.76
Lalma	340 [cm]	Es	2.10E+06 [kg/cm ²]	L	2.65	19.40	1.01
rec	4 [cm]			E	262.37	167.00	86.13
d	392.5 [cm]						
bw	25 [cm]						
area	1.095 [m ²]						
INERCIA	1.6826625 m ⁴						
CENTROIDE	2.05 m						
Pisos	7	Hwcs	18.55				
Altura/piso	2.65 [m]						
Lw	4.1 [m]						

COMBINACIONES DE CARGA				ESFUERZOS [T/m ²]		
COMB	Mu [T*m]	Pu [T]	Vu [T]	σmax	σmin	
C1	15.28	158.48	6.66	163.35	126.11	
C2	17.34	166.88	7.32	173.53	131.28	
C3	278.12	322.24	92.84	633.12	-44.55	
C4	-246.62	-11.76	-79.41	-311.20	289.72	
C5	273.29	280.20	90.40	588.84	-77.06	
C6	-252.55	-65.12	-81.85	-367.15	248.21	
				σmax	633.12	289.72
				σmin	-367.15	-77.06

σmax	633.12
σmin	-367.15

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} \pm \frac{M \cdot y}{I}$$

$$\sigma_{max} \geq 0.20 \cdot f'c$$

REQUERIMIENTO DE CABEZAL

σmax	63.31
0.20*f'c	56
REQUIERE CABEZAL!	

ACEROS MINIMOS EN ALMA Y CABEZAL

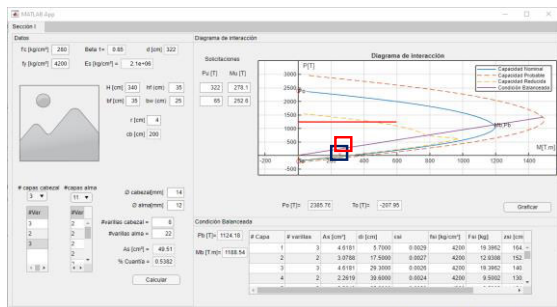
ACERO MINIMO EN EL ALMA	
As/m	6.25 [cm ²]
As/m/cara	3.125 [cm ²] en 2 capas
s	30 [cm] CRITERIO
As/s	0.94 [cm ²] Acero de una varilla
Øvarilla	12 [mm] CRITERIO
Øvarilla	1Ø12mm@30cm por cara
As de propuesta	1.13 [cm ²]

ACERO MINIMO EN EL CABEZAL			
Asmin (cuantia 1%)	12.25 [cm ²]	Asmin	12.25 [cm ²]
Asmin(FLEXION)	- [cm ²]		
Asmin(FLEXION-COMP)	11.95 [cm ²]		
PROPUESTA ACERO		8Ø14mm - Cabezal	
As de propuesta	12.32 [cm ²]		
Longitud de aplicacion desde los extremos	0.61 [m]		

Pu	Mu
322.24	278.12
65.12	252.55

ESTAN DENTRO DE LA CAPACIDAD NOMINAL?
ESTAN POR DEBAJO DE LA CONDICION BALANCEADA?

Sí caso contrario
Sí rediseño



Compresión máxima
Compresión mínima

Rebación D/C 0.4

$\phi Pn \geq Pu$

$\phi Mn \geq Mu$

$Pb \geq Pu$

Pu [t]	322.24	Pu [t]	65.12
ϕPn [t]	322.24	ϕPn [t]	65.12
ϕMn [t.m]	625	ϕMn [t.m]	425
Mpr [t.m]	718.75	Mpr [t.m]	488.75

COMB	Mu [T*m]	Pu [T]	Vu [T]
C3	278.12	322.24	92.84
C6	252.55	65.12	81.85

DISEÑO POR CORTE

COMBI	Vu	Mu	Mpr(solicitación)	hwcs/lw	Ω_v			Ω_v w_v	Ω_v w_v	Ω_v w_v	Ω_v w_v	VE	3*Vu	Ve<3*Vu
					Ω_v	n_s	w_v							
C2	92.84	278.12	718.75	4.52	2.58	5.19	1.42	3.0	OK	278.5	248.8	248.5	OK	
C5	81.85	252.55	488.75	4.52	1.94	5.19	1.42	2.7	OK	224.8	248.8	245.5	OK	

FACTOR DE REDUCCION DE RESISTENCIA

COMBI	Vu	Mu	Mn(solicitación)	hwcs/lw	Ω_v			Ω_v w_v	Ω_v w_v	Ω_v w_v	VE	φ
					Ω_v	n_s	w_v					
C2	92.84	278.12	718.75	4.52	2.584304972	5.19	1.42	3.0	OK	278.5	0.75	
C5	81.85	252.55	488.75	4.52	1.935278736	5.19	1.42	2.7	OK	224.8		

Vn	435.12
φVn	326.34

$\Omega_v \geq 1.5$ $Vu_{dis} = VE = \Omega_v * W_v + Vu \leq 3 * Vu$

REVISION CORTANTE NOMINAL(φVn) CON CORTANTE ULTIMO(Vepr)

φVn	326.34	[T]
Vepr	278.5	[T]

$\phi Vn = \phi * 5 * 0.53 * \sqrt{f'c} * bw * d$

$Vn = 5 * 0.53 * \sqrt{f'c} * bw * d$

ACERO POR CORTANTE

Vu(Vepr)	278.52	[Ton]
ac	0.53	
pt	0.00690	
s	15	[cm]

As / s	0.17	
Av	2.59	[cm2]

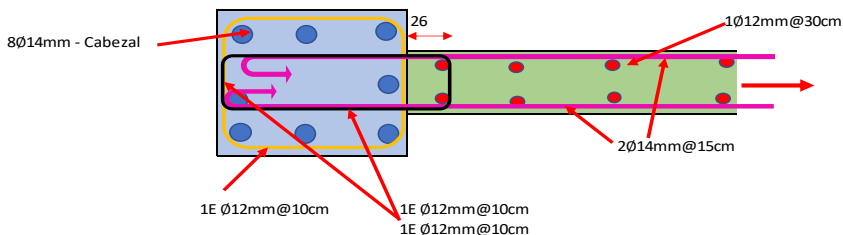
PROPUESTA DE ACERO

Øvarilla	14	[mm]	CRITERIO
Øvarilla	2Ø14mm@15cm		Alternando anclaje de gancho externo-interno
As propuesta	3.08	[cm2]	

ACERO TRANSVERSAL CABEZALES

Columnas			PROPUESTA DE ACERO			Aplica unicamente, para el cabezal del extremo no compartido. El cabezal del extremo compartido prevalece el armado más grande.	
s	10	[cm]	Øvarilla	12	[mm]		As colocado [cm2]
Ash2	1.62	[cm2]	Øvarilla	1E Ø12mm@10cm			2.26
Alma							
s	10	[cm]					
Ramas cortas							
hx	9	[cm]	Øvarilla	12	[mm]	As colocado [cm2]	
h"	18	[cm]	Øvarilla	1E Ø12mm@10cm		1.13	
Ash2	1.08	[cm2]					
Ramas largas							
h"	17	[cm]	Øvarilla	12	[mm]	As colocado [cm2]	
Ash2	1.02	[cm2]	Øvarilla	1E Ø12mm@10cm		2.26	

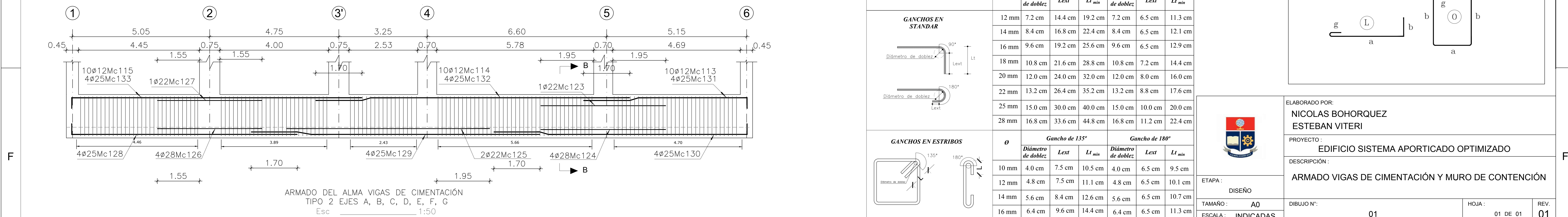
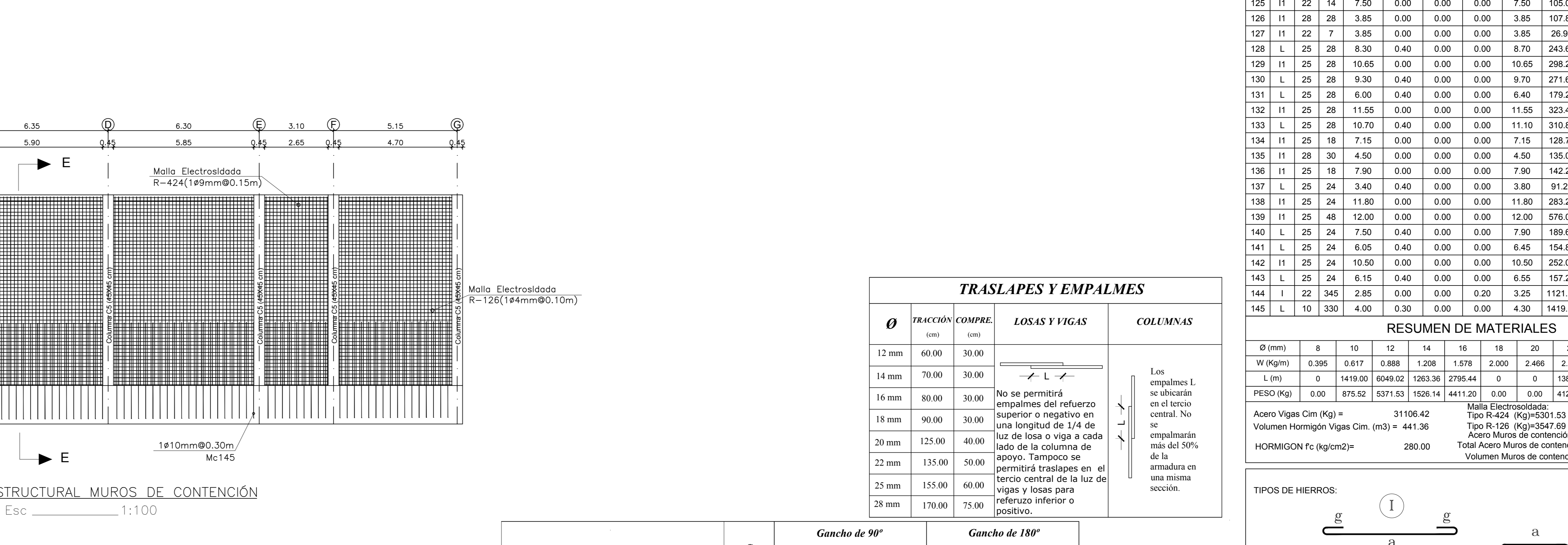
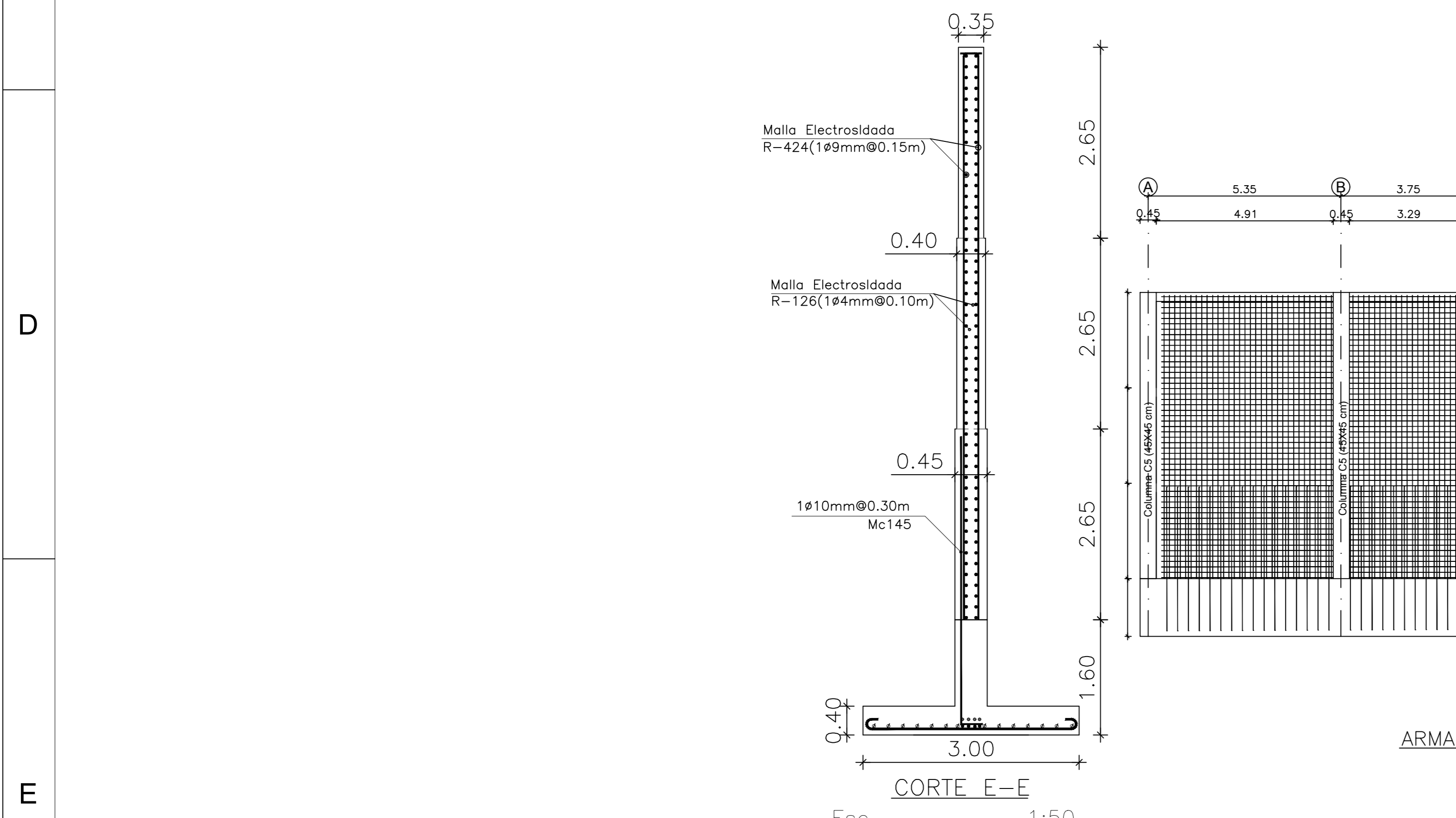
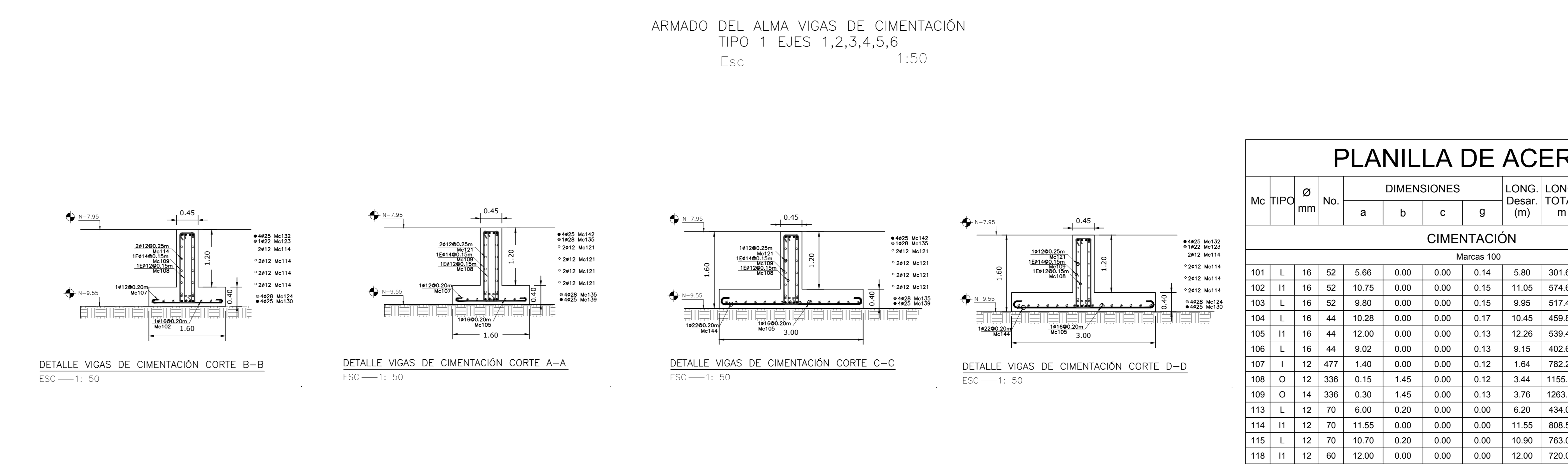
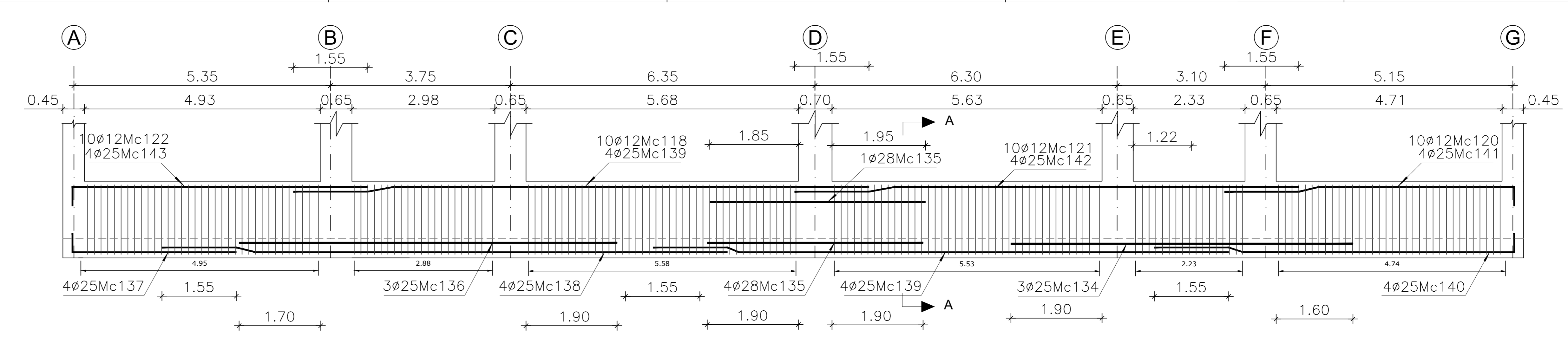
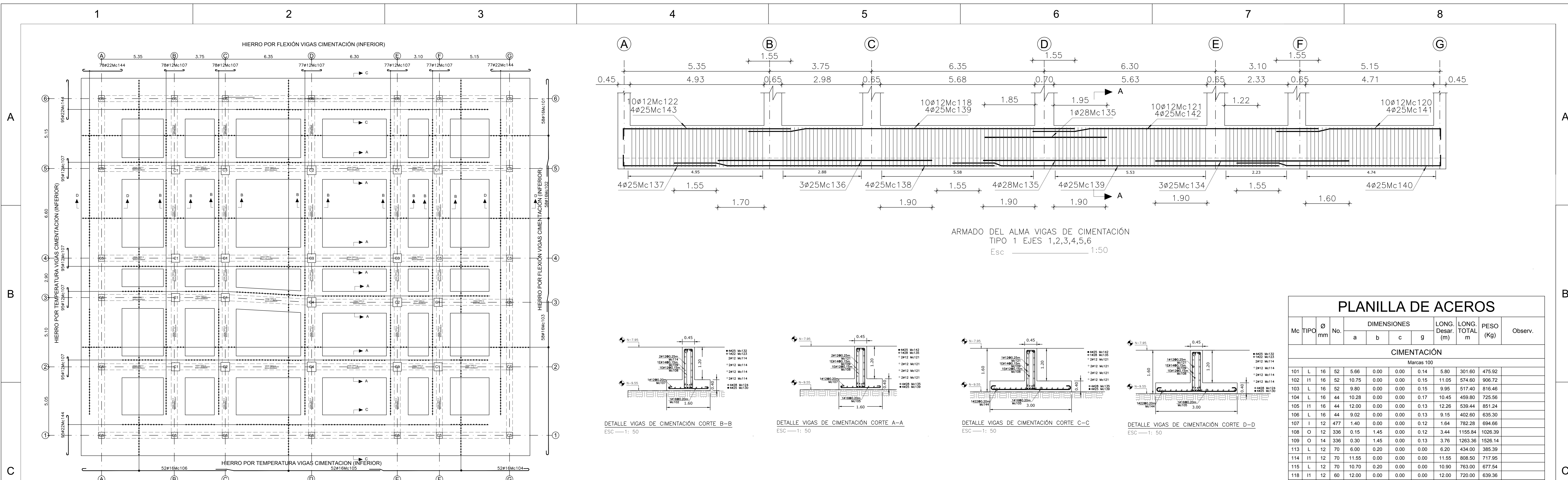
ESQUEMA



ANEXO 4

Planos Estructurales

SISTEMA APORTICADO OPTIMIZADO



PLANILLA DE ACEROS

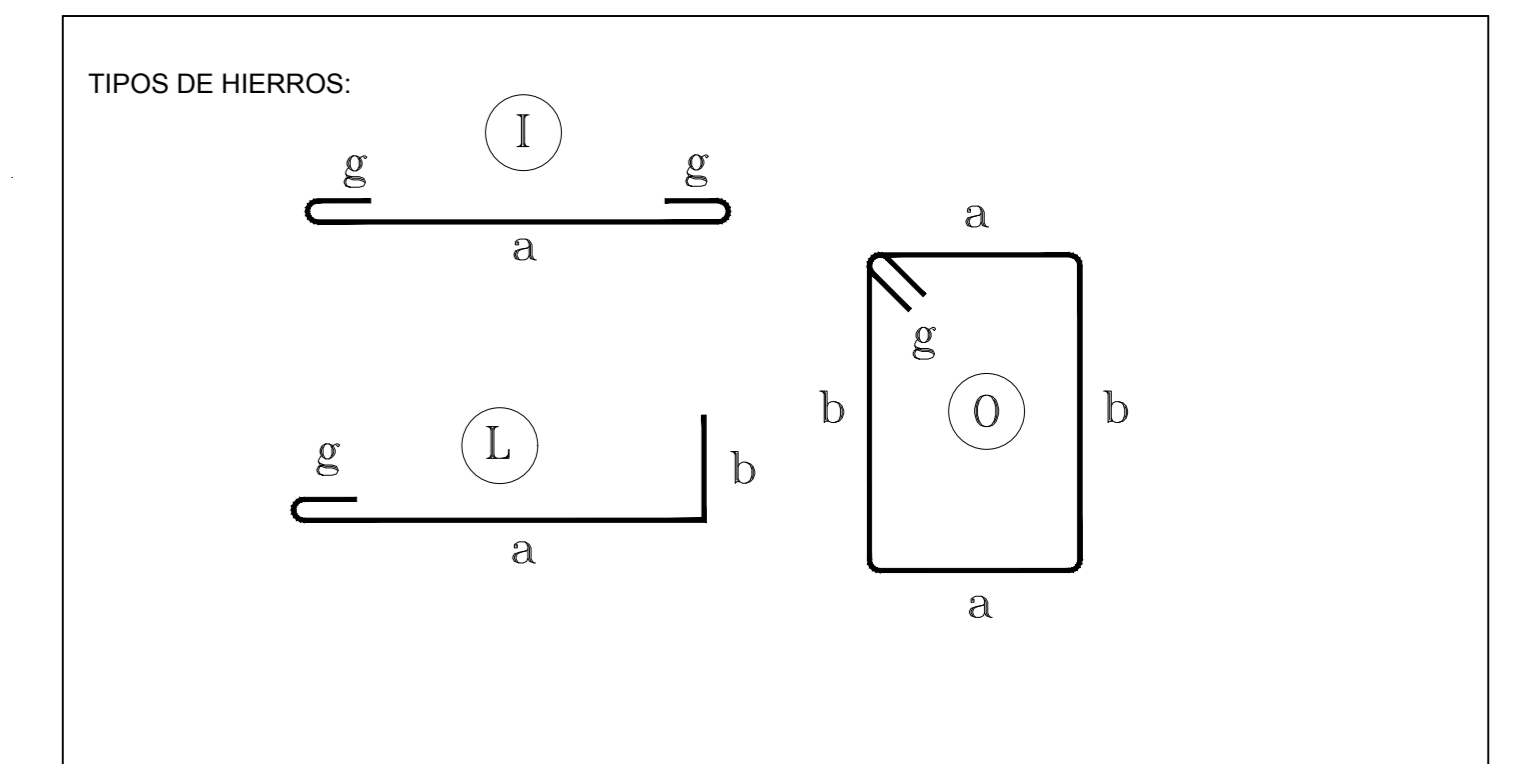
Mc	TIPO	Ø mm	No.	DIMENSIONES				LONG. Desar (m)	LONG. TOTAL m	PESO (Kg)	Observ.
				a	b	c	g				
CIMENTACIÓN											
101	L	16	52	5.66	0.00	0.00	0.14	5.80	301.60	475.92	
102	I	16	52	10.75	0.00	0.00	0.15	11.05	574.60	906.72	
103	L	16	52	9.80	0.00	0.00	0.15	9.95	517.40	816.46	
104	L	16	44	10.28	0.00	0.00	0.17	10.45	459.80	725.56	
105	I	16	44	12.00	0.00	0.00	0.13	12.26	539.44	851.24	
106	L	16	44	9.02	0.00	0.00	0.13	9.15	402.60	635.30	
107	I	12	477	1.40	0.00	0.00	0.12	1.64	782.28	694.66	
108	O	12	336	0.15	1.45	0.00	0.12	3.44	1155.84	1028.39	
109	O	14	336	0.30	1.45	0.00	0.13	3.76	1263.36	1526.14	
113	L	12	70	6.00	0.20	0.00	0.00	6.20	434.00	385.39	
114	I	12	70	11.55	0.00	0.00	0.00	11.55	808.50	717.95	
115	L	12	70	10.70	0.20	0.00	0.00	10.90	763.00	677.54	
118	I	12	60	12.00	0.00	0.00	0.00	12.00	720.00	639.36	
120	L	12	60	6.04	0.20	0.00	0.00	6.24	374.40	332.47	
121	I	12	60	10.50	0.00	0.00	0.00	10.50	630.00	559.44	
122	L	12	60	6.15	0.20	0.00	0.00	6.35	381.00	338.33	
123	I	22	28	4.60	0.00	0.00	0.00	4.60	128.80	384.34	
124	I	28	28	4.60	0.00	0.00	0.00	4.60	128.80	622.62	
125	I	22	14	7.50	0.00	0.00	0.00	7.50	105.00	313.32	
126	I	28	28	3.85	0.00	0.00	0.00	3.85	107.80	521.11	
127	I	22	7	3.85	0.00	0.00	0.00	3.85	26.95	80.42	
128	L	25	28	8.30	0.40	0.00	0.00	8.70	243.60	938.59	
129	I	25	28	10.65	0.00	0.00	0.00	10.65	298.20	1148.96	
130	L	25	28	9.30	0.40	0.00	0.00	9.70	271.60	1046.47	
131	L	25	28	6.00	0.40	0.00	0.00	6.40	179.20	690.46	
132	I	25	28	11.55	0.00	0.00	0.00	11.55	323.40	1246.06	
133	L	25	28	10.70	0.40	0.00	0.00	11.10	310.80	1197.51	
134	I	25	18	7.15	0.00	0.00	0.00	7.15	128.70	495.88	
135	I	28	30	4.50	0.00	0.00	0.00	4.50	135.00	652.59	
136	I	25	18	7.90	0.00	0.00	0.00	7.90	142.20	547.90	
137	L	25	24	3.40	0.40	0.00	0.00	3.80	91.20	351.39	
138	I	25	24	11.80	0.00	0.00	0.00	11.80	283.20	1091.17	
139	I	25	48	12.00	0.00	0.00	0.00	12.00	576.00	2219.33	
140	L	25	24	7.50	0.40	0.00	0.00	7.90	189.60	730.53	
141	L	25	24	6.05	0.40	0.00	0.00	6.45	154.80	596.44	
142	I	25	24	10.50	0.00	0.00	0.00	10.50	252.00	970.96	
143	L	25	24	6.15	0.40	0.00	0.00	6.55	157.20	605.69	
144	I	22	345	2.85	0.00	0.00	0.20	3.25	1121.25	3345.61	
145	L	10	330	4.00	0.30	0.00	0.00	4.30	1419.00	875.52	

TRASLAPES Y EMPALMES

Ø	TRACCIÓN (cm)	COMPRESIÓN (cm)	LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS
12 mm	60.00	30.00	<p>No se permitirá empalmes del refuerzo superior o negativo en una longitud de 1/4 de luz de losa o viga a cada lado de la columna de apoyo. Tampoco se permitirá traslapes en el tercio central de la luz de vigas y losas para refuerzo inferior o positivo.</p>	<p>Los empalmes L se ubicarán en el tercio central. No se empalmarán más del 50% de la armadura en una misma sección.</p>
14 mm	70.00	30.00		
16 mm	80.00	30.00		
18 mm	90.00	30.00		
20 mm	125.00	40.00		
22 mm	135.00	50.00		
25 mm	155.00	60.00		
28 mm	170.00	75.00		

RESUMEN DE MATERIALES

Ø (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
W (Kg/m)	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	2.000	2.466	2.984	3.853	4.834	6.310
L (m)	0	1419.00	6049.02	1263.36	2795.44	0	0	1382.00	3601.70	371.60	0
PESO (Kg)	0.00	875.52	5371.53	1526.14	4411.20	0.00	0.00	4123.89	13877.35	1796.31	0.00
Acero Vigas Cim (Kg) =	31106.42										
Acero Vigas de contención (Kg) =	875.52										
Volumen Hormigón Vigas Cim. (m³) =	441.36										
Total Acero Vigas de contención (Kg) =	9724.74										
HORMIGÓN Fc (kg/cm²) =	280.00										
Volumen Muros de contención (m³) =	317.11										



TIPO DE GANCHO	Ø	Gancho de 90°			Gancho de 180°		
		Diámetro de dobléz	Lext	Li min	Diámetro de dobléz	Lext	Li min
GANCHOS EN STANDAR	12 mm	7.2 cm	14.4 cm	19.2 cm	7.2 cm	6.5 cm	11.3 cm
	14 mm	8.4 cm	16.8 cm	22.4 cm	8.4 cm	6.5 cm	12.1 cm
	16 mm	9.6 cm	19.2 cm	25.6 cm	9.6 cm	6.5 cm	12.9 cm
	18 mm	10.8 cm	21.6 cm	28.8 cm	10.8 cm	7.2 cm	14.4 cm
	20 mm	12.0 cm	24.0 cm	32.0 cm	12.0 cm	8.0 cm	16.0 cm
	22 mm	13.2 cm	26.4 cm	35.2 cm	13.2 cm	8.8 cm	17.6 cm
GANCHOS EN ESTRIBOS	10 mm	4.0 cm	7.5 cm	10.5 cm	4.0 cm	6.5 cm	9.5 cm
	12 mm	4.8 cm	7.5 cm	11.1 cm	4.8 cm	6.5 cm	10.1 cm
	14 mm	5.6 cm	8.4 cm	12.6 cm	5.6 cm	6.5 cm	10.7 cm
	16 mm	6.4 cm	9.6 cm	14.4 cm	6.4 cm	6.5 cm	11.3 cm

ELABORADO POR:
NICOLAS BOHORQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA APORTICADO OPTIMIZADO

DESCRIPCIÓN:
ARMADO VIGAS DE CIMENTACIÓN Y MURO DE CONTENCIÓN

ETAPA: **DISEÑO**

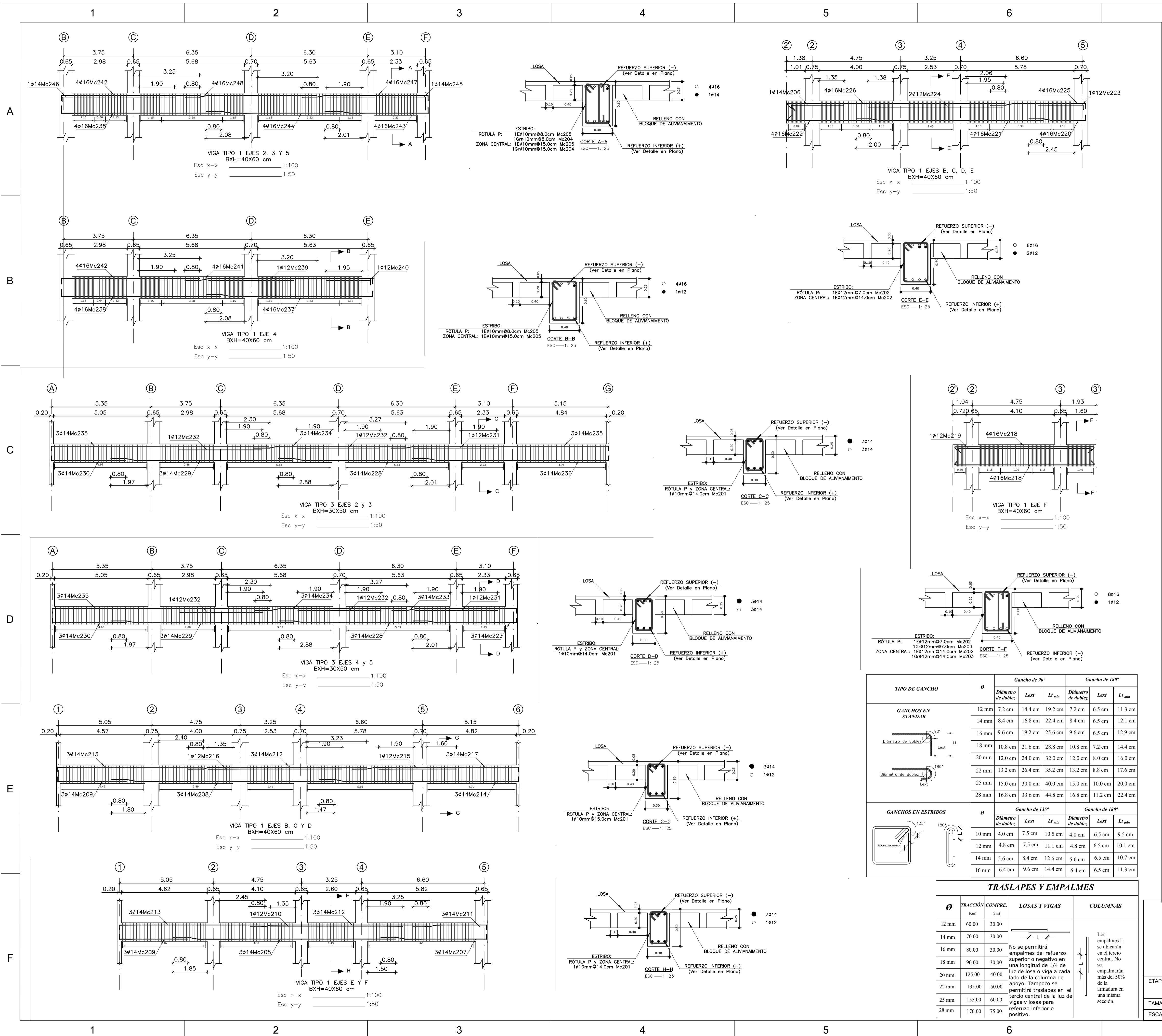
TAMAÑO: **A0**

ESCALA: **INDICADAS**

DIBUJO N°: **01**

HOJA: **01 DE 01**

REV: **01**



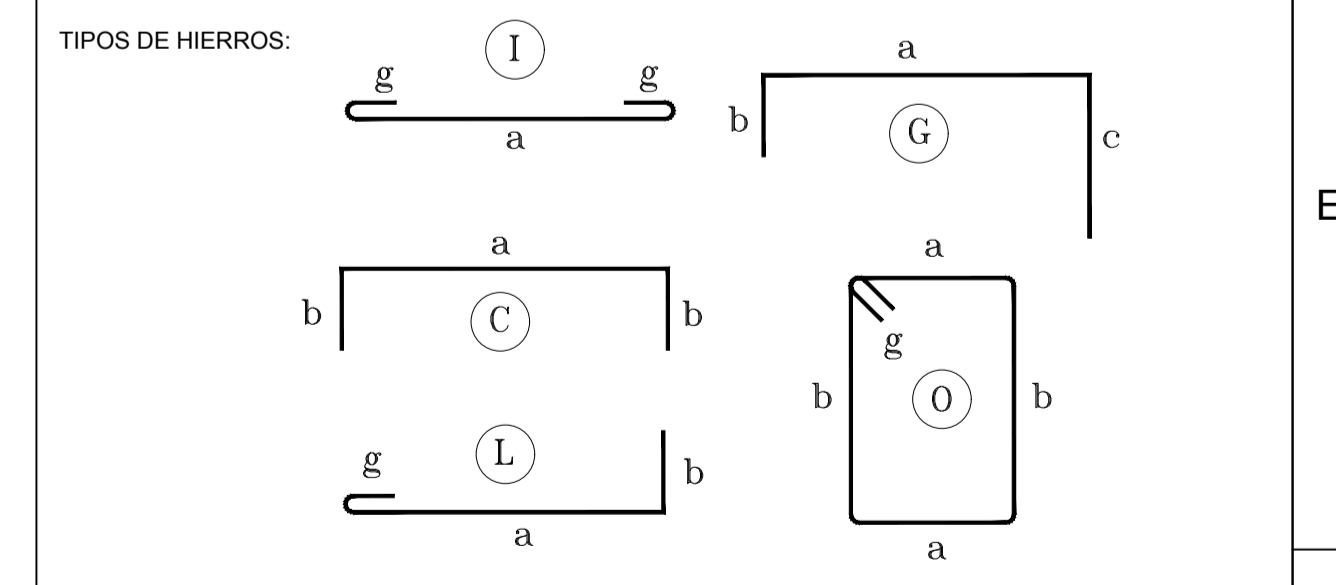
PLANILLA DE ACEROS

Mc	TIPO	Ø mm	No.	DIMENSIONES				LONG. Desar. (m)	LONG. TOTAL m	PESO (Kg)	Observ.
				a	b	c	g				
VIGAS DESCOLGADAS											
Marcas 200											
201	O	10	4092	0.42	0.22	0.00	0.11	1.50	6138.00	3787.15	
202	O	12	4788	0.52	0.32	0.00	0.16	2.00	9576.00	8503.49	
203	I	12	532	0.52	0.00	0.00	0.14	0.80	425.60	377.93	
204	I	10	3423	0.52	0.00	0.00	0.14	0.80	2738.40	1689.59	
205	O	10	4466	0.32	0.52	0.00	0.11	1.90	8485.40	5235.49	
206	L	14	28	3.00	0.25	0.00	0.00	3.25	91.00	109.93	
207	L	14	18	5.70	0.25	0.00	0.00	5.95	107.10	129.38	
208	I	14	45	12.00	0.00	0.00	0.00	12.00	540.00	652.32	
209	L	14	45	3.70	0.25	0.00	0.00	3.95	177.75	214.72	
210	I	12	6	7.15	0.00	0.00	0.00	7.15	42.90	38.10	
211	L	14	18	3.95	0.25	0.00	0.00	4.20	75.60	91.32	
212	I	14	45	9.60	0.00	0.00	0.00	9.60	432.00	521.86	
213	L	14	45	7.85	0.25	0.00	0.00	8.10	364.50	440.32	
214	L	14	27	10.75	0.25	0.00	0.00	11.00	297.00	358.78	
215	I	12	9	4.20	0.00	0.00	0.00	4.20	37.80	33.57	
216	I	12	9	7.25	0.00	0.00	0.00	7.25	65.25	57.94	
217	L	14	27	9.00	0.25	0.00	0.00	9.25	249.75	301.70	
218	I	16	56	7.40	0.00	0.00	0.30	8.00	448.00	706.94	
219	I	12	7	7.40	0.00	0.00	0.20	7.80	54.60	48.48	
220	L	16	112	3.00	0.30	0.00	0.00	3.30	369.60	583.23	
221	I	16	112	10.10	0.00	0.00	0.00	10.10	1131.20	1785.03	
222	L	16	112	4.45	0.30	0.00	0.00	4.75	532.00	839.50	
223	L	12	28	2.60	0.20	0.00	0.00	2.80	78.40	69.62	
224	I	12	56	7.30	0.00	0.00	0.00	7.30	408.80	363.01	
225	L	16	112	5.15	0.30	0.00	0.00	5.45	610.40	963.21	
226	L	16	112	11.70	0.30	0.00	0.00	12.00	1344.00	2120.83	
227	L	14	18	5.60	0.25	0.00	0.00	5.85	105.30	127.20	
228	I	14	36	8.00	0.00	0.00	0.00	8.00	288.00	347.90	
229	I	14	36	9.85	0.00	0.00	0.00	9.85	354.60	428.36	
230	L	14	36	4.00	0.25	0.00	0.00	4.25	153.00	184.82	
231	I	12	12	4.45	0.00	0.00	0.00	4.45	53.40	47.42	
232	I	12	24	4.50	0.00	0.00	0.00	4.50	108.00	95.90	
233	L	14	18	6.75	0.25	0.00	0.00	7.00	126.00	152.21	
234	I	14	36	8.15	0.00	0.00	0.00	8.15	293.40	354.43	
235	L	14	54	11.75	0.25	0.00	0.00	12.00	648.00	782.78	
236	L	14	18	10.60	0.25	0.00	0.00	10.85	195.30	235.92	
237	L	16	28	9.00	0.30	0.00	0.00	9.30	260.40	410.91	
238	L	16	112	8.60	0.30	0.00	0.00	8.90	996.80	1572.95	
239	I	12	7	4.60	0.00	0.00	0.00	4.60	32.20	28.59	
240	L	12	7	2.55	0.20	0.00	0.00	2.75	19.25	17.09	
241	L	16	28	10.15	0.30	0.00	0.00	10.45	292.60	461.72	
242	L	16	112	7.45	0.30	0.00	0.00	7.75	868.00	1369.70	
243	L	16	84	5.60	0.30	0.00	0.00	5.90	495.60	782.06	
244	I	16	84	7.20	0.00	0.00	0.00	7.20	604.80	954.37	
245	L	14	21	5.45	0.25	0.00	0.00	5.70	119.70	144.60	
246	L	14	21	6.10	0.25	0.00	0.00	6.35	133.35	161.09	
247	L	16	84	6.80	0.30	0.00	0.00	7.10	596.40	941.12	
248	I	16	84	7.15	0.00	0.00	0.00	7.15	600.60	947.75	

RESUMEN DE MATERIALES

Ø (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
W (Kg/m)	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	2.000	2.466	2.984	3.853	4.834	6.310
L (m)	0	17361.80	10902.20	4751.35	9150.40	0	0	0	0	0	0
PESO (Kg)	0.00	10712.23	9681.15	5739.63	14439.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wtot (Kg) = 40572.34
 HORMIGÓN VIGAS (m³) = 319.97
 VIGAS V1 0.4X0.6(m³) = 207.38
 VIGAS V2 0.25X0.25(m³) = 23.28
 VIGAS V3 0.3X0.5(m³) = 89.31



TIPO DE GANCHO	Ø	Gancho de 90°			Gancho de 180°		
		Diámetro de doblez	Left	Ll min	Diámetro de doblez	Left	Ll min
GANCHOS EN STANDAR	12 mm	7.2 cm	14.4 cm	19.2 cm	7.2 cm	6.5 cm	11.3 cm
	14 mm	8.4 cm	16.8 cm	22.4 cm	8.4 cm	6.5 cm	12.1 cm
	16 mm	9.6 cm	19.2 cm	25.6 cm	9.6 cm	6.5 cm	12.9 cm
	18 mm	10.8 cm	21.6 cm	28.8 cm	10.8 cm	7.2 cm	14.4 cm
	20 mm	12.0 cm	24.0 cm	32.0 cm	12.0 cm	8.0 cm	16.0 cm
	22 mm	13.2 cm	26.4 cm	35.2 cm	13.2 cm	8.8 cm	17.6 cm
GANCHOS EN ESTRIBOS	10 mm	4.0 cm	7.5 cm	10.5 cm	4.0 cm	6.5 cm	9.5 cm
	12 mm	4.8 cm	7.5 cm	11.1 cm	4.8 cm	6.5 cm	10.1 cm
	14 mm	5.6 cm	8.4 cm	12.6 cm	5.6 cm	6.5 cm	10.7 cm
	16 mm	6.4 cm	9.6 cm	14.4 cm	6.4 cm	6.5 cm	11.3 cm

TRASLAPES Y EMPALMES

Ø	TRACCIÓN (cm)	COMPRESIÓN (cm)	LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS
12 mm	60.00	30.00		Los empalmes L se ubicarán en el tercio central. No se empalmarán más del 50% de la armadura en una misma sección.
14 mm	70.00	30.00		
16 mm	80.00	30.00		
18 mm	90.00	30.00		
20 mm	125.00	40.00		
22 mm	135.00	50.00		
25 mm	155.00	60.00		Los empalmes L se ubicarán en el tercio central de la luz de vigas y losas para referuero inferior o positivo.
28 mm	170.00	75.00		



ELABORADO POR: NICOLÁS BOHÓRQUEZ
 ESTEBAN VITERI
 PROYECTO: EDIFICIO SISTEMA APORTICADO OPTIMIZADO
 DESCRIPCIÓN: DETALLE DE VIGAS EN HORMIGÓN ARMADO

ETAPA: DISEÑO
 TAMAÑO: A1
 ESCALA: INDICADAS

DIBUJO N°: 02
 HOJA: 01 DE 01
 REV: 01

A

B

C

D

E

F

PLANILLA DE ACEROS

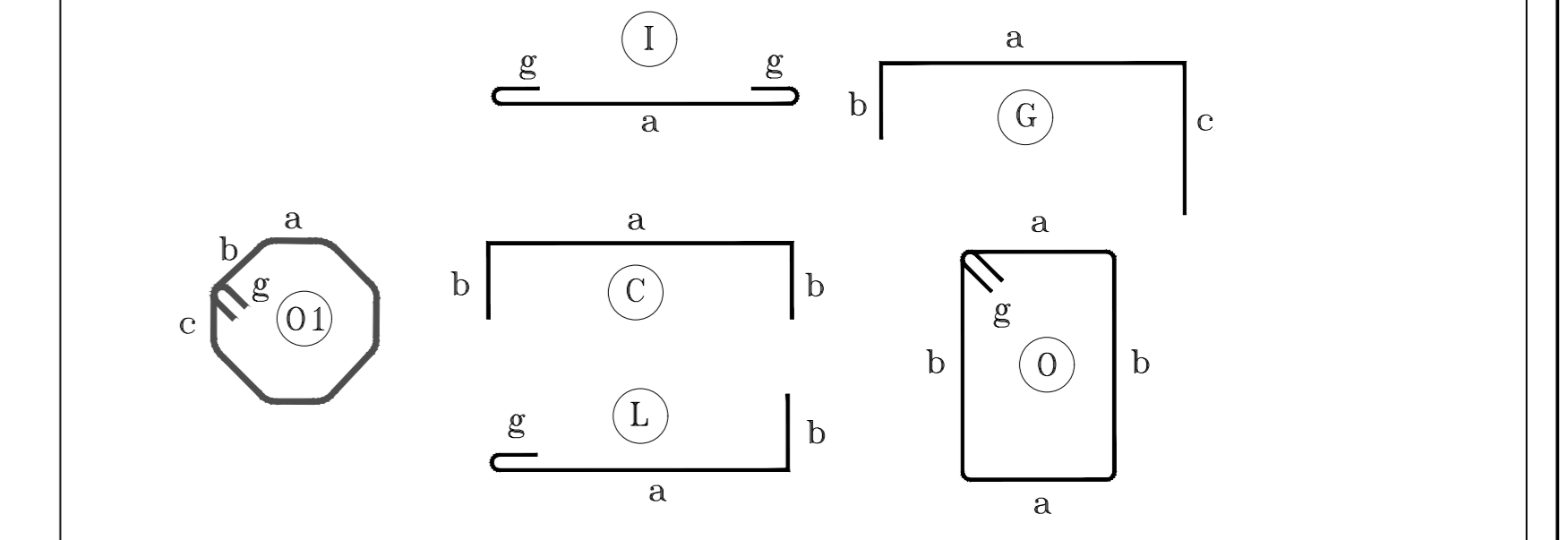
Mc	TIPO	Ø mm	No.	DIMENSIONES			LONG. Desar. (m)	LONG. TOTAL (m)	PESO (Kg)	Observ.
				a	b	c				
COLUMNAS										
Marcas 300										
301	O1	12	160	0.22	0.28	0.22	0.11	1.55	248.00	220.22
302	O	12	320	0.38	0.38	0.00	0.11	1.74	556.80	494.44
303	O1	12	240	0.22	0.24	0.22	0.11	1.47	352.80	313.29
304	O1	12	800	0.17	0.24	0.18	0.11	1.29	1032.00	916.42
305	I	10	580	0.52	0.00	0.00	0.11	0.74	429.20	264.82
306	I	10	420	0.57	0.00	0.00	0.11	0.79	331.80	204.72
307	O	10	210	0.57	0.25	0.00	0.11	1.86	390.60	241.00
308	O	10	210	0.24	0.62	0.00	0.11	1.94	407.40	251.37
309	O	10	630	0.24	0.57	0.00	0.11	1.84	1159.20	715.23
310	O	10	2100	0.22	0.42	0.00	0.11	1.50	3150.00	1943.55
311	I	10	960	0.47	0.00	0.00	0.11	0.69	662.40	408.70
312	I	10	1920	0.42	0.00	0.00	0.11	0.64	1228.80	758.17
313	O	12	740	0.52	0.57	0.00	0.11	2.40	1776.00	1577.09
314	O	10	320	0.42	0.47	0.00	0.11	2.00	640.00	394.88
315	O	10	160	0.47	0.52	0.00	0.11	2.20	352.00	217.18
316	O	12	370	0.57	0.62	0.00	0.11	2.60	962.00	854.26
317	O	10	240	0.47	0.47	0.00	0.11	2.10	504.00	310.97
318	O	12	555	0.57	0.57	0.00	0.11	2.50	1387.50	1232.10
319	O	10	800	0.42	0.42	0.00	0.11	1.90	1520.00	937.84
320	O	12	1850	0.52	0.52	0.00	0.11	2.30	4255.00	3778.44
321	L	25	40	10.10	0.00	0.00	0.40	10.50	420.00	1618.26
322	L	28	16	10.10	0.00	0.00	0.45	10.55	168.80	815.98
323	L	22	16	10.10	0.00	0.00	0.40	10.50	168.00	501.31
324	L	25	46	8.80	0.30	0.00	0.00	9.10	418.60	1612.87
325	L	22	4	8.80	0.30	0.00	0.00	9.10	36.40	108.62
326	L	28	16	8.80	0.30	0.00	0.00	9.10	145.60	703.83
327	II	25	92	6.85	0.00	0.00	0.00	6.85	630.20	2428.16
328	II	22	8	6.85	0.00	0.00	0.00	6.85	54.80	163.52
329	II	28	32	6.85	0.00	0.00	0.00	6.85	219.20	1059.61
330	II	25	46	9.65	0.00	0.00	0.00	9.65	443.90	1710.35
331	II	22	4	9.65	0.00	0.00	0.00	9.65	38.60	115.18
332	II	28	16	9.65	0.00	0.00	0.00	9.65	154.40	746.37
333	II	25	46	9.50	0.00	0.00	0.00	9.50	437.00	1683.76
334	II	22	4	9.50	0.00	0.00	0.00	9.50	38.00	113.39
335	II	28	16	9.50	0.00	0.00	0.00	9.50	152.00	734.77
336	L	25	46	6.30	0.30	0.00	0.00	6.60	303.60	1169.77
337	L	22	4	6.30	0.30	0.00	0.00	6.60	26.40	78.78
338	L	28	16	6.30	0.30	0.00	0.00	6.60	105.60	510.47
339	L	25	20	7.45	0.00	0.00	0.35	7.80	156.00	601.07
340	L	20	20	7.45	0.00	0.00	0.35	7.80	156.00	384.70
341	II	20	80	6.85	0.00	0.00	0.00	6.85	548.00	1351.37
342	II	20	40	9.65	0.00	0.00	0.00	9.65	386.00	951.88
343	L	20	40	8.80	0.30	0.00	0.00	9.10	364.00	897.62
344	L	25	20	10.10	0.00	0.00	0.35	10.45	209.00	805.28
345	L	20	20	10.10	0.00	0.00	0.35	10.45	209.00	515.39
346	II	20	40	9.50	0.00	0.00	0.00	9.50	380.00	937.08
347	L	20	40	6.30	0.30	0.00	0.00	6.60	264.00	651.02
348	L	20	184	9.35	0.3	0.00	0.35	10.00	1840.00	4537.44
349	O	10	1817	0.27	0.27	0.00	0.11	1.30	2362.10	1457.42
350	O	12	1817	0.37	0.37	0.00	0.11	1.70	3088.90	2742.94

RESUMEN DE MATERIALES

Ø (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
W (Kg/m)	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	2.000	2.466	2.984	3.853	4.834	6.310
L (m)	0	13137.5	13659.00	0	0	0	4147.00	362.20	3018.30	945.60	0
PESO (Kg)	0.00	8105.84	12129.19	0.00	0.00	0.00	10226.50	1080.80	11629.51	4571.03	0.00

ACERO COLUMNAS (Kg) = 47742.87
 HORMIGON Fc = 280 Kg/cm²
 COLUMNAS (m³) = 214.22

TIPOS DE HIERROS:



CUADRO DE COLUMNA

NIVEL	PERFIL LONGITUDINAL	SECCIÓN	PERFIL LONGITUDINAL	SECCIÓN	PERFIL LONGITUDINAL	SECCIÓN	PERFIL LONGITUDINAL	SECCIÓN	PERFIL LONGITUDINAL	SECCIÓN
ESC — 1: 25										
7										
6										
5										
4										
3										
2										
1										
S1										
S2										
S3										
CIMENTACIÓN										

TIPO	C1			C2			C3			C4			C5		
Nro	UBICACIÓN			Nro	UBICACIÓN			Nro	UBICACIÓN			Nro	UBICACIÓN		
10	B2, B3, B4, B5, C3, C4, E5, F2, F3', F5	3	C2, D5, E3'	4	C5, D4, E2, E4	2	D2, D3'	23	A1, A2, A3, A4, A5, A6, B1, B6, C1, C6, D1, D6, E1, E6, F1, F6, G1, G2, G3', G4, G5, G6, F4						

TIPO DE GANCHO	Ø	Gancho de 90°			Gancho de 180°		
		Dámetro de alambre	Lest	U _{est}	Dámetro de alambre	Lest	U _{est}
GANCHOS EN ESTREBOS	12 mm	7.2 cm	14.4 cm	19.2 cm	7.2 cm	6.5 cm	11.3 cm
	14 mm	8.4 cm	16.8 cm	22.4 cm	8.4 cm	6.5 cm	12.1 cm
	16 mm	9.6 cm	19.2 cm	25.6 cm	9.6 cm	6.5 cm	12.9 cm
	18 mm	10.8 cm	21.6 cm	28.8 cm	10.8 cm	7.2 cm	14.4 cm
	20 mm	12.0 cm	24.0 cm	32.0 cm	12.0 cm	8.0 cm	16.0 cm
GANCHOS EN ESTREBOS	12 mm	13.2 cm	26.4 cm	35.2 cm	13.2 cm	8.8 cm	17.6 cm
	14 mm	15.0 cm	30.0 cm	40.0 cm	15.0 cm	10.0 cm	20.0 cm
	16 mm	16.8 cm	33.6 cm	44.8 cm	16.8 cm	11.2 cm	22.4 cm
	18 mm	18.6 cm	37.2 cm	49.6 cm	18.6 cm	12.4 cm	24.8 cm

TRASLAPES Y EMPALMES		
Ø	TRACCIÓN	COMPRESIÓN
12 mm	60.00	30.00
14 mm	70.00	30.00
16 mm	80.00	30.00
18 mm	90.00	30.00
20 mm	125.00	40.00
22 mm	135.00	50.00
25 mm	155.00	60.00
28 mm	170.00	75.00

ELABORADO POR:
NICOLAS BOHORQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA APORTICADO OPTIMIZADO

DESCRIPCIÓN:
DETALLE DE COLUMNAS EN HORMIGÓN ARMADO

ETAPA:
DISEÑO

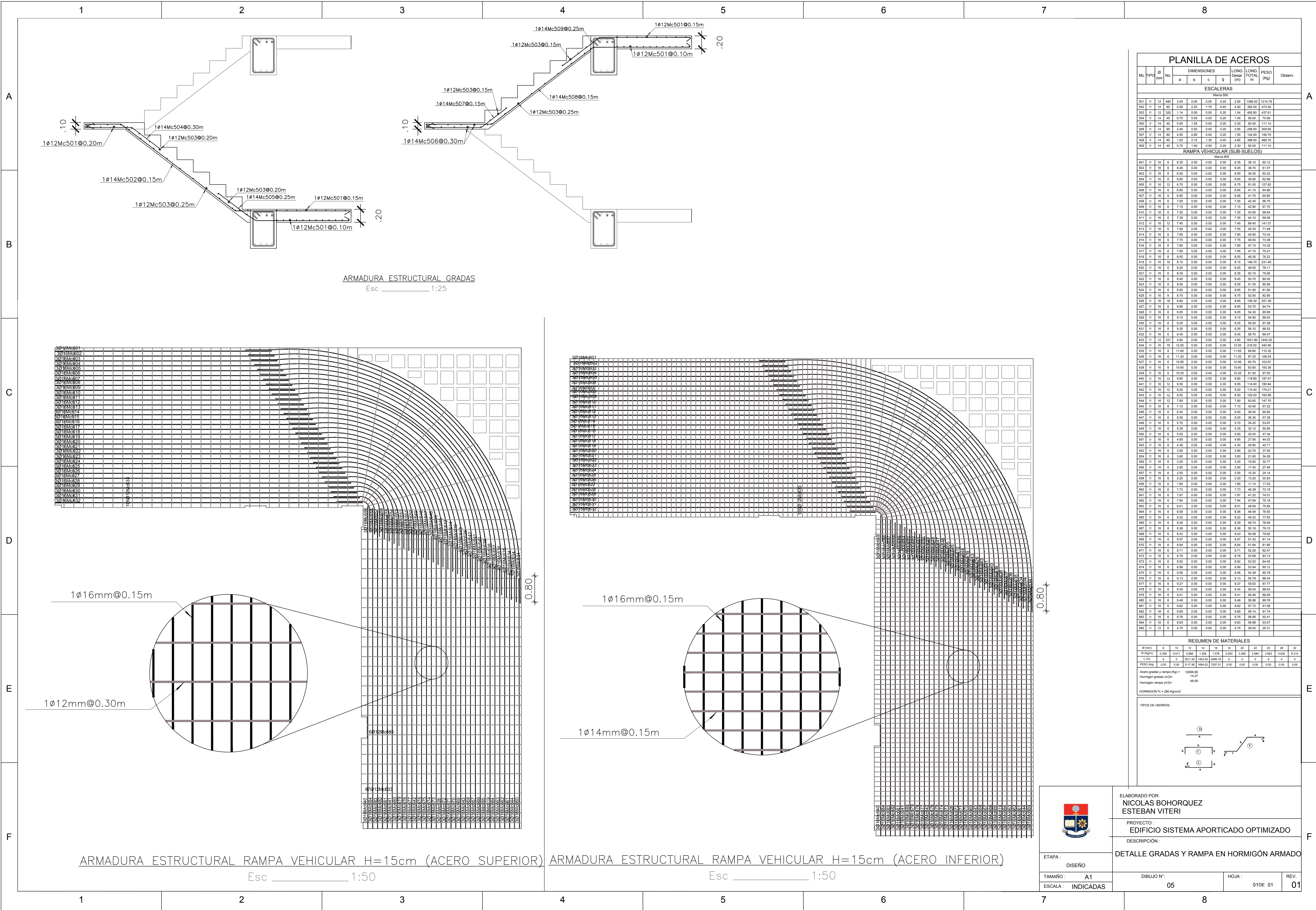
TAMAÑO: **A0**

ESCALA: **INDICADAS**

DIBUJO N°: **03**

HOJA: **01 DE 01**

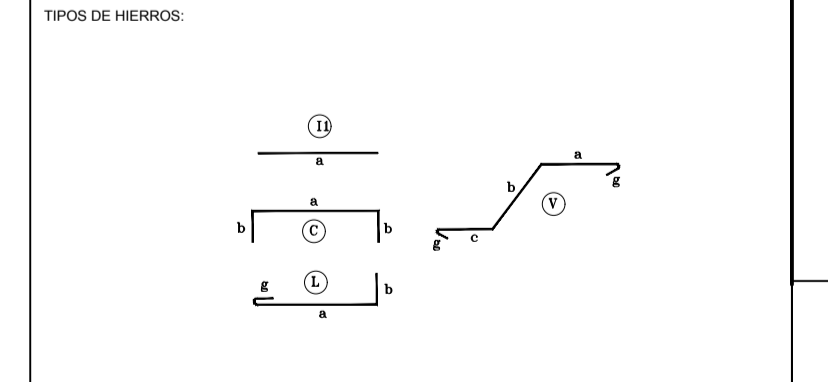
REV: **01**



PLANILLA DE ACEROS

Mc	TPO	G mm	No.	DIMENSIONES			LONG. Desc (m)	LONG. TOTAL (m)	PESO (Kg)	Observ.
				a	b	c				
ESCALERAS										
Marca 500										
501	V	14	12	480	245	0.00	0.00	2.85	1368.00	1214.78
502	V	14	80	0.50	2.20	1.75	0.40	4.90	392.00	473.54
503	V	14	12	300	1.14	0.00	0.00	3.20	1.54	402.20
504	V	14	40	0.70	0.95	0.00	0.20	1.45	58.00	70.08
505	V	14	40	0.55	1.55	0.00	0.20	2.30	92.00	111.14
506	V	14	90	2.40	0.00	0.00	0.20	2.65	256.50	309.85
507	V	14	80	0.50	0.85	0.00	0.20	1.55	124.00	149.29
508	V	14	80	1.00	2.10	1.35	0.40	4.85	388.00	468.70
509	V	14	40	0.70	1.40	0.00	0.20	2.30	92.00	111.14
RAMPA VEHICULAR (SUB-SUELOS)										
Marca 500										
601	H	16	6	6.35	0.00	0.00	0.00	6.35	38.10	60.12
602	H	16	6	6.45	0.00	0.00	0.00	6.45	38.70	61.07
603	H	16	6	6.55	0.00	0.00	0.00	6.55	39.30	62.02
604	H	16	6	6.65	0.00	0.00	0.00	6.65	39.90	62.96
605	H	16	12	6.75	0.00	0.00	0.00	6.75	81.00	127.62
606	H	16	6	6.85	0.00	0.00	0.00	6.85	41.10	64.86
607	H	16	6	6.95	0.00	0.00	0.00	6.95	41.70	65.80
608	H	16	6	7.05	0.00	0.00	0.00	7.05	42.30	66.75
609	H	16	6	7.15	0.00	0.00	0.00	7.15	42.90	67.70
610	H	16	6	7.25	0.00	0.00	0.00	7.25	43.50	68.64
611	H	16	6	7.35	0.00	0.00	0.00	7.35	44.10	69.59
612	H	16	6	7.45	0.00	0.00	0.00	7.45	44.70	70.53
613	H	16	6	7.55	0.00	0.00	0.00	7.55	45.30	71.48
614	H	16	6	7.65	0.00	0.00	0.00	7.65	45.90	72.43
615	H	16	6	7.75	0.00	0.00	0.00	7.75	46.50	73.38
616	H	16	6	7.85	0.00	0.00	0.00	7.85	47.10	74.33
617	H	16	6	7.95	0.00	0.00	0.00	7.95	47.70	75.27
618	H	16	6	8.05	0.00	0.00	0.00	8.05	48.30	76.22
619	H	16	18	8.15	0.00	0.00	0.00	8.15	146.70	231.49
620	H	16	6	8.25	0.00	0.00	0.00	8.25	48.90	76.17
621	H	16	6	8.35	0.00	0.00	0.00	8.35	50.10	79.58
622	H	16	6	8.45	0.00	0.00	0.00	8.45	50.70	80.50
623	H	16	6	8.55	0.00	0.00	0.00	8.55	51.30	81.42
624	H	16	6	8.65	0.00	0.00	0.00	8.65	51.90	82.34
625	H	16	6	8.75	0.00	0.00	0.00	8.75	52.50	83.26
626	H	16	18	8.85	0.00	0.00	0.00	8.85	159.30	251.38
627	H	16	6	8.95	0.00	0.00	0.00	8.95	53.70	84.74
628	H	16	6	9.05	0.00	0.00	0.00	9.05	54.30	85.66
629	H	16	6	9.15	0.00	0.00	0.00	9.15	54.90	86.58
630	H	16	6	9.25	0.00	0.00	0.00	9.25	55.50	87.50
631	H	16	6	9.35	0.00	0.00	0.00	9.35	56.10	88.42
632	H	16	6	9.45	0.00	0.00	0.00	9.45	56.70	89.34
633	H	16	12	9.55	0.00	0.00	0.00	9.55	163.50	264.25
634	H	16	18	12.00	0.00	0.00	0.00	12.00	216.00	340.85
635	H	16	6	11.65	0.00	0.00	0.00	11.65	69.90	110.30
636	H	16	6	11.20	0.00	0.00	0.00	11.20	67.20	106.94
637	H	16	6	10.85	0.00	0.00	0.00	10.85	64.50	103.57
638	H	16	6	10.60	0.00	0.00	0.00	10.60	63.60	100.38
639	H	16	6	10.25	0.00	0.00	0.00	10.25	61.50	97.05
640	H	16	12	9.90	0.00	0.00	0.00	9.90	118.80	187.47
641	H	16	12	9.55	0.00	0.00	0.00	9.55	114.60	180.84
642	H	16	12	9.20	0.00	0.00	0.00	9.20	110.40	174.21
643	H	16	12	8.85	0.00	0.00	0.00	8.85	102.00	160.98
644	H	16	12	8.50	0.00	0.00	0.00	8.50	93.60	147.75
645	H	16	6	7.10	0.00	0.00	0.00	7.10	42.40	67.23
646	H	16	6	6.40	0.00	0.00	0.00	6.40	38.40	60.90
647	H	16	6	6.05	0.00	0.00	0.00	6.05	36.30	57.28
648	H	16	6	5.70	0.00	0.00	0.00	5.70	34.20	53.97
649	H	16	6	5.35	0.00	0.00	0.00	5.35	32.10	50.66
650	H	16	6	5.00	0.00	0.00	0.00	5.00	30.00	47.34
651	H	16	6	4.65	0.00	0.00	0.00	4.65	27.90	44.03
652	H	16	6	4.30	0.00	0.00	0.00	4.30	25.80	40.71
653	H	16	6	3.95	0.00	0.00	0.00	3.95	23.70	37.40
654	H	16	6	3.60	0.00	0.00	0.00	3.60	21.60	34.08
655	H	16	6	3.25	0.00	0.00	0.00	3.25	19.50	30.77
656	H	16	6	2.90	0.00	0.00	0.00	2.90	17.40	27.46
657	H	16	6	2.55	0.00	0.00	0.00	2.55	15.30	24.14
658	H	16	6	2.20	0.00	0.00	0.00	2.20	13.20	20.83
659	H	16	6	1.85	0.00	0.00	0.00	1.85	11.10	17.52
660	H	16	6	1.50	0.00	0.00	0.00	1.50	9.00	14.21
661	H	16	6	1.15	0.00	0.00	0.00	1.15	6.90	10.90
662	H	16	6	0.80	0.00	0.00	0.00	0.80	4.80	7.59
663	H	16	6	0.45	0.00	0.00	0.00	0.45	2.70	4.28
664	H	16	6	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.60	0.97
665	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
666	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
667	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
668	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
669	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
670	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
671	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
672	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
673	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
674	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
675	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
676	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
677	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
678	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
679	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
680	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
681	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
682	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
683	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
684	H	16	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
685	H	12	6	4.75	0.00	0.00	0.00	4.75	28.50	25.31

RESUMEN DE MATERIALES											
Ø (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
W (Kg/m)	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	2.000	2.466	2.984	3.553	4.234	5.010
L (m)	0	0	3511.20	1402.50	4599.18	0	0	0	0	0	0
PESO (Kg)	0.00	0.00	3117.95	1994.22	7297.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acero gradas y rampa (Kg) = 12089.68											
Hormigón gradas (m³) = 14.27											
Hormigón rampa (m³) = 48.59											
HORMIGÓN f _c = 280 Kg/cm²											



ELABORADO POR:
NICOLAS BOHORQUEZ ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA APORTICADO OPTIMIZADO

DESCRIPCIÓN:
DETALLE GRADAS Y RAMPA EN HORMIGÓN ARMADO

ETAPA: DISEÑO

TAMAÑO: A1

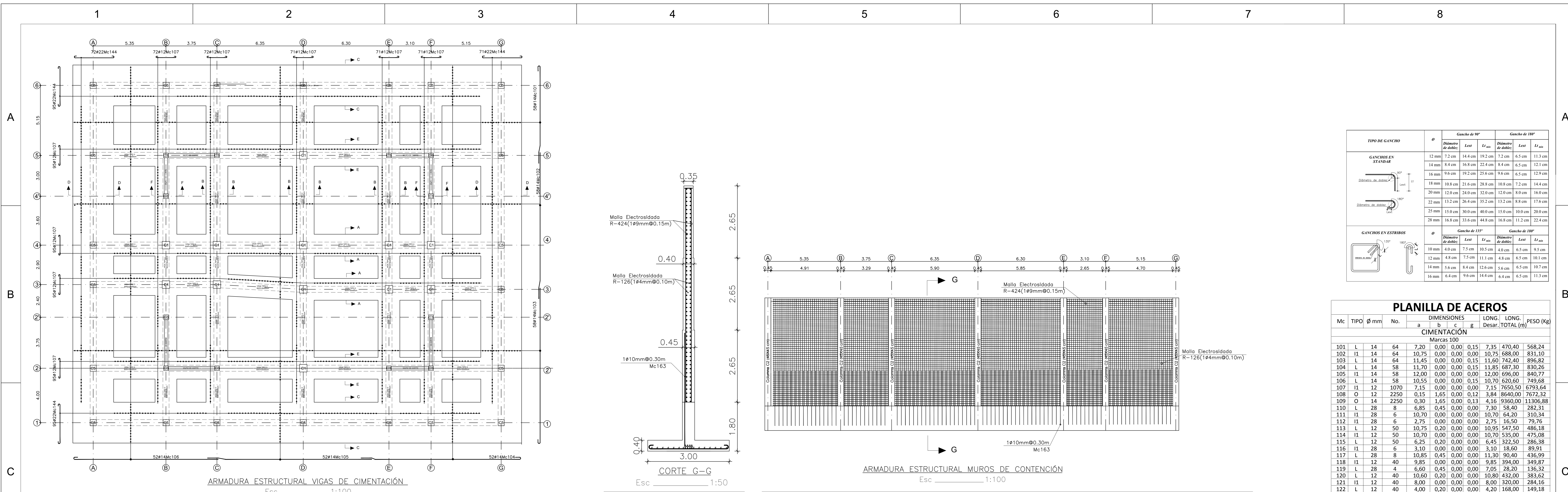
ESCALA: INDICADAS

DIBUJO N°: 05

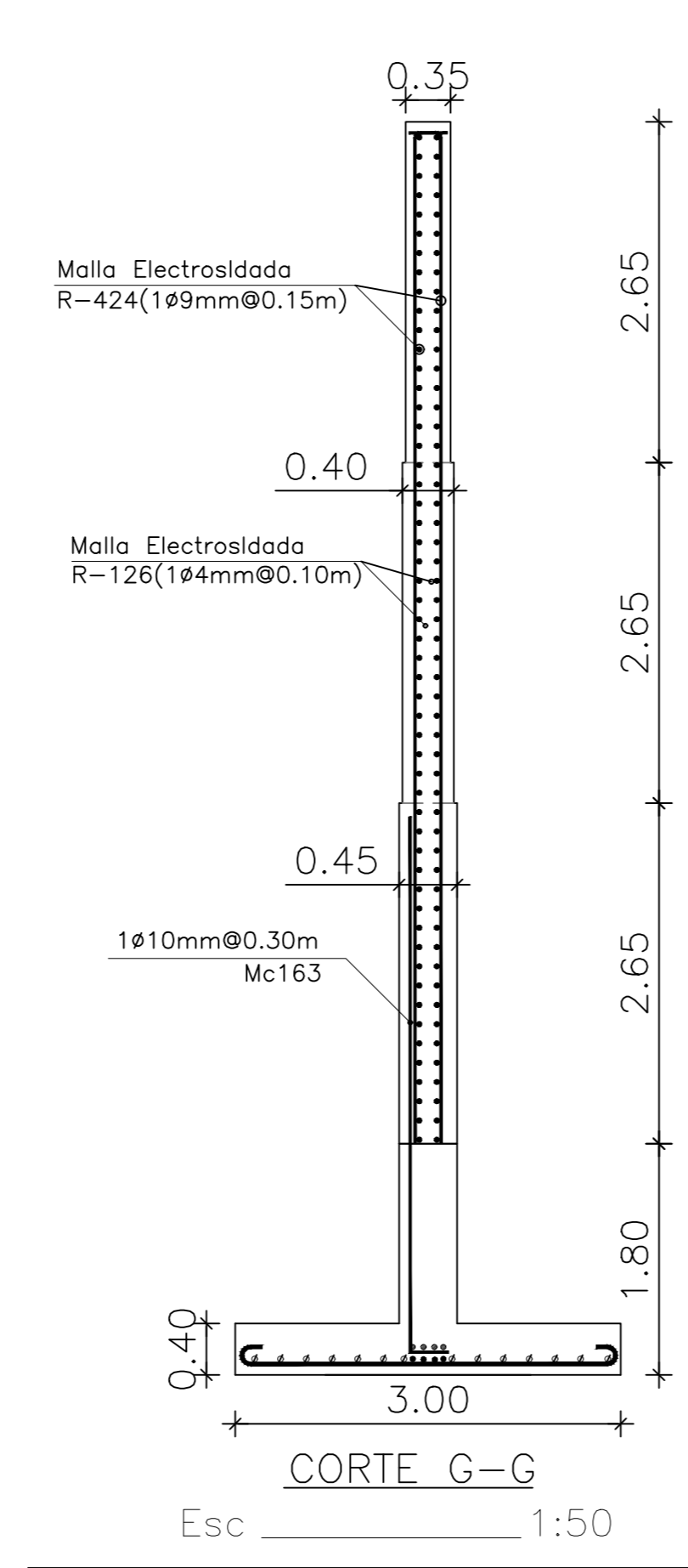
HOJA: 01DE 01

REV: 01

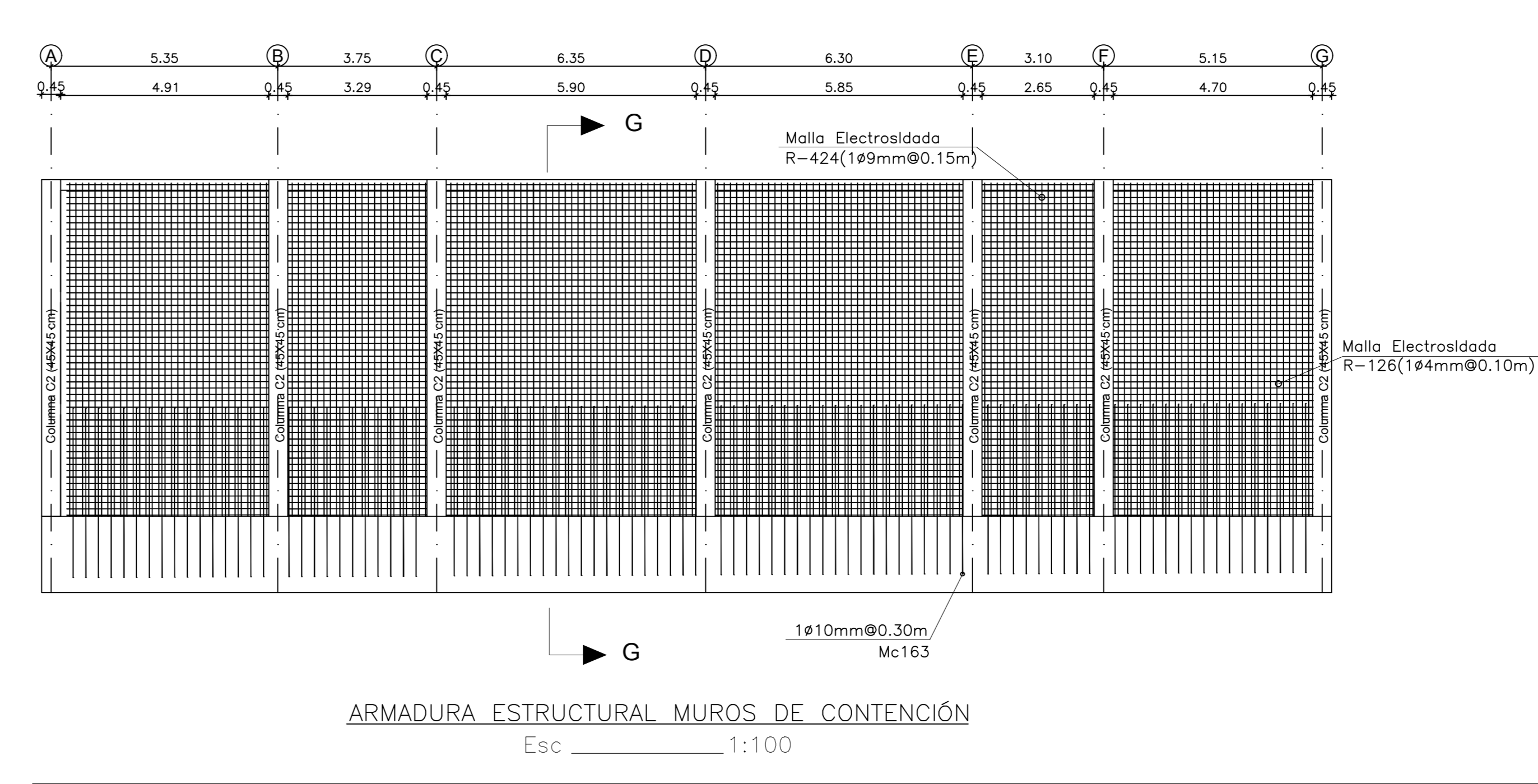
SISTEMA DUAL OPTIMIZADO



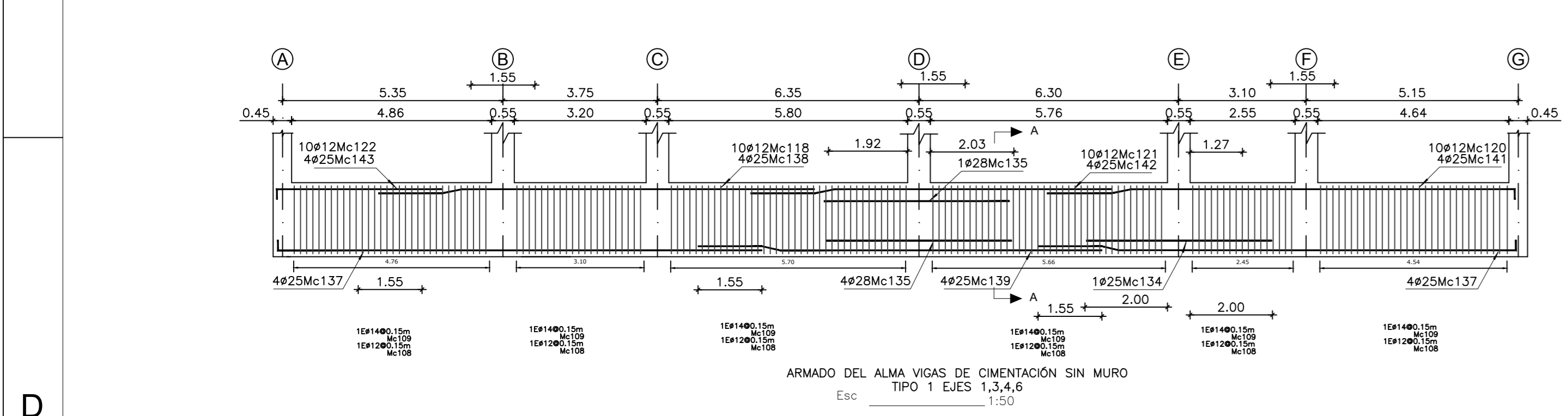
ARMADURA ESTRUCTURAL VIGAS DE CIMENTACIÓN
Esc. 1:100



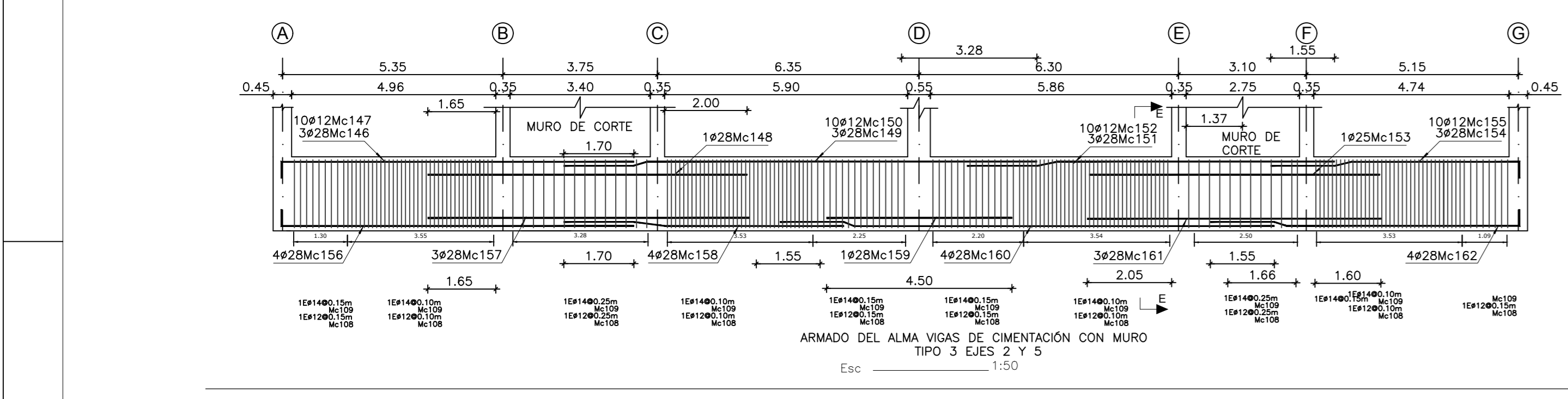
CORTE G-G
Esc. 1:50



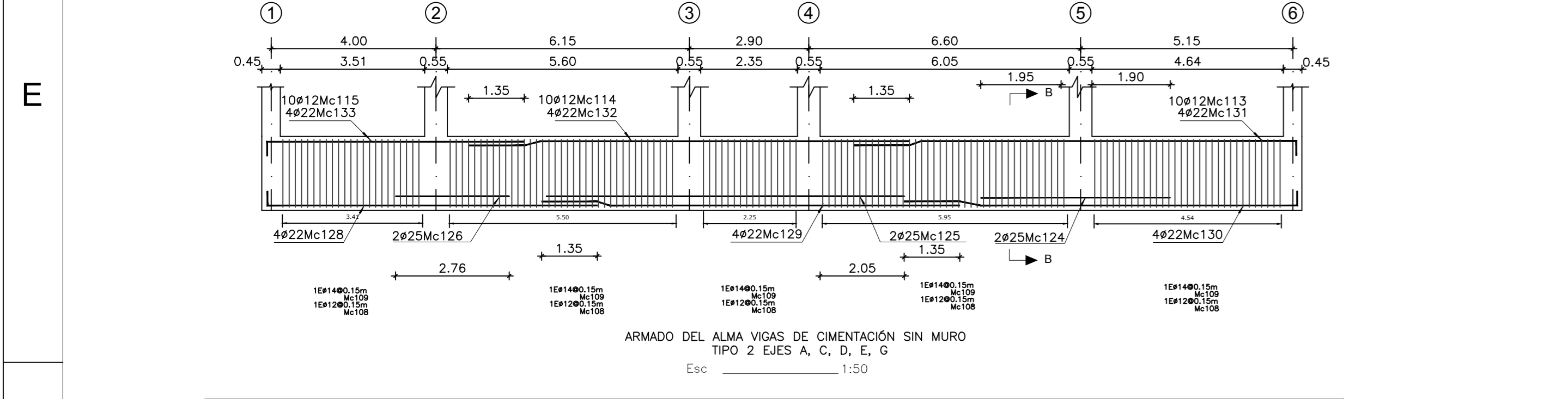
ARMADURA ESTRUCTURAL MUROS DE CONTENCIÓN
Esc. 1:100



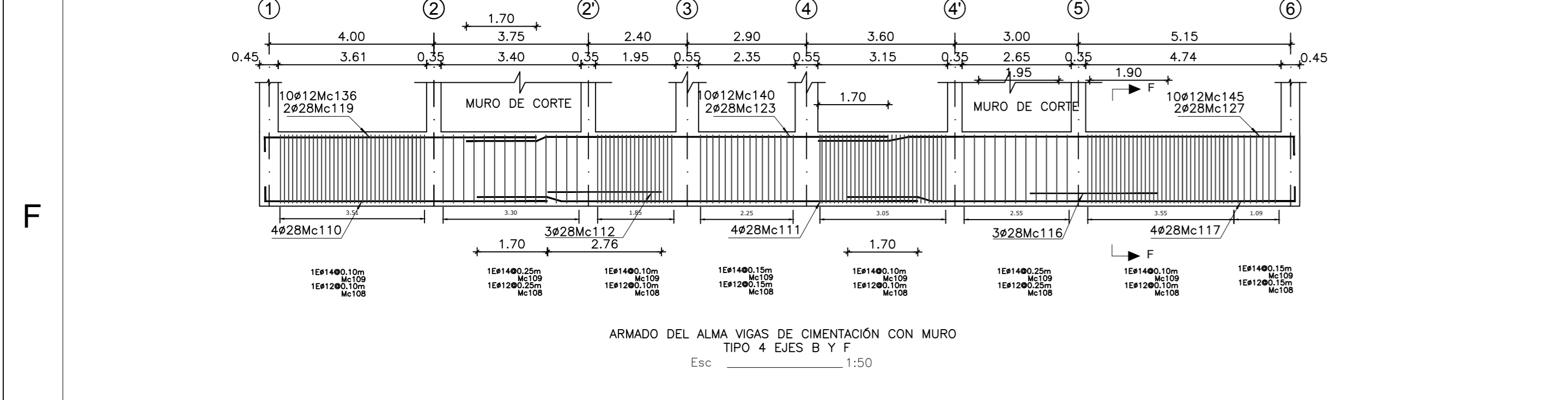
ARMADO DEL ALMA VIGAS DE CIMENTACIÓN SIN MURO
TIPO 1 Ejes 1,3,4,6
Esc. 1:50



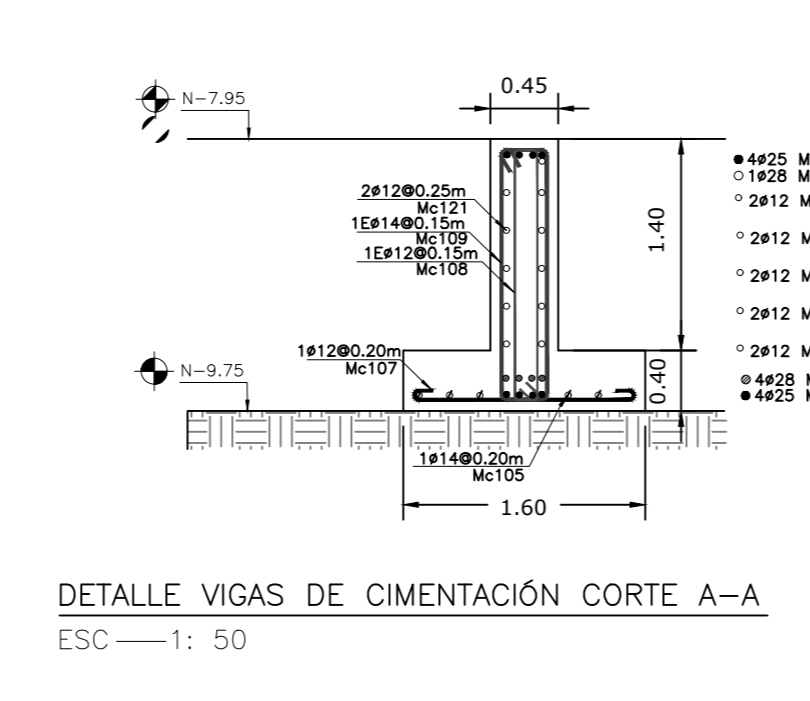
ARMADO DEL ALMA VIGAS DE CIMENTACIÓN CON MURO
TIPO 3 Ejes 2 y 5
Esc. 1:50



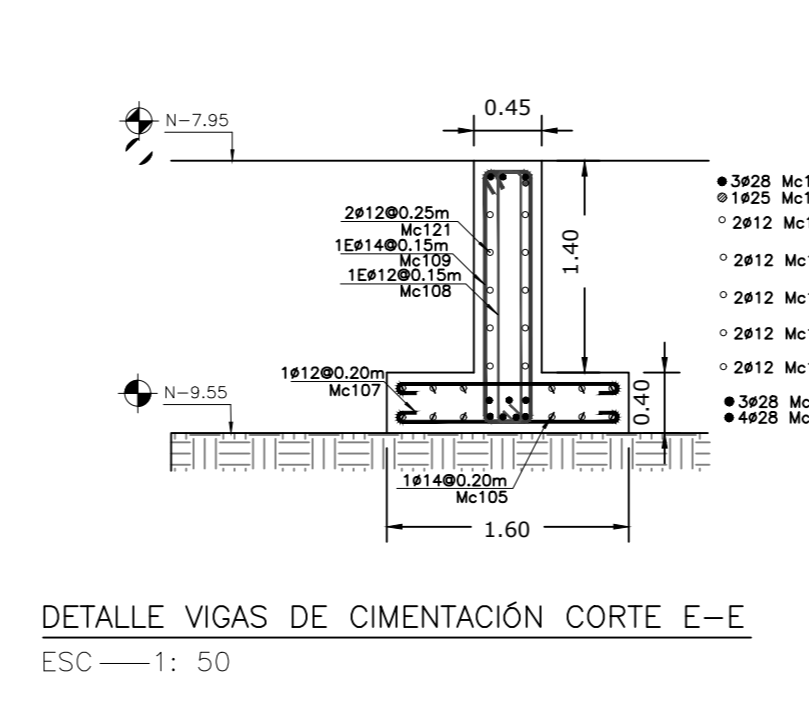
ARMADO DEL ALMA VIGAS DE CIMENTACIÓN CON MURO
TIPO 2 Ejes A, C, D, E, G
Esc. 1:50



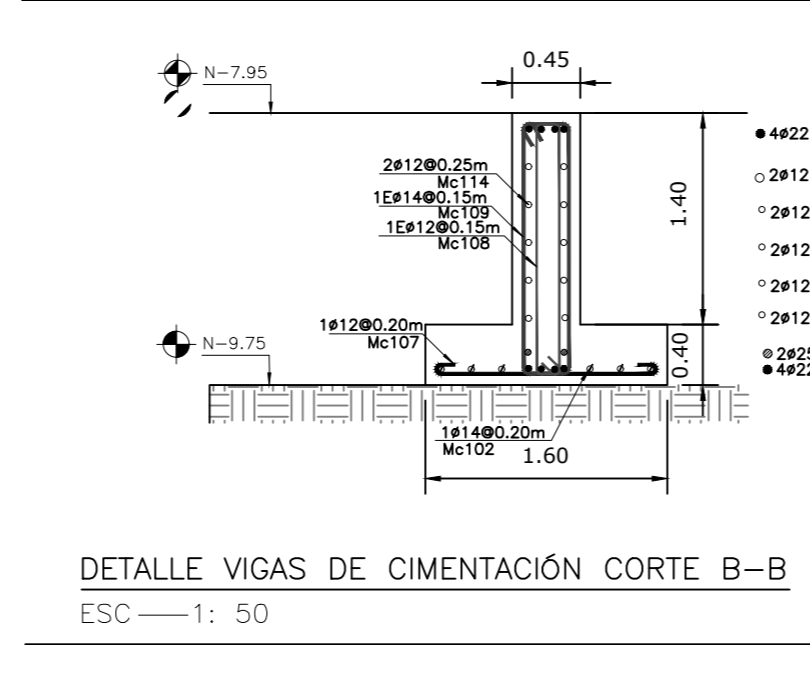
ARMADO DEL ALMA VIGAS DE CIMENTACIÓN CON MURO
TIPO 4 Ejes B y F
Esc. 1:50



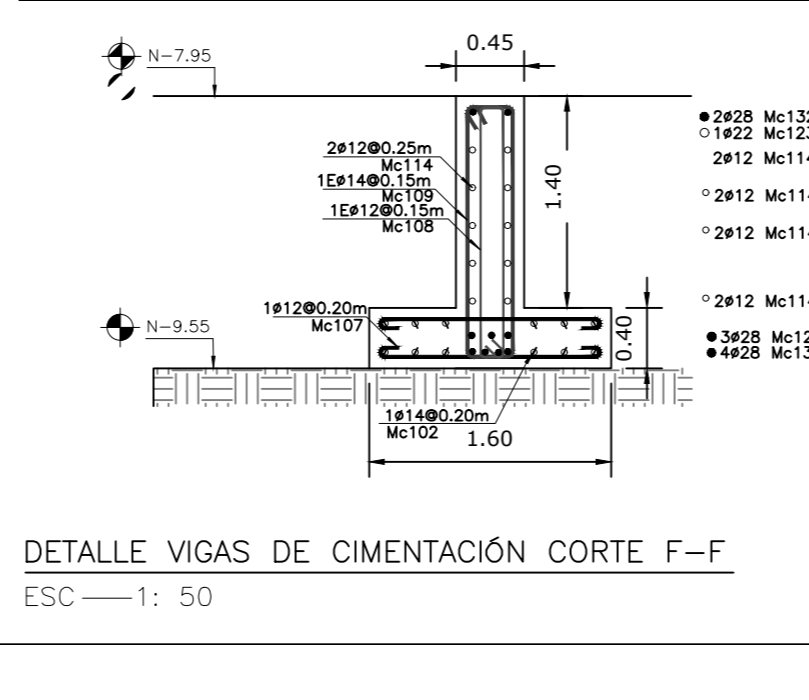
DETALLE VIGAS DE CIMENTACIÓN CORTE A-A
Esc. 1:50



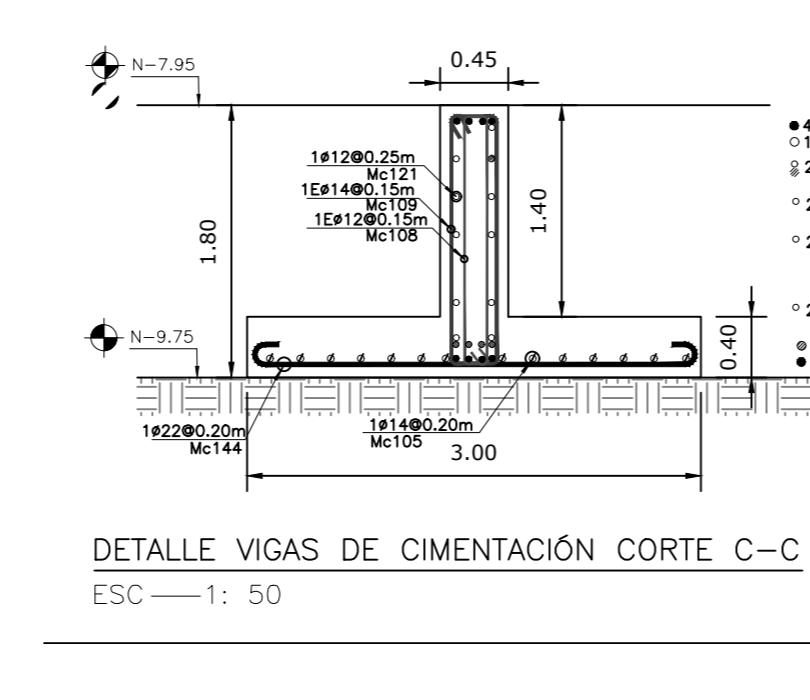
DETALLE VIGAS DE CIMENTACIÓN CORTE E-E
Esc. 1:50



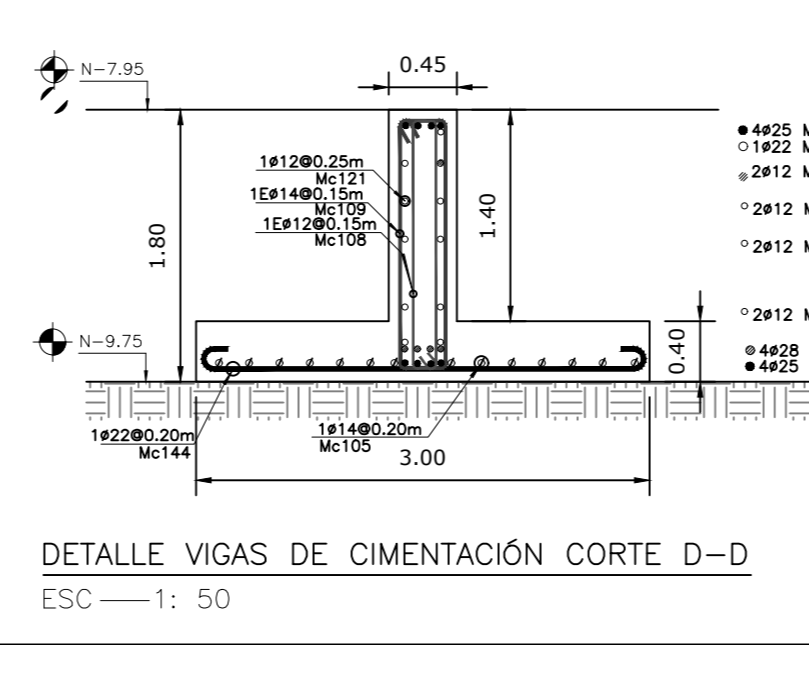
DETALLE VIGAS DE CIMENTACIÓN CORTE B-B
Esc. 1:50



DETALLE VIGAS DE CIMENTACIÓN CORTE F-F
Esc. 1:50



DETALLE VIGAS DE CIMENTACIÓN CORTE C-C
Esc. 1:50



DETALLE VIGAS DE CIMENTACIÓN CORTE D-D
Esc. 1:50

TIPO DE GANCHO	Ø	Gancho de 90°			Gancho de 180°		
		Diámetro de alambre	Leat	U _{des}	Diámetro de alambre	Leat	U _{des}
GANCHOS EN STANDARD	12 mm	7.2 cm	14.4 cm	19.2 cm	7.2 cm	6.5 cm	11.3 cm
	14 mm	8.4 cm	16.8 cm	22.4 cm	8.4 cm	6.5 cm	12.1 cm
	16 mm	9.6 cm	19.2 cm	25.6 cm	9.6 cm	6.5 cm	12.9 cm
	18 mm	10.8 cm	21.6 cm	28.8 cm	10.8 cm	7.2 cm	14.4 cm
	20 mm	12.0 cm	24.0 cm	32.0 cm	12.0 cm	8.0 cm	16.0 cm
GANCHOS EN ESTRIBOS	10 mm	4.0 cm	7.5 cm	10.5 cm	4.0 cm	6.5 cm	9.5 cm
	12 mm	4.8 cm	7.5 cm	11.1 cm	4.8 cm	6.5 cm	10.1 cm
	14 mm	5.6 cm	8.4 cm	12.6 cm	5.6 cm	6.5 cm	10.7 cm
	16 mm	6.4 cm	9.6 cm	14.4 cm	6.4 cm	6.5 cm	11.3 cm
	18 mm	7.2 cm	10.8 cm	16.2 cm	7.2 cm	7.2 cm	12.0 cm

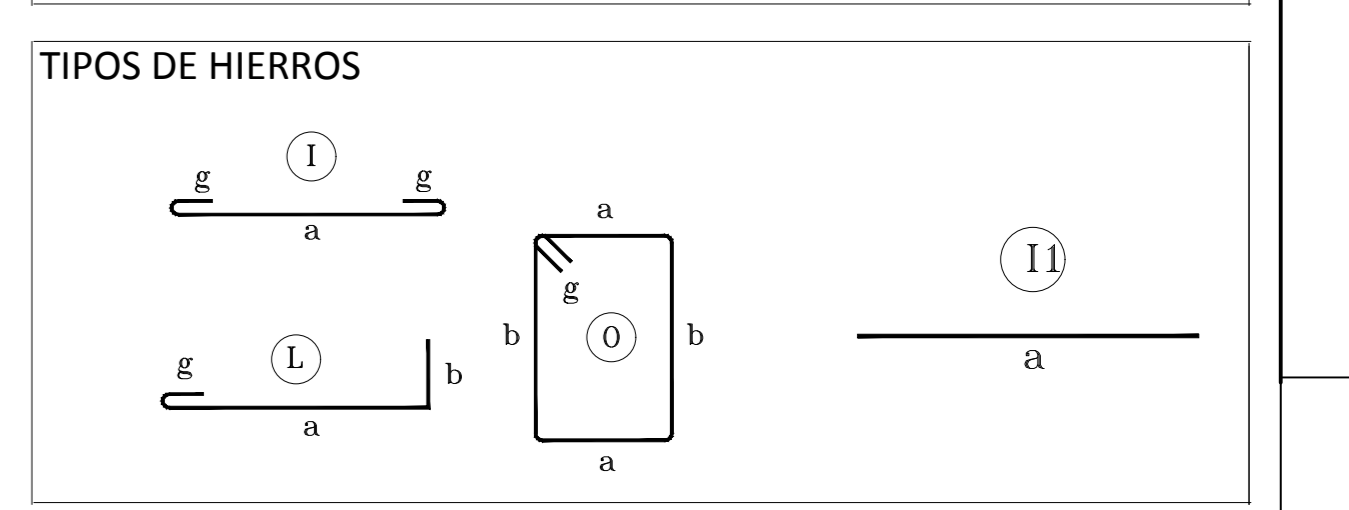
PLANILLA DE ACEROS

Mc	TIPO	Ø mm	No.	DIMENSIONES			LONG. Desar.	LONG. TOTAL	PESO (Kg)	
				a	b	c				
CIMENTACIÓN										
Marcas 100										
101	L	14	64	7.20	0.00	0.00	0.15	7.35	470.40	568.24
102	L	14	64	10.75	0.00	0.00	0.00	10.75	688.00	831.10
103	L	14	64	11.45	0.00	0.00	0.15	11.60	742.40	896.82
104	L	14	58	11.70	0.00	0.00	0.15	11.85	687.30	830.26
105	L	14	58	12.00	0.00	0.00	0.00	12.00	696.00	840.77
106	L	14	58	10.55	0.00	0.00	0.15	10.70	620.00	749.68
107	L	12	1070	7.15	0.00	0.00	0.00	7.15	7650.50	6793.64
108	O	12	2250	0.15	1.65	0.00	0.12	3.84	8640.00	7672.32
109	O	14	2250	0.30	1.65	0.00	0.13	4.16	9360.00	11306.88
110	L	28	8	6.85	0.45	0.00	0.00	7.30	58.40	282.31
111	L	28	6	10.70	0.00	0.00	0.00	10.70	64.20	310.34
112	L	28	6	2.75	0.00	0.00	0.00	2.75	16.50	79.76
113	L	12	50	10.75	0.20	0.00	0.00	10.95	547.50	486.18
114	L	12	50	10.70	0.00	0.00	0.00	10.70	535.00	475.08
115	L	12	50	6.25	0.00	0.00	0.00	6.25	322.50	286.38
116	L	28	6	3.10	0.00	0.00	0.00	3.10	18.60	89.91
117	L	28	8	10.85	0.45	0.00	0.00	11.30	90.40	436.99
118	L	12	40	9.85	0.00	0.00	0.00	9.85	394.00	349.87
119	L	28	4	6.60	0.45	0.00	0.00	7.05	28.20	136.32
120	L	12	40	10.60	0.20	0.00	0.00	10.80	432.00	383.62
121	L	12	40	8.00	0.00	0.00	0.00	8.00	320.00	284.16
122	L	12	40	4.00	0.20	0.00	0.00	4.20	168.00	149.18
123	L	28	4	10.25	0.00	0.00	0.00	10.25	41.00	198.19
124	L	25	10	4.60	0.00	0.00	0.00	4.60	46.00	177.24
125	L	25	10	8.70	0.00	0.00	0.00	8.70	87.00	335.21
126	L	25	10	2.75	0.00	0.00	0.00	2.75	27.50	105.96
127	L	28	4	11.50	0.45	0.00	0.00	11.95	47.80	231.07
128	L	22	20	8.00	0.35	0.00	0.00	8.35	167.00	488.33
129	L	22	20	10.15	0.00	0.00	0.00	10.15	203.00	695.75
130	L	22	20	9.55	0.35	0.00	0.00	10.25	205.00	611.72
131	L	22	20	10.75	0.35	0.00	0.00	11.10	222.00	662.45
132	L	22	20	10.70	0.00	0.00	0.00	10.70	214.00	638.58
133	L	22	20	6.25	0.35	0.00	0.00	6.60	132.00	393.89
134	L	25	4	4.50	0.00	0.00	0.00	4.50	18.00	69.35
135	L	28	20	4.50	0.00	0.00	0.00	4.50	90.00	435.06
136	L	12	20	6.60	0.20	0.00	0.00	6.80	136.00	120.77
137	L	25	32	11.60	0.40	0.00	0.00	12.00	384.00	1479.55
138	L	25	16	10.55	0.00	0.00	0.00	10.55	168.80	650.39
139	L	25	16	9.80	0.00	0.00	0.00	9.80	156.80	604.15
140	L	12	20	10.25	0.00	0.00	0.00	10.25	205.00	182.04
141	L	25	16	11.35	0.40	0.00	0.00	11.75	188.00	724.36
142	L	25	16	10.60	0.00	0.00	0.00	10.60	169.60	653.47
143	L	25	16	4.00	0.40	0.00	0.00	4.40	70.40	271.25
144	L	22	333	2.80	0.00	0.00	0.20	3.20	1065.60	3179.75
145	L	12	20	11.50	0.20	0.00	0.00	11.70	234.00	207.79
146	L	28	6	8.55	0.45	0.00	0.00	9.00	54.00	261.04
147	L	12	20	8.55	0.20	0.00	0.00	8.75	175.00	155.40
148	L	28	2	7.75	0.00	0.00	0.00	7.75	15.50	74.93
149	L	28	6	11.50	0.00	0.00	0.00	11.50	69.00	333.55
150	L	12	20	11.50	0.00	0.00	0.00	11.50	230.00	204.24
151	L	28	6	8.95	0.00	0.00	0.00	8.95	53.70	259.59
152	L	22	20	8.95	0.00	0.00	0.00	8.95	179.00	158.95
153	L	25	2	7.05	0.00	0.00	0.00	7.05	14.10	54.33
154	L	28	6	6.05	0.45	0.00	0.00	6.50	39.00	188.53
155	L	12	20	6.05	0.20	0.00	0.00	6.25	125.00	111.00
156	L	28	8	8.55	0.00	0.00	0.00	8.55	68.40	330.65
157	L	28	6	7.80	0.00	0.00	0.00	7.80	46.80	226.23
158	L	28	8	6.80	0.00	0.00	0.00	6.80	54.40	262.97
159	L	28	2	4.55	0.00	0.00	0.00	4.55	9.10	43.99
160	L	28	8	12.00	0.00	0.00	0.00	12.00	96.00	464.06
161	L	28	6	7.15	0.00	0.00	0.00	7.15	42.90	207.38
162	L	28	8	7.50	0.45	0.00	0.00	7.95	63.60	307.44
163	L	10	330	4.2	0.3	0.00	0.00	4.50	1485.00	916.25

RESUMEN DE MATERIALES

Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28
W(kg/m)	0.617	0.888	1.208	1.578	2.000	2.466	2.984	3.853	4.834
L(m)	1485.0	20293.5013264	0.00	0.00	0.00	2208.60	1330.20	1067.50	0.00
PESO (Kg)	916.25	18020.631602376	0.00	0.00	0.00	6590.46	5125.26	5160.30	0.00

Acero Vigas Cim(Kg)= 50920.40
 HORMIGÓN Fc= 280 kg/cm²
 Malla Electroalada: Tipo R-424 (Kg)=5301.53
 Tipo R-126 (Kg)=3947.89
 Vigas CIM(m³)= 473.47
 Volumen Muros de contención (m³) = 317.11
 Acero Muros de contención (kg) = 916.25



TRASLAPES Y EMPALMES

Ø	PREXISIÓN	CONEXIÓN	ESLAFES F Y G	COLUMNAS
12 mm	60.00	30.00		
14 mm	70.00	30.00		
16 mm	80.00	30.00		
18 mm	90.00	30.00		
20 mm	120.00	30.00		
22 mm	135.00	30.00		
25 mm	150.00	30.00		
28 mm	170.00	30.00		

ELABORADO POR:
NICOLAS BOHORQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA DUAL OPTIMIZADO

DESCRIPCIÓN:
DETALLE VIGAS DE CIMENTACIÓN Y MURO DE CONTENCIÓN

ETAPA:
DISEÑO

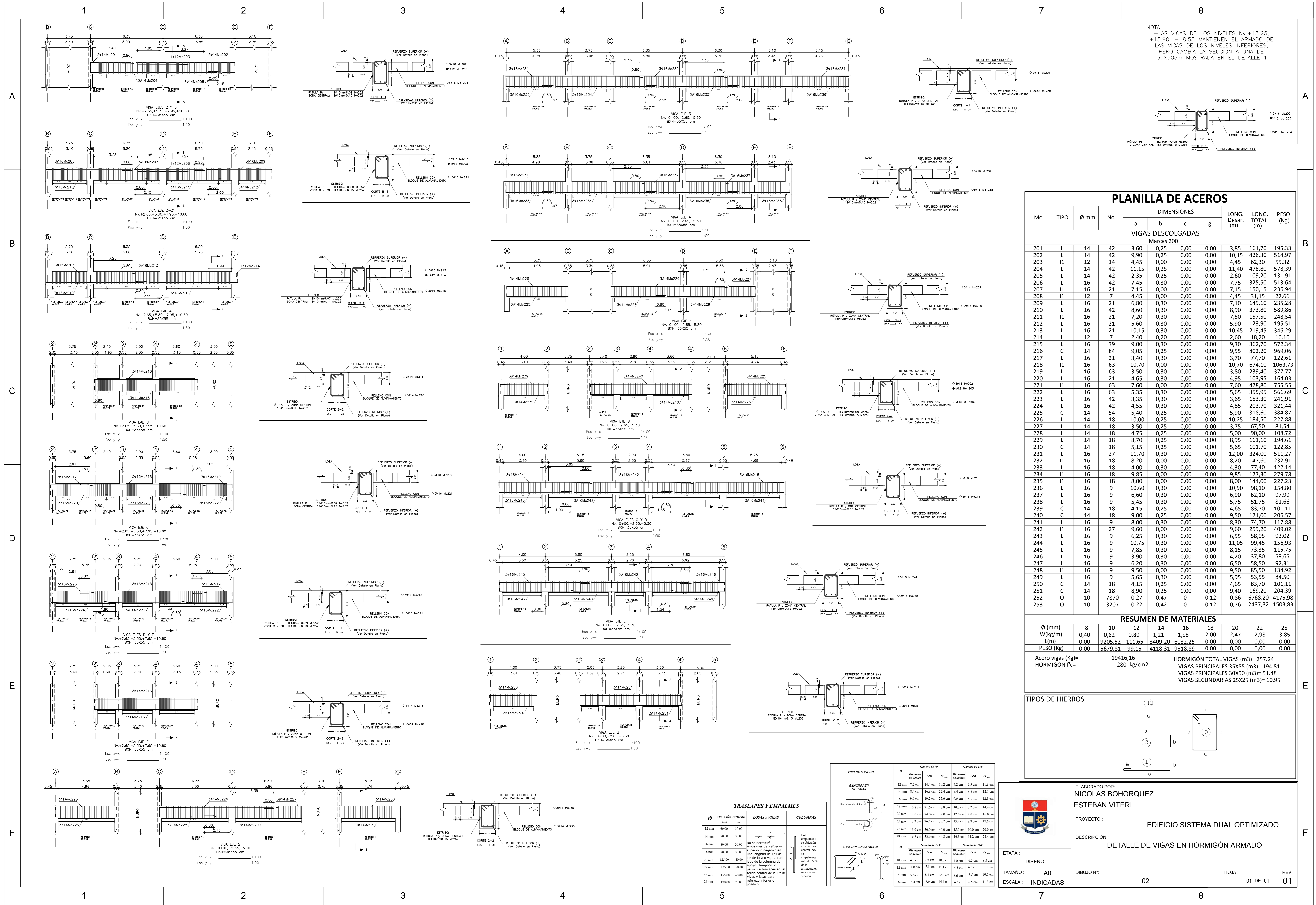
TAMAÑO:
A0

ESCALA:
INDICADAS

DIBUJO N°:
01

HOJA:
01DE 01

REV.
01



NOTA:
 -LAS VIGAS DE LOS NIVELES Nv.+13.25,
 +15.90, +18.55 MANTIENEN EL ARMADO DE
 LAS VIGAS DE LOS NIVELES INFERIORES,
 PERO CAMBIA LA SECCION A UNA DE
 30X50cm MOSTRADA EN EL DETALLE 1

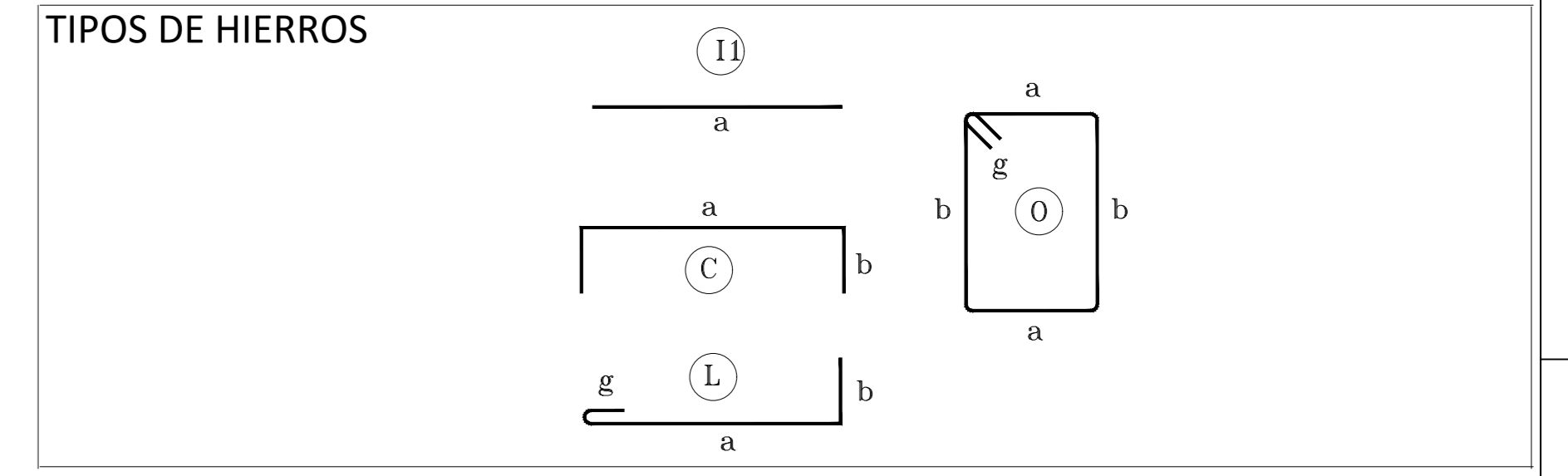
PLANILLA DE ACEROS

Mc	TIPO	Ø mm	No.	DIMENSIONES				LONG. Desar. (m)	LONG. TOTAL (m)	PESO (Kg)
				a	b	c	g			
VIGAS DESCOLGADAS										
Marcas 200										
201	L	14	42	3,60	0,25	0,00	0,00	3,85	161,70	195,33
202	L	14	42	9,90	0,25	0,00	0,00	10,15	426,30	514,97
203	I1	12	14	4,45	0,00	0,00	0,00	4,45	62,30	55,32
204	L	14	42	11,15	0,25	0,00	0,00	11,40	478,80	578,39
205	L	14	42	2,35	0,25	0,00	0,00	2,60	109,20	131,91
206	L	16	42	7,45	0,30	0,00	0,00	7,75	325,50	513,64
207	I1	16	21	7,15	0,00	0,00	0,00	7,15	150,15	236,94
208	I1	12	7	4,45	0,00	0,00	0,00	4,45	31,15	27,66
209	L	16	21	6,80	0,30	0,00	0,00	7,10	149,10	235,28
210	L	16	42	8,60	0,30	0,00	0,00	8,90	373,80	589,86
211	I1	16	21	7,20	0,30	0,00	0,00	7,50	157,50	248,54
212	L	16	21	5,60	0,30	0,00	0,00	5,90	123,90	195,51
213	L	16	21	10,15	0,30	0,00	0,00	10,45	219,45	346,29
214	L	12	7	2,40	0,20	0,00	0,00	2,60	18,20	16,16
215	L	16	39	9,00	0,30	0,00	0,00	9,30	362,70	572,34
216	C	14	84	9,05	0,25	0,00	0,00	9,55	802,20	969,06
217	L	16	21	3,40	0,30	0,00	0,00	3,70	77,70	122,61
218	I1	16	63	10,70	0,00	0,00	0,00	10,70	674,10	1063,73
219	L	16	63	3,50	0,30	0,00	0,00	3,80	239,40	377,77
220	L	16	21	4,65	0,30	0,00	0,00	4,95	103,95	164,03
221	I1	16	63	7,60	0,00	0,00	0,00	7,60	478,80	755,55
222	L	16	63	5,35	0,30	0,00	0,00	5,65	355,95	561,69
223	L	16	42	3,35	0,30	0,00	0,00	3,65	153,30	241,91
224	L	16	42	4,55	0,30	0,00	0,00	4,85	203,70	321,44
225	C	14	54	5,40	0,25	0,00	0,00	5,90	318,60	384,87
226	L	14	18	10,00	0,25	0,00	0,00	10,25	184,50	222,88
227	L	14	18	3,50	0,25	0,00	0,00	3,75	67,50	81,54
228	L	14	18	4,75	0,25	0,00	0,00	5,00	90,00	108,72
229	L	14	18	8,70	0,25	0,00	0,00	8,95	161,10	194,61
230	C	14	18	5,15	0,25	0,00	0,00	5,65	101,70	122,85
231	L	16	27	11,70	0,30	0,00	0,00	12,00	324,00	511,27
232	I1	16	18	8,20	0,00	0,00	0,00	8,20	147,60	232,91
233	L	16	18	4,00	0,30	0,00	0,00	4,30	77,40	122,14
234	I1	16	18	9,85	0,00	0,00	0,00	9,85	177,30	279,78
235	I1	16	18	8,00	0,00	0,00	0,00	8,00	144,00	227,23
236	L	16	9	10,60	0,30	0,00	0,00	10,90	98,10	154,80
237	L	16	9	6,60	0,30	0,00	0,00	6,90	62,10	97,99
238	L	16	9	5,45	0,30	0,00	0,00	5,75	51,75	81,66
239	C	14	18	4,15	0,25	0,00	0,00	4,65	83,70	101,11
240	C	14	18	9,00	0,25	0,00	0,00	9,50	171,00	206,57
241	L	16	9	8,00	0,30	0,00	0,00	8,30	74,70	117,88
242	I1	16	27	9,60	0,00	0,00	0,00	9,60	259,20	409,02
243	L	16	9	6,25	0,30	0,00	0,00	6,55	58,95	93,02
244	L	16	9	10,75	0,30	0,00	0,00	11,05	99,45	156,93
245	L	16	9	7,85	0,30	0,00	0,00	8,15	73,35	115,75
246	L	16	9	3,90	0,30	0,00	0,00	4,20	37,80	59,65
247	L	16	9	6,20	0,30	0,00	0,00	6,50	58,50	92,31
248	I1	16	9	9,50	0,00	0,00	0,00	9,50	85,50	134,92
249	L	16	9	5,65	0,30	0,00	0,00	5,95	53,55	84,50
250	C	14	18	4,15	0,25	0,00	0,00	4,65	83,70	101,11
251	C	14	18	8,90	0,25	0,00	0,00	9,40	169,20	204,39
252	O	10	7870	0,27	0,47	0	0,12	0,86	6768,20	4175,98
253	O	10	3207	0,22	0,42	0	0,12	0,76	2437,32	1503,83

RESUMEN DE MATERIALES

Ø (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25
W(kg/m)	0,40	0,62	0,89	1,21	1,58	2,00	2,47	2,98	3,85
L(m)	0,00	9205,52	111,65	3409,20	6032,25	0,00	0,00	0,00	0,00
PESO (Kg)	0,00	5679,81	99,15	4118,31	9518,89	0,00	0,00	0,00	0,00

Acero vigas (Kg)= 19416,16
 HORMIGÓN TOTAL VIGAS (m³)= 257,24
 HORMIGÓN Fc= 280 kg/cm²
 VIGAS PRINCIPALES 35X55 (m³)= 194,81
 VIGAS PRINCIPALES 30X50 (m³)= 51,48
 VIGAS SECUNDARIAS 25X25 (m³)= 10,95



TIPO DE GANCHO

GANCHOS EN VIGAS	Gancho de 90°			Gancho de 180°		
	Diámetro de alambre (mm)	Long.	U _{des}	Diámetro de alambre (mm)	Long.	U _{des}
GANCHOS EN ESTRIBOS	12 mm	7,2 cm	14,4 cm	19,2 cm	7,2 cm	6,5 cm
	14 mm	8,4 cm	16,8 cm	22,4 cm	8,4 cm	7,5 cm
	16 mm	9,6 cm	19,2 cm	25,6 cm	9,6 cm	8,5 cm
	18 mm	10,8 cm	21,6 cm	28,8 cm	10,8 cm	9,5 cm
	20 mm	12,0 cm	24,0 cm	32,0 cm	12,0 cm	10,5 cm

TRASLAPES Y EMPALMES

Ø	TRACCIÓN COMPRES.	LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS
12 mm	6000	3000	3000
14 mm	7000	3500	3500
16 mm	8000	4000	4000
18 mm	9000	4500	4500
20 mm	12000	6000	6000
22 mm	13500	6750	6750
25 mm	15000	7500	7500
28 mm	17000	8500	8500

ELABORADO POR:
NICOLAS BOHÓRQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO: **EDIFICIO SISTEMA DUAL OPTIMIZADO**

DESCRIPCIÓN: **DETALLE DE VIGAS EN HORMIGÓN ARMADO**

ETAPA: **DISÑO**

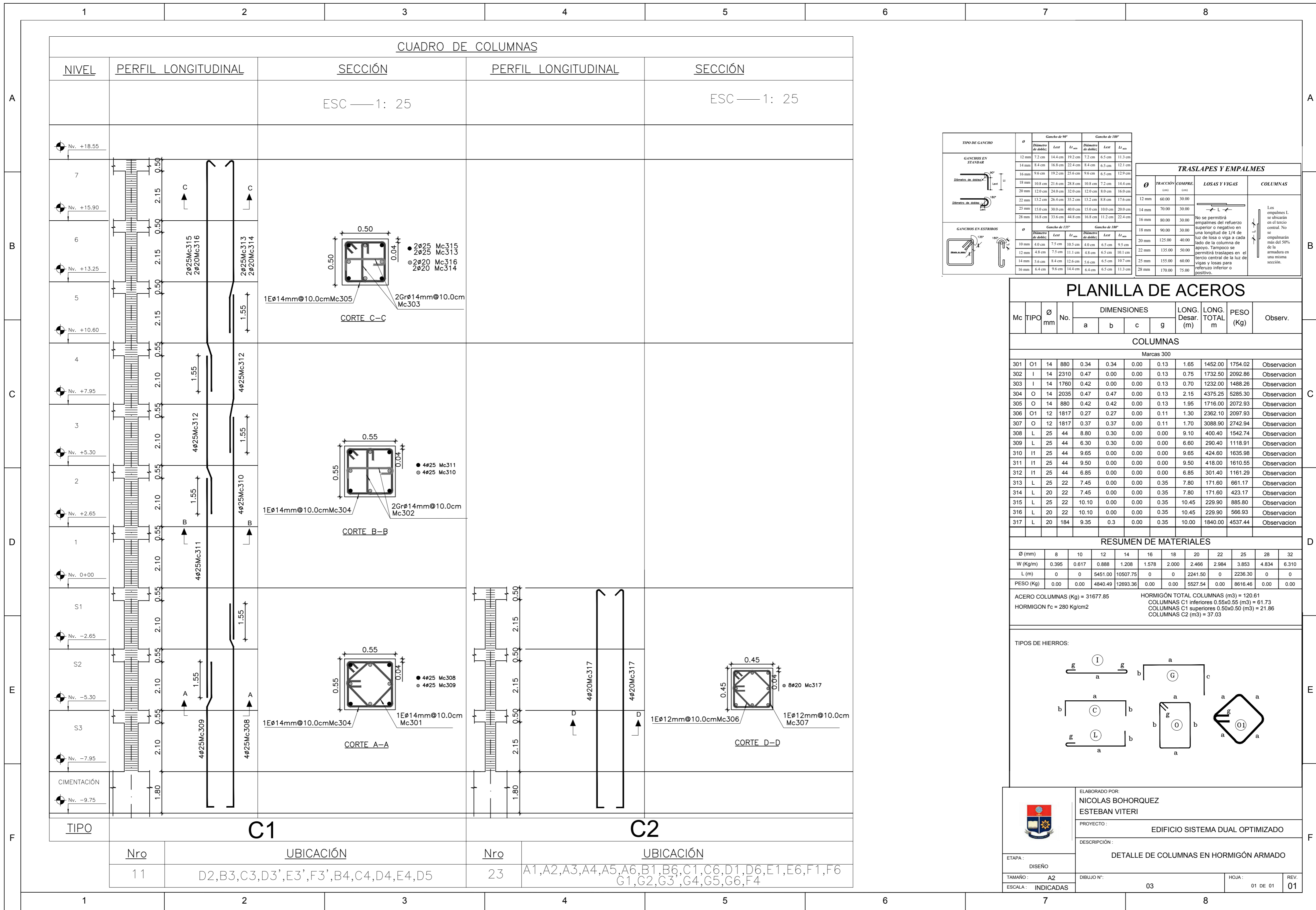
TAMAÑO: **A0**

ESCALA: **INDICADAS**

DIBUJO Nº: **02**

HOJA: **01 DE 01**

REV: **01**



ELABORADO POR:
NICOLAS BOHORQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA DUAL OPTIMIZADO

DESCRIPCIÓN:
DETALLE DE COLUMNAS EN HORMIGÓN ARMADO

ETAPA: DISEÑO

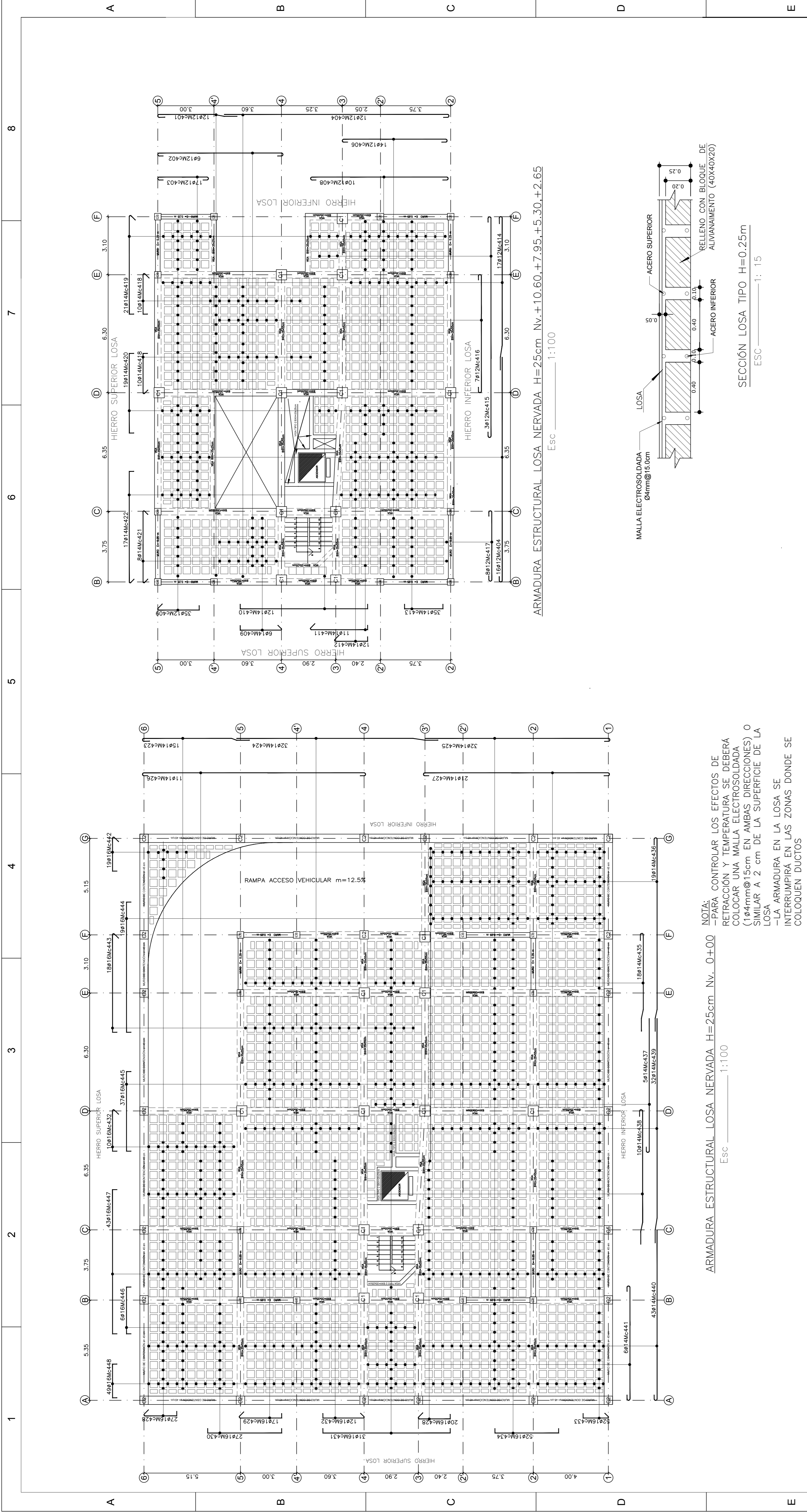
TAMAÑO: A2

ESCALA: INDICADAS

DIBUJO N°: 03

HOJA: 01 DE 01

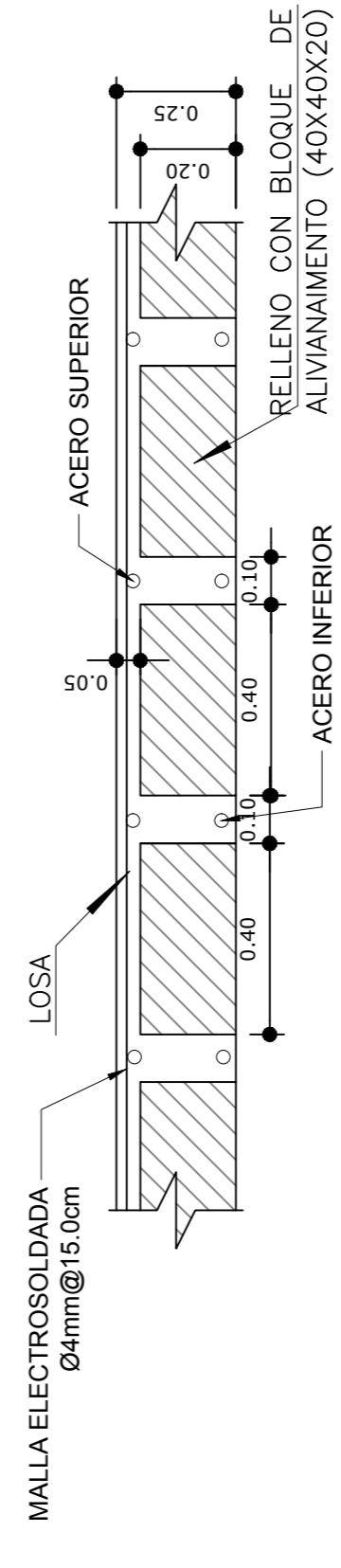
REV: 01



ARMADURA ESTRUCTURAL LOSA NERVADA H=25cm. Nv.+10.60.+7.95.+5.30.+2.65
Esc 1:100

ARMADURA ESTRUCTURAL LOSA NERVADA H=25cm. Nv. 0+00
Esc 1:100

NOTA:
-PARA CONTROLAR LOS EFECTOS DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA SE DEBERÁ COLOCAR UNA MALLA ELECTROSOLDADA (1Ø4mm@15cm EN AMBAS DIRECCIONES) O SIMILAR A 2 cm DE LA SUPERFICIE DE LA LOSA
-LA ARMADURA EN LA LOSA SE INTERRUPTIRÁ EN LAS ZONAS DONDE SE COLOQUEN DUCTOS



SECCIÓN LOSA TIPO H=0.25m
Esc 1:15

PLANILLA DE ACEROS											
Mc	TIPO	Ø	No.	DIMENSIONES			LONG. Desar. (m)	LONG. TOTAL (m)	PESO (Kg)	Observ.	
				a	b	c					
LOSAS											
401	L	12	44	4.25	0.00	0.00	0.15	4.40	366.60	326.20	Observación
402	I	12	42	6.55	0.00	0.00	0.12	6.79	285.18	253.24	Observación
403	I	12	119	2.55	0.00	0.00	0.12	2.79	332.01	294.82	Observación
404	L	12	196	11.85	0.00	0.00	0.12	11.97	2346.12	2093.35	Observación
406	I	12	98	5.45	0.00	0.00	0.12	5.69	557.62	496.17	Observación
408	I	12	70	7.20	0.00	0.00	0.12	7.44	520.80	462.47	Observación
409	C	14	287	2.15	0.20	0.00	0.00	2.55	731.85	884.07	Observación
410	C	14	84	6.80	0.20	0.00	0.00	7.20	604.80	730.69	Observación
411	C	14	77	3.00	0.20	0.00	0.00	3.40	281.80	316.25	Observación
412	C	14	84	1.70	0.20	0.00	0.00	2.10	176.40	203.08	Observación
413	C	14	245	2.05	0.20	0.00	0.00	2.45	600.25	725.10	Observación
414	L	12	119	8.25	0.00	0.00	0.12	8.37	996.03	884.47	Observación
415	I	12	21	11.65	0.00	0.00	0.12	11.89	249.69	221.72	Observación
416	I	12	49	6.15	0.00	0.00	0.12	6.39	313.11	278.04	Observación
417	I	12	56	3.70	0.00	0.00	0.12	3.94	220.94	195.93	Observación
418	G	14	140	2.10	0.30	0.20	0.00	2.60	364.00	439.71	Observación
419	G	14	140	5.20	0.30	0.20	0.00	5.70	798.00	963.98	Observación
420	C	14	153	4.25	0.20	0.00	0.00	4.65	616.45	747.59	Observación
421	C	14	63	3.75	0.30	0.20	0.00	4.25	287.75	323.44	Observación
422	G	14	119	5.90	0.30	0.20	0.00	6.40	761.60	920.01	Observación
423	L	14	45	5.65	0.00	0.00	0.12	5.77	259.65	233.66	Observación
424	H	14	96	10.75	0.00	0.00	0.12	10.99	1055.04	1274.49	Observación
425	L	14	96	8.95	0.00	0.00	0.12	9.07	862.32	1150.40	Observación
426	I	14	33	11.75	0.00	0.00	0.12	11.99	395.67	477.97	Observación
427	I	14	63	6.80	0.00	0.00	0.12	10.04	632.52	764.08	Observación
428	G	16	81	1.70	0.30	0.20	0.00	2.20	178.20	281.20	Observación
429	G	16	51	2.20	0.30	0.20	0.00	2.70	137.70	217.29	Observación
430	C	16	81	3.95	0.20	0.00	0.00	4.35	362.16	566.01	Observación
431	C	16	186	6.80	0.20	0.00	0.00	7.20	1339.20	2113.26	Observación
432	G	16	66	2.15	0.30	0.20	0.00	2.65	174.90	275.99	Observación
433	G	16	147	1.65	0.30	0.20	0.00	2.15	316.05	498.73	Observación
434	C	16	156	3.40	0.20	0.00	0.00	3.80	862.80	905.44	Observación
435	L	14	54	5.15	0.00	0.00	0.12	5.27	284.58	343.77	Observación
436	L	14	57	10.30	0.00	0.00	0.12	10.42	563.94	717.48	Observación
437	L	14	15	7.10	0.00	0.00	0.12	7.22	108.30	130.83	Observación
438	L	14	30	7.15	0.00	0.00	0.12	7.27	216.10	263.46	Observación
439	H	14	129	9.05	0.00	0.00	0.12	12.24	1175.04	1415.95	Observación
440	L	14	129	9.05	0.00	0.00	0.12	9.17	1182.93	1428.98	Observación
441	I	14	18	5.95	0.00	0.00	0.12	6.19	111.42	134.00	Observación
442	C	16	57	1.75	0.30	0.00	0.00	2.35	133.95	211.37	Observación
443	G	16	84	5.25	0.30	0.20	0.00	5.75	307.80	486.71	Observación
444	C	16	57	6.95	0.20	0.00	0.00	7.35	418.95	661.10	Observación
445	C	16	111	4.25	0.20	0.00	0.00	4.65	516.15	814.48	Observación
446	C	16	18	2.50	0.20	0.00	0.00	2.90	52.20	62.37	Observación
447	C	16	129	7.70	0.20	0.00	0.00	8.10	1044.90	1648.85	Observación
448	G	16	147	1.80	0.30	0.20	0.00	2.30	338.10	533.52	Observación

RESUMEN DE MATERIALES										
Ø (mm)	Ø	10	12	14	16	18	20	22	25	30
W (kg/m)	0.36	0.47	0.68	0.88	1.28	1.57	2.00	2.46	2.98	4.70
L (m)	0	0	6190.80	12564.41	5903.25	0	0	0	0	0
PERO (kg)	0.00	0.00	5497.43	4682.53	9115.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ACERO LOSAS (kg)										
Malla Electro-soldada: Tipo 4-15 (Kg)=4038.03										
HORMIGÓN Fc = 280 Kg/cm ²										
HORMIGÓN LOSAS (m ³) = 392.29										
ACERO TOTAL LOSAS (kg) = 3533.32										

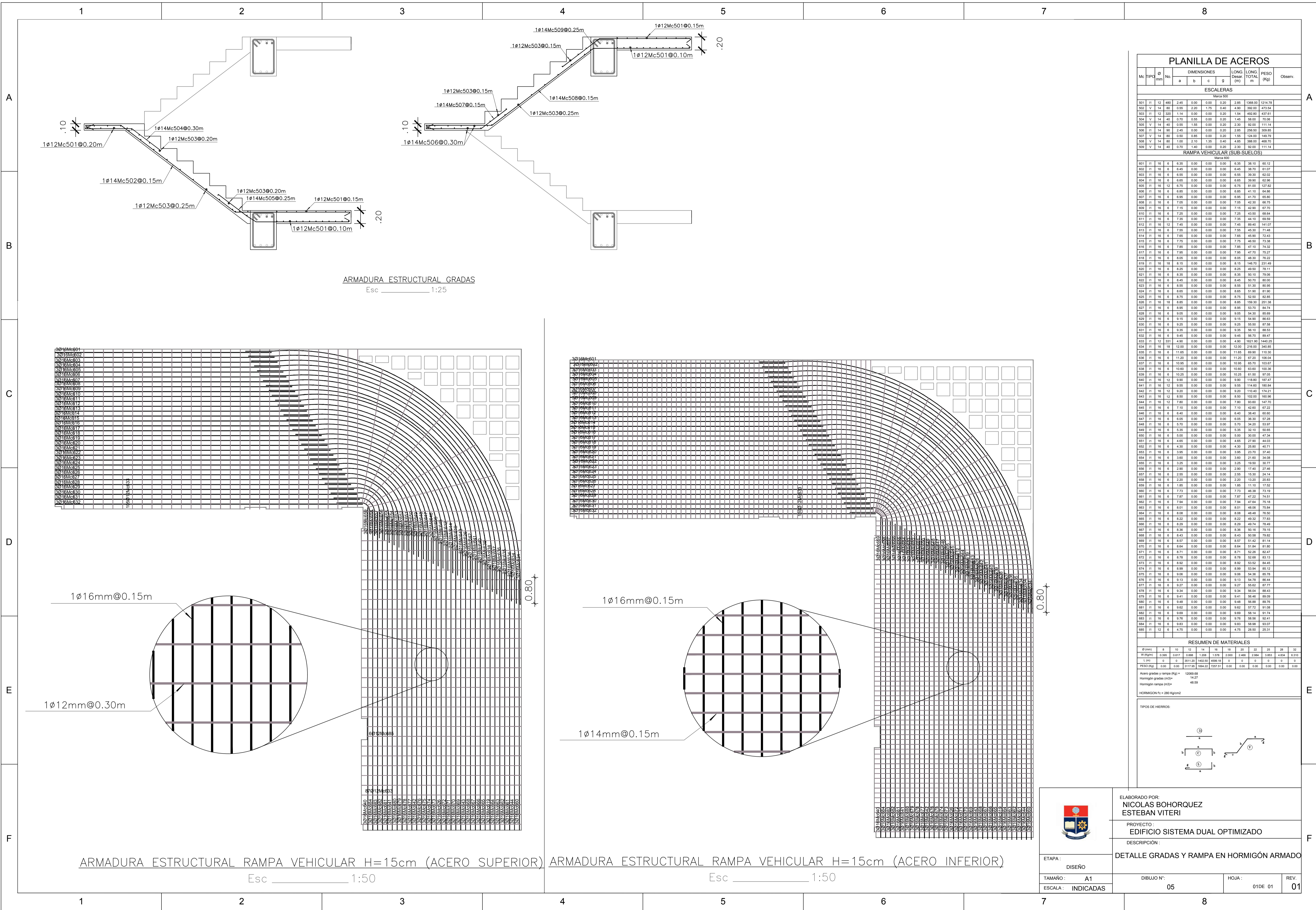


Ø	Ganchos de 90°		Ganchos de 135°		Ganchos de 180°	
	Número de diámetros	L	Número de diámetros	L	Número de diámetros	L
12 mm	7.2	14.4	14.4	19.2	7.2	6.5
14 mm	8.4	16.8	16.8	22.4	8.4	7.2
16 mm	9.6	19.2	19.2	25.6	9.6	8.4
18 mm	10.8	21.6	21.6	28.8	10.8	9.6
20 mm	12.0	24.0	24.0	32.0	12.0	10.8
22 mm	13.2	26.4	26.4	35.2	13.2	12.0
25 mm	15.0	30.0	30.0	40.0	15.0	14.4
28 mm	16.8	33.6	33.6	44.8	16.8	16.8

Ø	Ganchos de 90°		Ganchos de 135°		Ganchos de 180°	
	Número de diámetros	L	Número de diámetros	L	Número de diámetros	L
10 mm	4.0	7.5	7.5	10.5	4.0	3.5
12 mm	4.8	8.4	8.4	11.2	4.8	4.2
14 mm	5.6	9.8	9.8	13.2	5.6	4.8
16 mm	6.4	11.2	11.2	15.2	6.4	5.4
18 mm	7.2	12.6	12.6	17.2	7.2	6.0
20 mm	8.0	14.0	14.0	19.2	8.0	6.6
22 mm	8.8	15.4	15.4	21.2	8.8	7.2
25 mm	10.0	17.5	17.5	24.0	10.0	8.4
28 mm	11.2	19.6	19.6	26.8	11.2	9.6

TRASLAPES Y EMPALMES									
Ø	TRACCIÓN COMPRES.		LOSAS Y VIGAS		COLUMNAS				
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)			
12 mm	60.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00			
14 mm	70.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00			
16 mm	80.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00			
18 mm	90.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00			
20 mm	125.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00			
22 mm	135.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00			
25 mm	155.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00			
28 mm	170.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00			

EDIFICIO SISTEMA DUAL OPTIMIZADO									
ELABORADO POR:		NICOLAS BOHORQUEZ		ESTEBAN VITERI		PROYECTO:		DESCRIPCIÓN:	
ETAPA:		DISEÑO		TAMAÑO:		A1		INDICADAS	
DIBUJO N°:		04		HOJA:		01 DE 01		REV. 01	



PLANILLA DE ACEROS

Mc	TIPO	G mm	No.	DIMENSIONES			LONG. (Desar)	LONG. (TOTAL)	PESO (Kg)	Observ.
				a	b	c				

ESCALERAS										
501	II	12	480	245	0.00	0.00	0.20	2.85	1368.00	1214.78
502	V	14	80	0.55	2.20	1.75	0.40	4.90	392.00	473.54
503	II	12	300	1.14	0.00	0.00	0.20	1.54	462.00	437.61
504	V	14	40	0.70	0.55	0.00	0.20	1.45	58.00	70.08
505	V	14	40	0.55	1.55	0.00	0.20	2.30	62.00	111.14
506	II	14	90	2.40	0.00	0.00	0.20	2.65	256.50	309.85
507	V	14	80	0.50	0.85	0.00	0.20	1.55	134.00	149.29
508	V	14	80	1.00	2.10	1.35	0.40	4.85	388.00	468.70
509	V	14	40	0.70	1.40	0.00	0.20	2.30	62.00	111.14

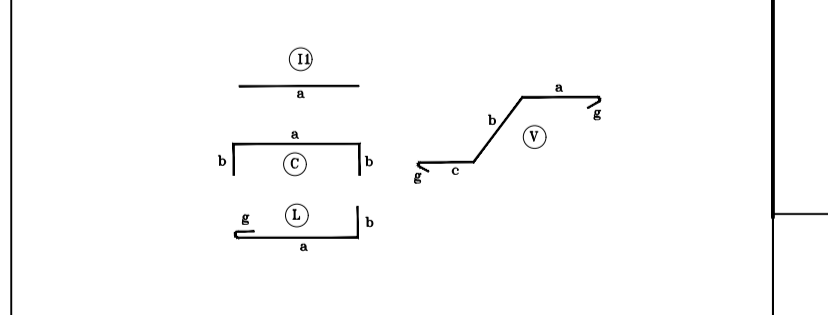
RAMPA VEHICULAR (SUB-SUELOS)

601	II	16	6	6.35	0.00	0.00	0.00	6.35	38.10	60.12
602	II	16	6	6.45	0.00	0.00	0.00	6.45	38.70	61.07
603	II	16	6	6.55	0.00	0.00	0.00	6.55	39.30	62.02
604	II	16	6	6.65	0.00	0.00	0.00	6.65	39.90	62.98
605	II	16	6	6.75	0.00	0.00	0.00	6.75	40.50	63.94
606	II	16	6	6.85	0.00	0.00	0.00	6.85	41.10	64.90
607	II	16	6	6.95	0.00	0.00	0.00	6.95	41.70	65.86
608	II	16	6	7.05	0.00	0.00	0.00	7.05	42.30	66.82
609	II	16	6	7.15	0.00	0.00	0.00	7.15	42.90	67.78
610	II	16	6	7.25	0.00	0.00	0.00	7.25	43.50	68.74
611	II	16	6	7.35	0.00	0.00	0.00	7.35	44.10	69.70
612	II	16	6	7.45	0.00	0.00	0.00	7.45	44.70	70.66
613	II	16	6	7.55	0.00	0.00	0.00	7.55	45.30	71.62
614	II	16	6	7.65	0.00	0.00	0.00	7.65	45.90	72.58
615	II	16	6	7.75	0.00	0.00	0.00	7.75	46.50	73.54
616	II	16	6	7.85	0.00	0.00	0.00	7.85	47.10	74.50
617	II	16	6	7.95	0.00	0.00	0.00	7.95	47.70	75.46
618	II	16	6	8.05	0.00	0.00	0.00	8.05	48.30	76.42
619	II	16	6	8.15	0.00	0.00	0.00	8.15	48.90	77.38
620	II	16	6	8.25	0.00	0.00	0.00	8.25	49.50	78.34
621	II	16	6	8.35	0.00	0.00	0.00	8.35	50.10	79.30
622	II	16	6	8.45	0.00	0.00	0.00	8.45	50.70	80.26
623	II	16	6	8.55	0.00	0.00	0.00	8.55	51.30	81.22
624	II	16	6	8.65	0.00	0.00	0.00	8.65	51.90	82.18
625	II	16	6	8.75	0.00	0.00	0.00	8.75	52.50	83.14
626	II	16	6	8.85	0.00	0.00	0.00	8.85	53.10	84.10
627	II	16	6	8.95	0.00	0.00	0.00	8.95	53.70	85.06
628	II	16	6	9.05	0.00	0.00	0.00	9.05	54.30	86.02
629	II	16	6	9.15	0.00	0.00	0.00	9.15	54.90	86.98
630	II	16	6	9.25	0.00	0.00	0.00	9.25	55.50	87.94
631	II	16	6	9.35	0.00	0.00	0.00	9.35	56.10	88.90
632	II	16	6	9.45	0.00	0.00	0.00	9.45	56.70	89.86
633	II	16	6	9.55	0.00	0.00	0.00	9.55	57.30	90.82
634	II	16	6	9.65	0.00	0.00	0.00	9.65	57.90	91.78
635	II	16	6	9.75	0.00	0.00	0.00	9.75	58.50	92.74
636	II	16	6	9.85	0.00	0.00	0.00	9.85	59.10	93.70
637	II	16	6	9.95	0.00	0.00	0.00	9.95	59.70	94.66
638	II	16	6	10.05	0.00	0.00	0.00	10.05	60.30	95.62
639	II	16	6	10.15	0.00	0.00	0.00	10.15	60.90	96.58
640	II	16	6	10.25	0.00	0.00	0.00	10.25	61.50	97.54
641	II	16	6	10.35	0.00	0.00	0.00	10.35	62.10	98.50
642	II	16	6	10.45	0.00	0.00	0.00	10.45	62.70	99.46
643	II	16	6	10.55	0.00	0.00	0.00	10.55	63.30	100.42
644	II	16	6	10.65	0.00	0.00	0.00	10.65	63.90	101.38
645	II	16	6	10.75	0.00	0.00	0.00	10.75	64.50	102.34
646	II	16	6	10.85	0.00	0.00	0.00	10.85	65.10	103.30
647	II	16	6	10.95	0.00	0.00	0.00	10.95	65.70	104.26
648	II	16	6	11.05	0.00	0.00	0.00	11.05	66.30	105.22
649	II	16	6	11.15	0.00	0.00	0.00	11.15	66.90	106.18
650	II	16	6	11.25	0.00	0.00	0.00	11.25	67.50	107.14
651	II	16	6	11.35	0.00	0.00	0.00	11.35	68.10	108.10
652	II	16	6	11.45	0.00	0.00	0.00	11.45	68.70	109.06
653	II	16	6	11.55	0.00	0.00	0.00	11.55	69.30	110.02
654	II	16	6	11.65	0.00	0.00	0.00	11.65	69.90	110.98
655	II	16	6	11.75	0.00	0.00	0.00	11.75	70.50	111.94
656	II	16	6	11.85	0.00	0.00	0.00	11.85	71.10	112.90
657	II	16	6	11.95	0.00	0.00	0.00	11.95	71.70	113.86
658	II	16	6	12.05	0.00	0.00	0.00	12.05	72.30	114.82
659	II	16	6	12.15	0.00	0.00	0.00	12.15	72.90	115.78
660	II	16	6	12.25	0.00	0.00	0.00	12.25	73.50	116.74
661	II	16	6	12.35	0.00	0.00	0.00	12.35	74.10	117.70
662	II	16	6	12.45	0.00	0.00	0.00	12.45	74.70	118.66
663	II	16	6	12.55	0.00	0.00	0.00	12.55	75.30	119.62
664	II	16	6	12.65	0.00	0.00	0.00	12.65	75.90	120.58
665	II	16	6	12.75	0.00	0.00	0.00	12.75	76.50	121.54
666	II	16	6	12.85	0.00	0.00	0.00	12.85	77.10	122.50
667	II	16	6	12.95	0.00	0.00	0.00	12.95	77.70	123.46
668	II	16	6	13.05	0.00	0.00	0.00	13.05	78.30	124.42
669	II	16	6	13.15	0.00	0.00	0.00	13.15	78.90	125.38
670	II	16	6	13.25	0.00	0.00	0.00	13.25	79.50	126.34
671	II	16	6	13.35	0.00	0.00	0.00	13.35	80.10	127.30
672	II	16	6	13.45	0.00	0.00	0.00	13.45	80.70	128.26
673	II	16	6	13.55	0.00	0.00	0.00	13.55	81.30	129.22
674	II	16	6	13.65	0.00	0.00	0.00	13.65	81.90	130.18
675	II	16	6	13.75	0.00	0.00	0.00	13.75	82.50	131.14
676	II	16	6	13.85	0.00	0.00	0.00	13.85	83.10	132.10
677	II	16	6	13.95	0.00	0.00	0.00	13.95	83.70	133.06
678	II	16	6	14.05	0.00	0.00	0.00	14.05	84.30	134.02
679	II	16	6	14.15	0.00	0.00	0.00	14.15	84.90	134.98
680	II	16	6	14.25	0.00	0.00	0.00	14.25	85.50	135.94
681	II	16	6	14.35	0.00	0.00	0.00	14.35	86.10	136.90
682	II	16	6	14.45	0.00	0.00	0.00	14.45	86.70	137.86
683	II	16	6	14.55	0.00	0.00	0.00	14.55	87.30	138.82
684	II	16	6	14.65	0.00	0.00	0.00	14.65	87.90	139.78
685	II	12	6	4.75	0.00	0.00	0.00	4.75	28.50	25.31

RESUMEN DE MATERIALES

Ø (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
W (Kg/m)	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	2.000	2.466	2.984	3.553	4.184	4.876
L (m)	0	0	3511.20	1402.50	4599.18	0	0	0	0	0	0
PESO (kg)	0.00	0.00	3117.95	1994.22	7257.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Acero gradas y rampa (Kg) = 12089.68
 Hormigón gradas (m³) = 14.27
 Hormigón rampa (m³) = 48.59
 HORMIGÓN f_c = 280 Kg/cm²

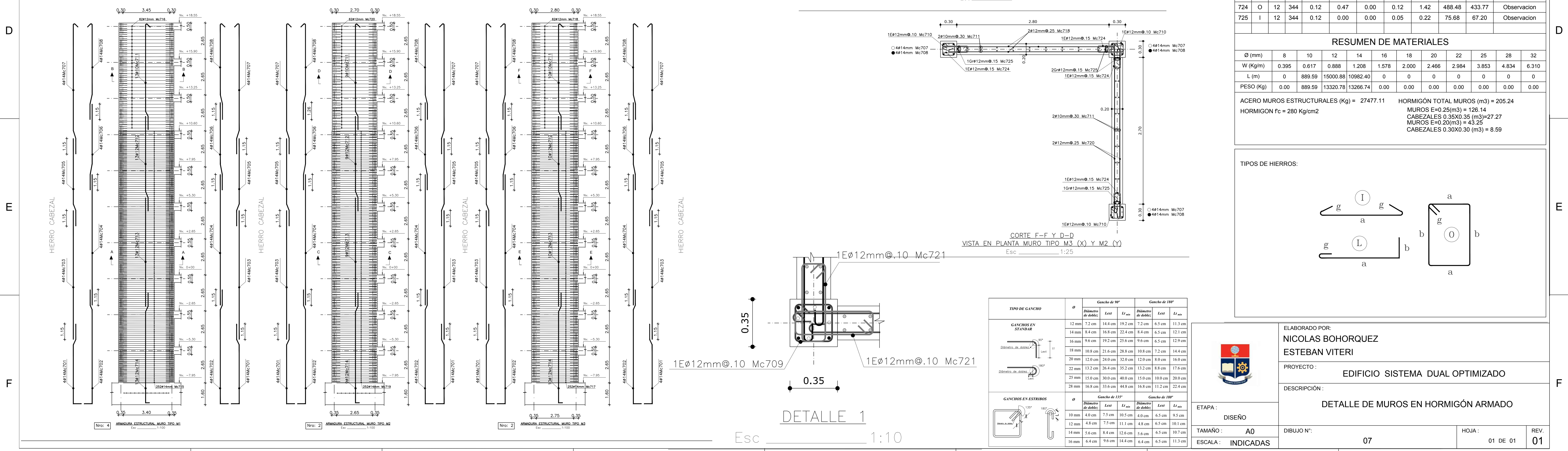
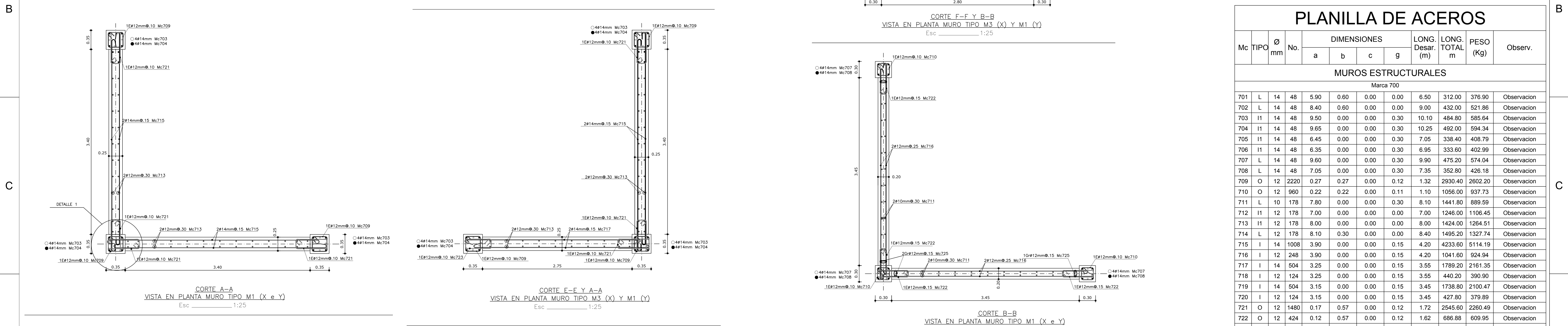
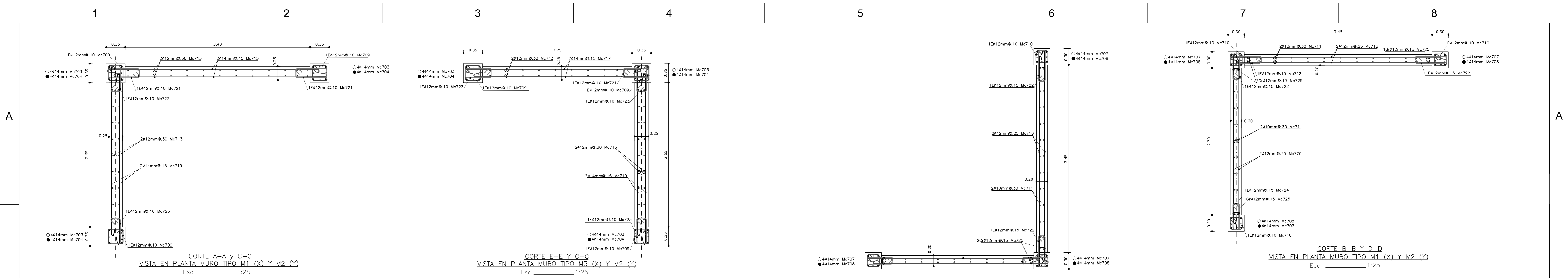


ELABORADO POR:
NICOLAS BOHORQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA DUAL OPTIMIZADO

DESCRIPCIÓN:
DETALLE GRADAS Y RAMPA EN HORMIGÓN ARMADO

ETAPA:	DISEÑO	DIBUJO N°:	05	HOJA:	01DE 01	REV.	01
TAMAÑO:	A1						
ESCALA:	INDICADAS						



PLANILLA DE ACEROS

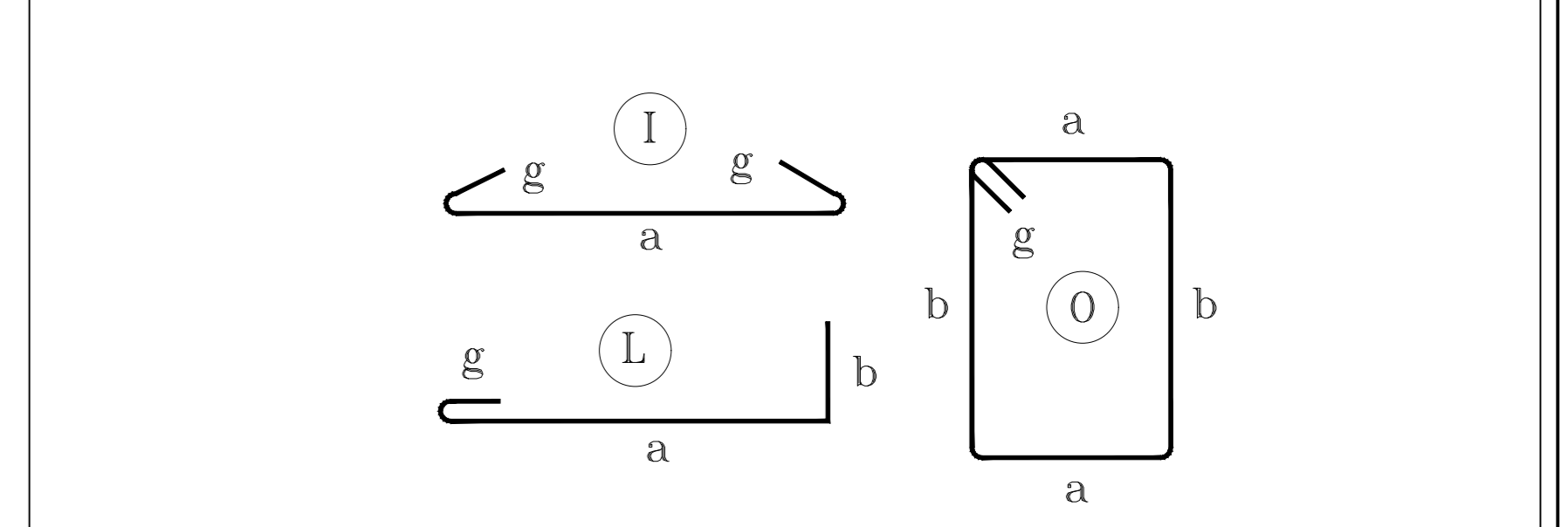
Mc	TIPO	Ø	No.	DIMENSIONES				LONG. Desar. (m)	LONG. TOTAL m	PESO (Kg)	Observ.
				a	b	c	g				
MUROS ESTRUCTURALES											
Marca 700											
701	L	14	48	5.90	0.60	0.00	0.00	6.50	312.00	376.90	Observacion
702	L	14	48	8.40	0.60	0.00	0.00	9.00	432.00	521.86	Observacion
703	I1	14	48	9.50	0.00	0.00	0.30	10.10	484.80	585.64	Observacion
704	I1	14	48	9.65	0.00	0.00	0.30	10.25	492.00	594.34	Observacion
705	I1	14	48	6.45	0.00	0.00	0.30	7.05	338.40	408.79	Observacion
706	I1	14	48	6.35	0.00	0.00	0.30	6.95	333.60	402.99	Observacion
707	L	14	48	9.60	0.00	0.00	0.30	9.90	475.20	574.04	Observacion
708	L	14	48	7.05	0.00	0.00	0.30	7.35	352.80	426.18	Observacion
709	O	12	2220	0.27	0.27	0.00	0.12	1.32	2930.40	2602.20	Observacion
710	O	12	960	0.22	0.22	0.00	0.11	1.10	1056.00	937.73	Observacion
711	L	10	178	7.80	0.00	0.00	0.30	8.10	1441.80	889.59	Observacion
712	I1	12	178	7.00	0.00	0.00	0.00	7.00	1246.00	1106.45	Observacion
713	I1	12	178	8.00	0.00	0.00	0.00	8.00	1424.00	1264.51	Observacion
714	L	12	178	8.10	0.30	0.00	0.00	8.40	1495.20	1327.74	Observacion
715	I	14	1008	3.90	0.00	0.00	0.15	4.20	4233.60	5114.19	Observacion
716	I	12	248	3.90	0.00	0.00	0.15	4.20	1041.60	924.94	Observacion
717	I	14	504	3.25	0.00	0.00	0.15	3.55	1789.20	2161.35	Observacion
718	I	12	124	3.25	0.00	0.00	0.15	3.55	440.20	390.90	Observacion
719	I	14	504	3.15	0.00	0.00	0.15	3.45	1738.80	2100.47	Observacion
720	I	12	124	3.15	0.00	0.00	0.15	3.45	427.80	379.89	Observacion
721	O	12	1480	0.17	0.57	0.00	0.12	1.72	2545.60	2260.49	Observacion
722	O	12	424	0.12	0.57	0.00	0.12	1.62	686.88	609.95	Observacion
723	O	12	752	0.17	0.47	0.00	0.12	1.52	1143.04	1015.02	Observacion
724	O	12	344	0.12	0.47	0.00	0.12	1.42	488.48	433.77	Observacion
725	I	12	344	0.12	0.00	0.00	0.05	0.22	75.68	67.20	Observacion

RESUMEN DE MATERIALES

Ø (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
W (Kg/m)	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	2.000	2.466	2.984	3.853	4.834	6.310
L (m)	0	889.59	15000.88	10982.40	0	0	0	0	0	0	0
PESO (Kg)	0.00	889.59	13320.78	13266.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ACERO MUROS ESTRUCTURALES (Kg) = 27477.11 HORMIGÓN TOTAL MUROS (m³) = 205.24
 MUROS E=0.25(m³) = 126.14 CABEZALES 0.35X0.35 (m³)=27.27
 MUROS E=0.20(m³) = 43.25 CABEZALES 0.30X0.30 (m³) = 8.99

TIPOS DE HIERROS:



TIPO DE GANCHO	Ø	Gancho de 90°			Gancho de 180°		
		Diámetro de doblado	Escr	E _{des}	Diámetro de doblado	Escr	E _{des}
GANCHO EN STANDER	12 mm	7.2 cm	14.4 cm	19.2 cm	7.2 cm	6.5 cm	11.3 cm
	14 mm	8.4 cm	16.8 cm	22.4 cm	8.4 cm	6.5 cm	12.1 cm
	16 mm	9.6 cm	19.2 cm	25.6 cm	9.6 cm	6.5 cm	12.9 cm
	18 mm	10.8 cm	21.6 cm	28.8 cm	10.8 cm	7.2 cm	14.4 cm
	20 mm	12.0 cm	24.0 cm	32.0 cm	12.0 cm	8.0 cm	16.0 cm
	22 mm	13.2 cm	26.4 cm	35.2 cm	13.2 cm	8.0 cm	17.6 cm
GANCHO EN ESTRIBOS	25 mm	15.0 cm	30.0 cm	40.0 cm	15.0 cm	10.0 cm	20.0 cm
	28 mm	16.8 cm	33.6 cm	44.8 cm	16.8 cm	11.2 cm	22.4 cm
	30 mm	18.0 cm	36.0 cm	48.0 cm	18.0 cm	12.0 cm	24.0 cm
	32 mm	19.2 cm	38.4 cm	51.2 cm	19.2 cm	12.8 cm	25.6 cm

ELABORADO POR:
NICOLAS BOHORQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA DUAL OPTIMIZADO

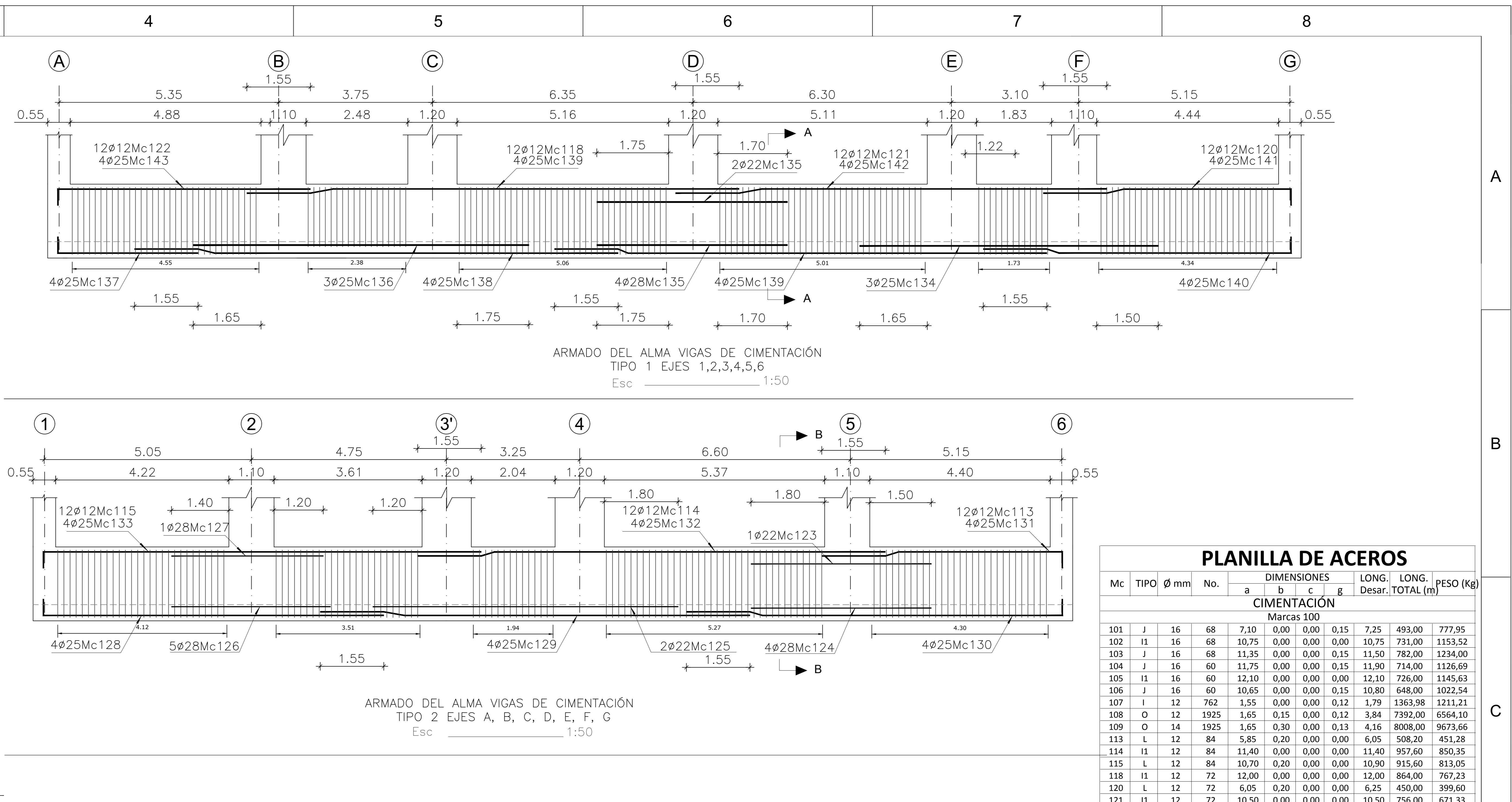
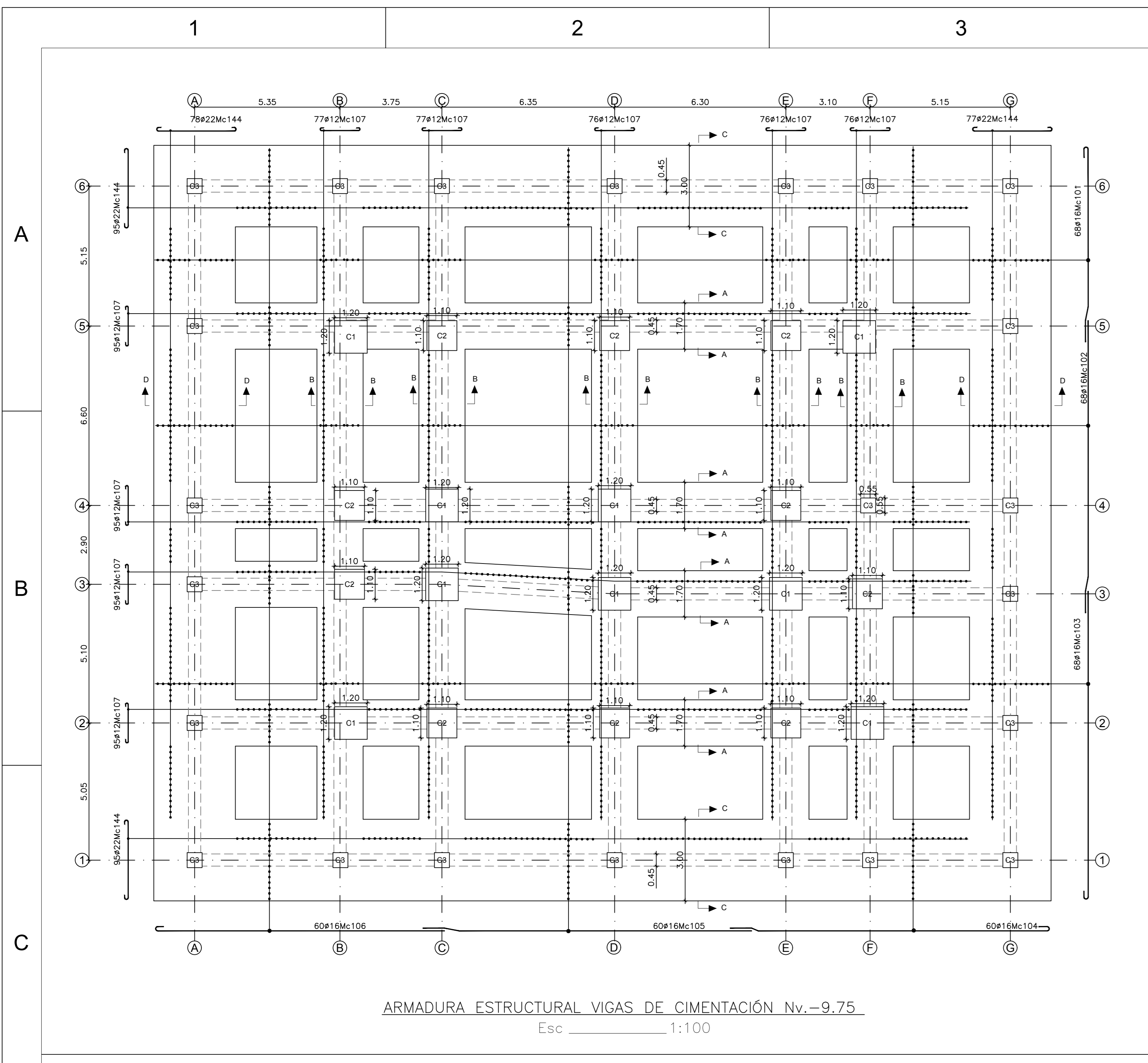
DESCRIPCIÓN:
DETALLE DE MUROS EN HORMIGÓN ARMADO

ETAPA:
DISEÑO

TAMAÑO: A0
ESCALA: INDICADAS

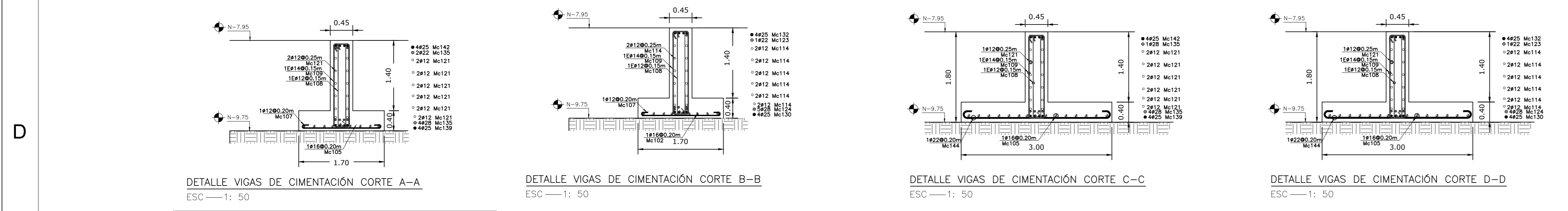
REVISIÓN:
01 DE 01

SISTEMA APORTICADO EQUIVALENTE



PLANILLA DE ACEROS

Mc	TIPO	Ø mm	No.	DIMENSIONES			LONG. Desar.	LONG. TOTAL (m)	PESO (Kg)
				a	b	c			
CIMENTACIÓN									
Marcas 100									
101	J	16	68	7,10	0,00	0,00	0,15	7,25	493,00
102	II	16	68	10,75	0,00	0,00	0,00	10,75	731,00
103	J	16	68	11,35	0,00	0,00	0,15	11,50	782,00
104	J	16	60	11,75	0,00	0,00	0,15	11,90	714,00
105	II	16	60	12,10	0,00	0,00	0,00	12,10	726,00
106	J	16	60	10,65	0,00	0,00	0,15	10,80	648,00
107	I	12	762	1,55	0,00	0,00	0,12	1,79	1363,98
108	O	12	1925	1,65	0,15	0,00	0,12	3,84	7392,00
109	O	14	1925	1,65	0,30	0,00	0,13	4,16	8008,00
113	L	12	84	5,85	0,20	0,00	0,00	6,05	508,20
114	II	12	84	11,40	0,00	0,00	0,00	11,40	957,60
115	L	12	84	10,70	0,20	0,00	0,00	10,90	915,60
118	II	12	72	12,00	0,00	0,00	0,00	12,00	864,00
120	L	12	72	6,05	0,20	0,00	0,00	6,25	450,00
121	II	12	72	10,50	0,00	0,00	0,00	10,50	756,00
122	L	12	72	6,15	0,20	0,00	0,00	6,35	457,20
123	II	22	7	4,40	0,00	0,00	0,00	4,40	30,80
124	II	28	28	4,40	0,00	0,00	0,00	4,40	123,20
125	II	22	14	7,45	0,00	0,00	0,00	7,45	104,30
126	II	28	35	3,90	0,00	0,00	0,00	3,90	136,50
127	II	28	7	3,70	0,00	0,00	0,00	3,70	25,90
128	L	25	28	8,30	0,40	0,00	0,00	8,70	243,60
129	II	25	28	10,50	0,00	0,00	0,00	10,50	294,00
130	L	25	28	9,15	0,40	0,00	0,00	9,55	267,40
131	L	25	28	5,85	0,40	0,00	0,00	6,25	175,00
132	II	25	28	11,40	0,40	0,00	0,00	11,80	330,40
133	L	25	28	10,70	0,40	0,00	0,00	11,10	310,80
134	II	25	18	7,30	0,00	0,00	0,00	7,30	131,40
135	II	28	24	4,65	0,00	0,00	0,00	4,65	111,60
136	II	25	18	8,20	0,00	0,00	0,00	8,20	147,60
137	L	25	24	3,40	0,40	0,00	0,00	3,80	91,20
138	II	25	24	11,80	0,00	0,00	0,00	11,80	283,20
139	II	25	48	12,00	0,00	0,00	0,00	12,00	576,00
140	L	25	24	7,50	0,40	0,00	0,00	7,90	189,60
141	L	25	24	6,05	0,40	0,00	0,00	6,45	154,80
142	II	25	24	10,50	0,00	0,00	0,00	10,50	252,00
143	L	25	24	6,15	0,40	0,00	0,00	6,55	157,20
144	I	22	345	2,85	0,00	0,00	0,18	3,21	1107,45
145	L	10	330	4,20	0,30	0,00	0,00	4,50	1485,00



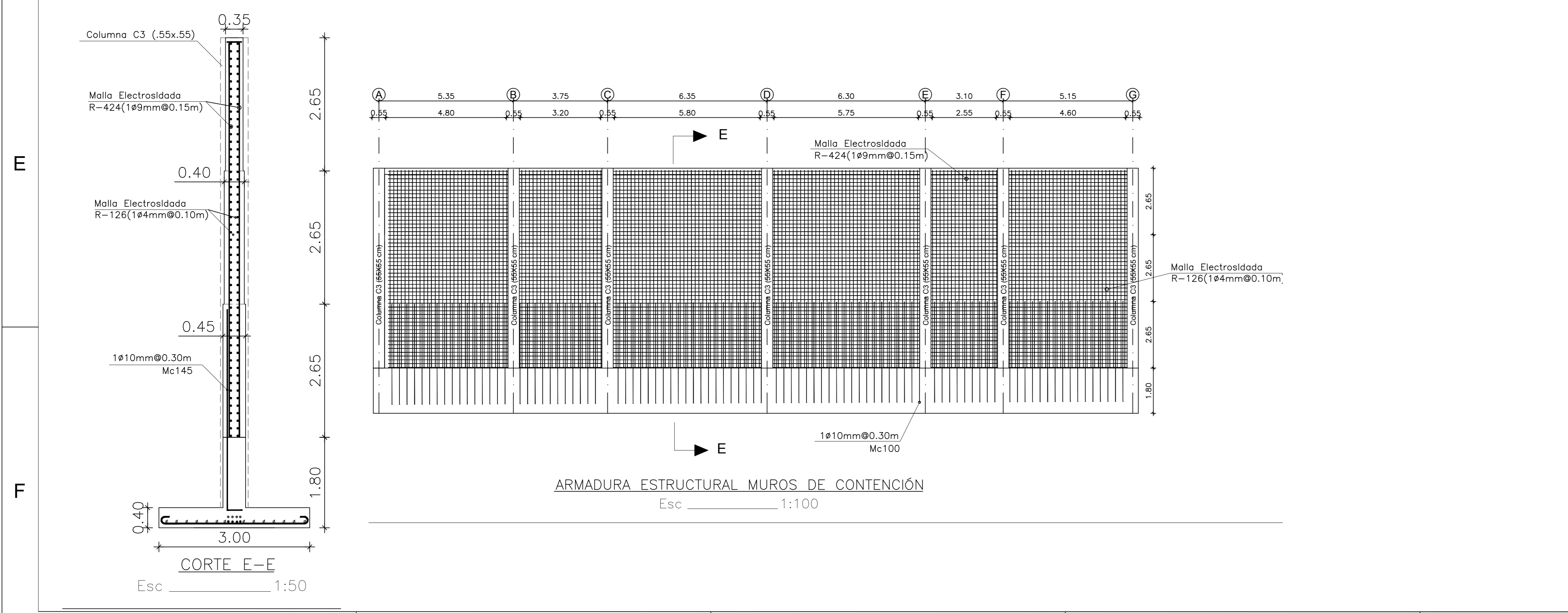
TRASLAPES Y EMPALMES

Ø	TRACCIÓN		LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS
	(cm)	(cm)		
12 mm	60,00	30,00	<p>Los empalmes L se ubicarán en el tercio central. No se empalmarán más del 50% de la armadura en una misma sección.</p>	
14 mm	70,00	30,00		
16 mm	80,00	30,00		
18 mm	90,00	30,00		
20 mm	125,00	40,00		
22 mm	135,00	50,00		
25 mm	155,00	60,00		
28 mm	170,00	75,00		

RESUMEN DE MATERIALES

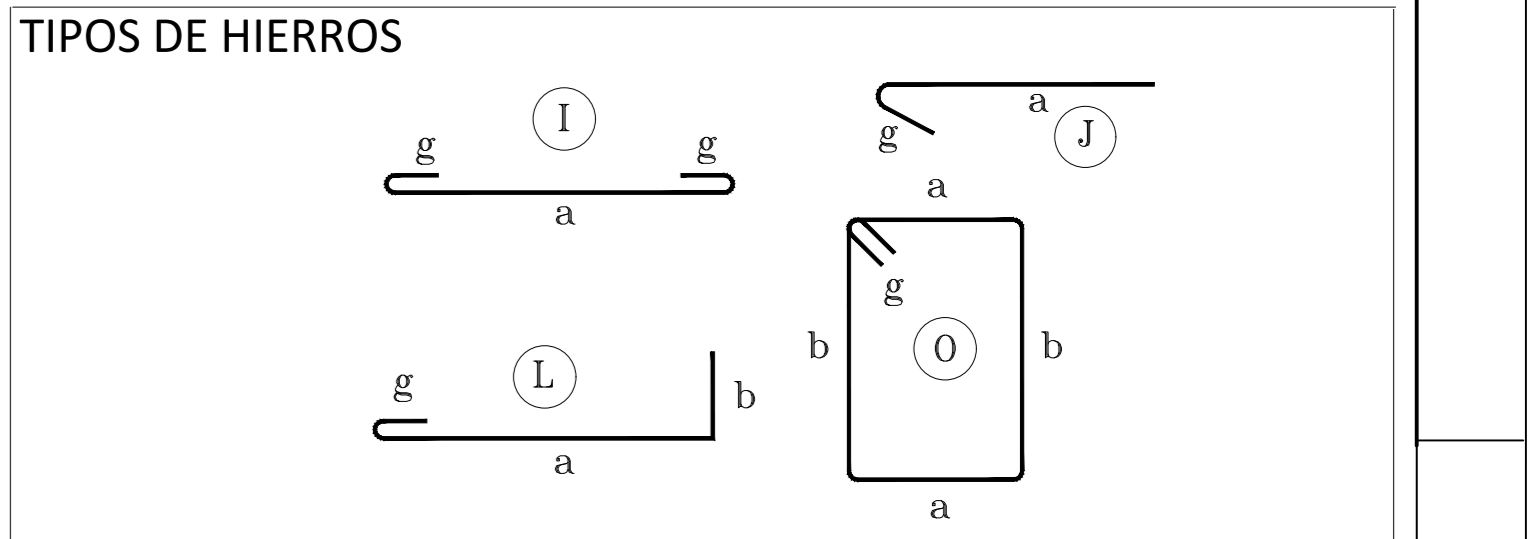
Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28
W(kg/m)	0,617	0,888	1,208	1,578	2,000	2,466	2,984	3,853	4,834
L(m)	1419,00	13664,58	8008,00	4094,00	0,00	0,00	1242,55	3604,20	397,20
PESO (Kg)	875,52	12134,15	9673,66	6460,33	0,00	0,00	3707,77	13886,98	1920,06

Acero vigas Cim (Kg) = 47782,96
 HORMIGÓN f'c (kg/cm2) = 280
 Malla Electrodoada: Tipo R-424 (Kg) = 5301,53
 Tipo R-126 (Kg) = 3547,69
 Volumen hormigón (m3) = 482,09
 Acero muros de contención (kg) = 916,25
 Total Acero muros de contención (kg) = 9765,47
 Volumen muros de contención (m3) = 317,11



TIPO DE GANCHO

TIPO DE GANCHO	Ø	Gancho de 90°			Gancho de 180°			
		Diámetro de doblez	Lext	Li min	Diámetro de doblez	Lext	Li min	
GANCHOS EN STANDAR	12 mm	7.2 cm	14.4 cm	19.2 cm	7.2 cm	6.5 cm	11.3 cm	
	14 mm	8.4 cm	16.8 cm	22.4 cm	8.4 cm	6.5 cm	12.1 cm	
	16 mm	9.6 cm	19.2 cm	25.6 cm	9.6 cm	6.5 cm	12.9 cm	
	18 mm	10.8 cm	21.6 cm	28.8 cm	10.8 cm	7.2 cm	14.4 cm	
	20 mm	12.0 cm	24.0 cm	32.0 cm	12.0 cm	8.0 cm	16.0 cm	
	22 mm	13.2 cm	26.4 cm	35.2 cm	13.2 cm	8.8 cm	17.6 cm	
GANCHOS EN ESTRIBOS	25 mm	15.0 cm	30.0 cm	40.0 cm	15.0 cm	10.0 cm	20.0 cm	
	28 mm	16.8 cm	33.6 cm	44.8 cm	16.8 cm	11.2 cm	22.4 cm	
	GANCHOS EN ESTRIBOS	Ø	Gancho de 135°			Gancho de 180°		
			Diámetro de doblez	Lext	Li min	Diámetro de doblez	Lext	Li min
GANCHOS EN ESTRIBOS	10 mm	4.0 cm	7.5 cm	10.5 cm	4.0 cm	6.5 cm	9.5 cm	
	12 mm	4.8 cm	7.5 cm	11.1 cm	4.8 cm	6.5 cm	10.1 cm	
	14 mm	5.6 cm	8.4 cm	12.6 cm	5.6 cm	6.5 cm	10.7 cm	
	16 mm	6.4 cm	9.6 cm	14.4 cm	6.4 cm	6.5 cm	11.3 cm	



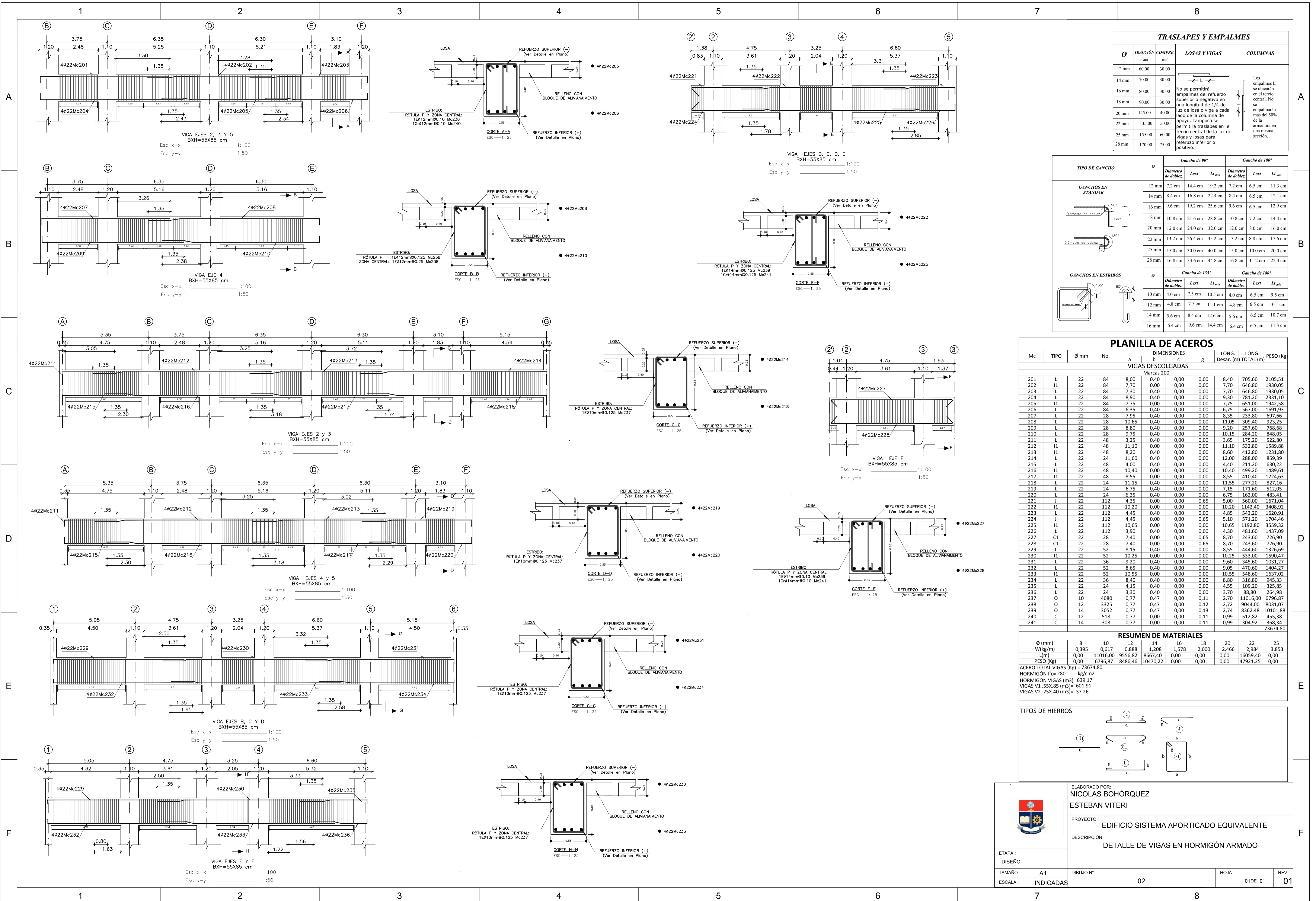
ELABORADO POR:
Nicolás Bohorquez
Esteban Viteri

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA APORTICADO EQUIVALENTE

DESCRIPCIÓN:
DETALLE VIGAS DE CIMENTACIÓN Y MURO DE CONTENCIÓN

ETAPA: DISEÑO
TAMAÑO: A0
ESCALA: INDICADAS

DIBUJO N°: 01
HOJA: 01 DE 01
REV: 01



TRASLAPES Y EMPALMES

Ø	TRACCIÓN (cm)	COMPRESIÓN (cm)	LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS
12 mm	60.00	30.00		Los empalmes L se ubicarán en el tercio central. No se empalmarán más del 50% de la armadura en una misma sección.
14 mm	70.00	30.00		
16 mm	80.00	30.00		
18 mm	90.00	30.00		
20 mm	125.00	40.00		
22 mm	135.00	50.00		
25 mm	155.00	60.00		
28 mm	170.00	75.00		

TIPO DE GANCHO

TIPO DE GANCHO	Ø	Gancho de 90°			Gancho de 180°		
		Diámetro de doblar	Lex	Li min	Diámetro de doblar	Lex	Li min
GANCHOS EN STANDAR	12 mm	7.2 cm	14.4 cm	19.2 cm	7.2 cm	6.5 cm	11.3 cm
	14 mm	8.4 cm	16.8 cm	22.4 cm	8.4 cm	6.5 cm	12.1 cm
	16 mm	9.6 cm	19.2 cm	25.6 cm	9.6 cm	6.5 cm	12.9 cm
	18 mm	10.8 cm	21.6 cm	28.8 cm	10.8 cm	7.2 cm	14.4 cm
	20 mm	12.0 cm	24.0 cm	32.0 cm	12.0 cm	8.0 cm	16.0 cm
	22 mm	13.2 cm	26.4 cm	35.2 cm	13.2 cm	8.8 cm	17.6 cm
GANCHOS EN ESTRIBOS	10 mm	4.0 cm	7.5 cm	10.5 cm	4.0 cm	6.5 cm	9.5 cm
	12 mm	4.8 cm	7.5 cm	11.1 cm	4.8 cm	6.5 cm	10.1 cm
	14 mm	5.6 cm	8.4 cm	12.6 cm	5.6 cm	6.5 cm	10.7 cm
	16 mm	6.4 cm	9.6 cm	14.4 cm	6.4 cm	6.5 cm	11.3 cm

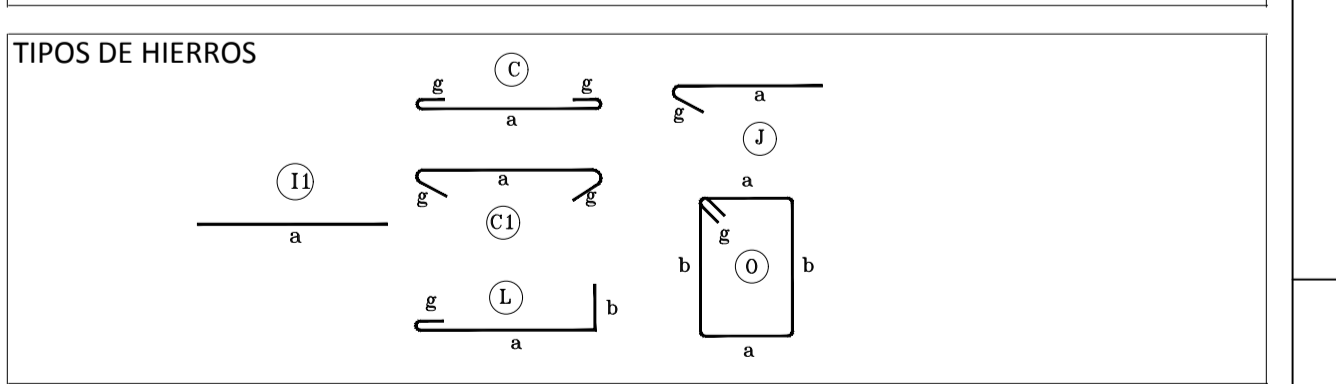
PLANILLA DE ACEROS

Mc	TIPO	Ø mm	No.	DIMENSIONES				LONG. Desar. (m)	LONG. TOTAL (m)	PESO (Kg)
				a	b	c	g			
VIGAS DESCOLGADAS										
Marcas 200										
201	L	22	84	8.00	0.40	0.00	0.00	8.40	705.60	2105.51
202	I1	22	84	7.70	0.00	0.00	0.00	7.70	646.80	1930.05
203	L	22	84	7.30	0.40	0.00	0.00	7.70	646.80	1930.05
204	L	22	84	8.90	0.40	0.00	0.00	9.30	781.20	2331.10
205	I1	22	84	7.75	0.00	0.00	0.00	7.75	651.00	1942.58
206	L	22	84	6.35	0.40	0.00	0.00	6.75	567.00	1691.93
207	L	22	28	7.95	0.40	0.00	0.00	8.35	233.80	697.66
208	L	22	28	10.65	0.40	0.00	0.00	11.05	309.40	923.25
209	L	22	28	8.80	0.40	0.00	0.00	9.20	257.60	768.68
210	L	22	28	9.75	0.40	0.00	0.00	10.15	284.20	848.05
211	L	22	48	3.25	0.40	0.00	0.00	3.65	175.20	522.80
212	I1	22	48	11.10	0.00	0.00	0.00	11.10	532.80	1589.88
213	I1	22	48	8.20	0.40	0.00	0.00	8.60	412.80	1231.80
214	L	22	24	11.60	0.40	0.00	0.00	12.00	288.00	859.39
215	L	22	48	4.00	0.40	0.00	0.00	4.40	211.20	630.22
216	I1	22	48	10.40	0.00	0.00	0.00	10.40	499.20	1489.61
217	I1	22	48	8.55	0.00	0.00	0.00	8.55	410.40	1224.63
218	L	22	24	11.15	0.40	0.00	0.00	11.55	277.20	827.16
219	L	22	24	6.75	0.40	0.00	0.00	7.15	171.60	512.05
220	L	22	24	6.35	0.40	0.00	0.00	6.75	162.00	483.41
221	J	22	112	4.35	0.00	0.65	5.00	5.60	560.00	1671.04
222	I1	22	112	10.20	0.00	0.00	0.00	10.20	1142.40	3408.92
223	L	22	112	4.45	0.40	0.00	0.00	4.85	543.20	1620.91
224	J	22	112	4.45	0.00	0.65	5.10	5.71	571.20	1704.46
225	I1	22	112	10.65	0.00	0.00	0.00	10.65	1192.80	3559.32
226	L	22	112	3.90	0.40	0.00	0.00	4.30	481.60	1437.09
227	C1	22	28	7.40	0.00	0.00	0.65	8.70	243.60	726.90
228	C1	22	28	7.40	0.00	0.00	0.65	8.70	243.60	726.90
229	L	22	52	8.15	0.40	0.00	0.00	8.55	444.60	1326.69
230	I1	22	52	10.25	0.00	0.00	0.00	10.25	533.00	1590.47
231	L	22	36	9.20	0.40	0.00	0.00	9.60	345.60	1031.27
232	L	22	52	8.65	0.40	0.00	0.00	9.05	470.60	1404.27
233	I1	22	52	10.55	0.00	0.00	0.00	10.55	548.60	1637.02
234	L	22	36	8.40	0.40	0.00	0.00	8.80	316.80	945.33
235	L	22	24	4.15	0.40	0.00	0.00	4.55	109.20	325.85
236	L	22	24	3.30	0.40	0.00	0.00	3.70	88.80	264.98
237	O	10	4080	0.77	0.47	0.00	0.11	2.70	11016.00	6796.87
238	O	12	3325	0.77	0.47	0.00	0.12	2.72	9044.00	8031.07
239	O	14	3052	0.77	0.47	0.00	0.13	2.74	8362.48	10101.88
240	C	12	518	0.77	0.00	0.11	0.99	512.82	455.38	
241	C	14	308	0.77	0.00	0.11	0.99	304.92	368.34	73674.80

RESUMEN DE MATERIALES

Ø (mm)	8	10	12	16	18	20	22	25
W(kg/m)	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	2.000	2.466	3.853
L(m)	0.00	11016.00	9556.82	8667.40	0.00	0.00	0.00	16059.40
PESO (Kg)	0.00	6796.87	8486.46	10470.22	0.00	0.00	0.00	47921.25

ACERO TOTAL VIGAS (Kg) = 73674.80
 HORMIGÓN Fc = 280 kg/cm²
 HORMIGÓN VIGAS (m³) = 639.17
 VIGAS V1. 55X.85 (m³) = 601.91
 VIGAS V2. 25X.40 (m³) = 37.26



ELABORADO POR:
NICOLAS BOHÓRQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA APORTICADO EQUIVALENTE

DESCRIPCIÓN:
DETALLE DE VIGAS EN HORMIGÓN ARMADO

ETAPA: DISEÑO

TAMAÑO: A1

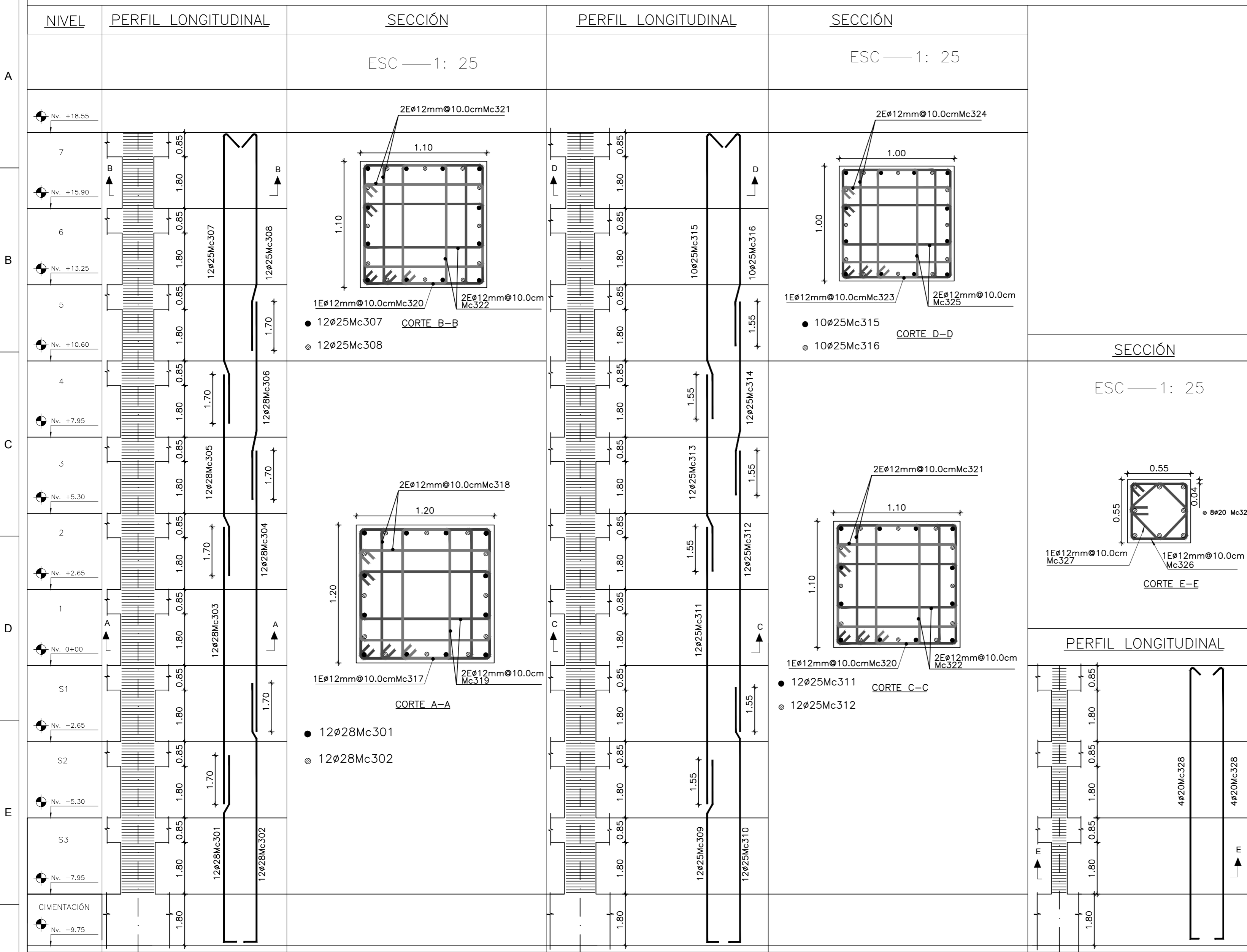
ESCALA: INDICADAS

DIBUJO N°: 02

HOJA: 01 DE 01

REV: 01

CUADRO DE COLUMNA



TRASLAPES Y EMPALMES

Ø (cm)	TRACCIÓN (cm)	COMPRESIÓN (cm)	LOSAS Y VIGAS	COLUMNAS
12 mm	60.00	30.00		
14 mm	70.00	30.00		
16 mm	80.00	30.00		
18 mm	90.00	30.00		
20 mm	125.00	40.00		
22 mm	135.00	50.00		
25 mm	155.00	60.00		
28 mm	170.00	75.00		

Los empalmes L se ubicarán en el tercio central. No se empalmarán más del 50% de la armadura en una misma sección.

TIPO DE GANCHO

TIPO DE GANCHO	Ø	Gancho de 90°		Gancho de 180°	
		Diámetro de doblez	Leat	Diámetro de doblez	Leat
GANCHOS EN TRABEAS	12 mm	7.2 cm	14.4 cm	19.2 cm	7.2 cm
	14 mm	8.4 cm	16.8 cm	22.4 cm	8.4 cm
	16 mm	9.6 cm	19.2 cm	25.6 cm	9.6 cm
	18 mm	10.8 cm	21.6 cm	28.8 cm	10.8 cm
GANCHOS EN ESTRIBOS	10 mm	4.0 cm	7.5 cm	10.5 cm	4.0 cm
	12 mm	4.8 cm	7.5 cm	11.1 cm	4.8 cm
	14 mm	5.6 cm	8.4 cm	12.6 cm	5.6 cm
	16 mm	6.4 cm	9.6 cm	14.4 cm	6.4 cm

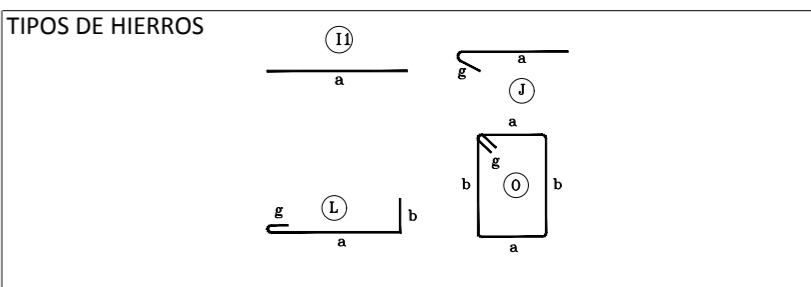
PLANILLA DE ACEROS

Mc	TIPO	Ø mm	No.	DIMENSIONES			LONG. Desar. (m)	LONG. TOTAL (m)	PESO (Kg)	
				a	b	c				
COLUMNAS										
Marcas 300										
301	L	28	108	6,50	0,45	0,00	6,95	750,60	3628,40	
302	L	28	108	9,00	0,45	0,00	9,45	1020,60	4933,58	
303	I1	28	108	9,65	0,00	0,00	9,65	1042,20	5037,99	
304	I1	28	108	9,80	0,00	0,00	9,80	1058,40	5116,31	
305	I1	28	108	7,00	0,00	0,00	7,00	756,00	3654,50	
306	I1	28	108	6,90	0,00	0,00	6,90	745,20	3602,30	
307	J	25	108	10,05	0,00	0,00	10,65	1150,20	4431,72	
308	J	25	108	7,50	0,00	0,00	8,10	874,80	3370,60	
309	L	25	120	6,35	0,40	0,00	6,75	810,00	3120,93	
310	L	25	120	8,85	0,40	0,00	9,25	1110,00	4276,83	
311	I1	25	120	9,65	0,00	0,00	9,65	1158,00	4461,77	
312	I1	25	120	9,80	0,00	0,00	9,80	1176,00	4531,13	
313	I1	25	120	6,85	0,00	0,00	6,85	822,00	3167,17	
314	I1	25	120	6,75	0,00	0,00	6,75	810,00	3120,93	
315	J	25	100	9,90	0,00	0,00	10,50	1050,00	4045,65	
316	J	25	100	7,35	0,00	0,00	7,95	795,00	3063,14	
317	O	12	1665	1,12	1,12	0,00	1,12	4,72	7858,80	6978,61
318	O	12	3330	1,12	0,80	0,00	1,12	4,08	13586,40	12064,72
319	O	12	3330	1,12	0,40	0,00	1,12	3,28	10922,40	9699,09
320	O	12	2570	1,02	1,02	0,00	1,12	4,32	11102,40	9858,93
321	O	12	5140	1,02	0,72	0,00	1,12	3,72	19120,80	16979,27
322	O	12	5140	1,02	0,38	0,00	1,12	3,04	15625,60	13875,53
323	O	12	800	0,92	0,92	0,00	1,12	3,92	3136,00	2784,77
324	O	12	1600	0,92	0,65	0,00	1,12	3,38	5408,00	4802,30
325	O	12	1600	0,92	0,35	0,00	1,12	2,78	4448,00	3949,82
326	O	12	1840	0,47	0,47	0,00	1,12	2,12	3900,80	3463,91
327	O	12	1840	0,35	0,35	0,00	1,12	1,64	3017,60	2679,63
328	L	20	184	9,35	0,35	0,00	0,40	10,10	1858,40	4582,81

RESUMEN DE MATERIALES

Ø (mm)	10	12	14	16	18	20	22	25	28
W(kg/m)	0,617	0,888	1,208	1,578	2,000	2,466	2,984	3,853	4,834
L(m)	0,00	98126,80	0,00	0,00	0,00	1858,40	0,00	9756,00	5373,00
PESO (Kg)	0,00	87136,60	0,00	0,00	0,00	4582,81	0,00	37589,87	25973,08

ACERO COLUMNAS (Kg)= 155282,36
 HORMIGÓN COLUMNAS (m3)= 704,54
 HORMIGÓN f'c= 280 kg/cm2
 COLUMNAS C1 Inf. 1.2x1.2 (m3)= 249,48
 COLUMNAS C1 Sup. 1.1x1.1 (m3)= 86,49
 COLUMNAS C2 Inf. 1.1x1.1 (m3)= 232,93
 COLUMNAS C2 Sup. 1.0x1.0 (m3)= 80,33
 COLUMNAS C3 0.55x0.55 (m3)= 55,31



ELABORADO POR:
NICOLAS BOHORQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA APORTICADO EQUIVALENTE

DESCRIPCIÓN:
DETALLE DE COLUMNAS EN HORMIGÓN ARMADO

ETAPA:
 DISEÑO

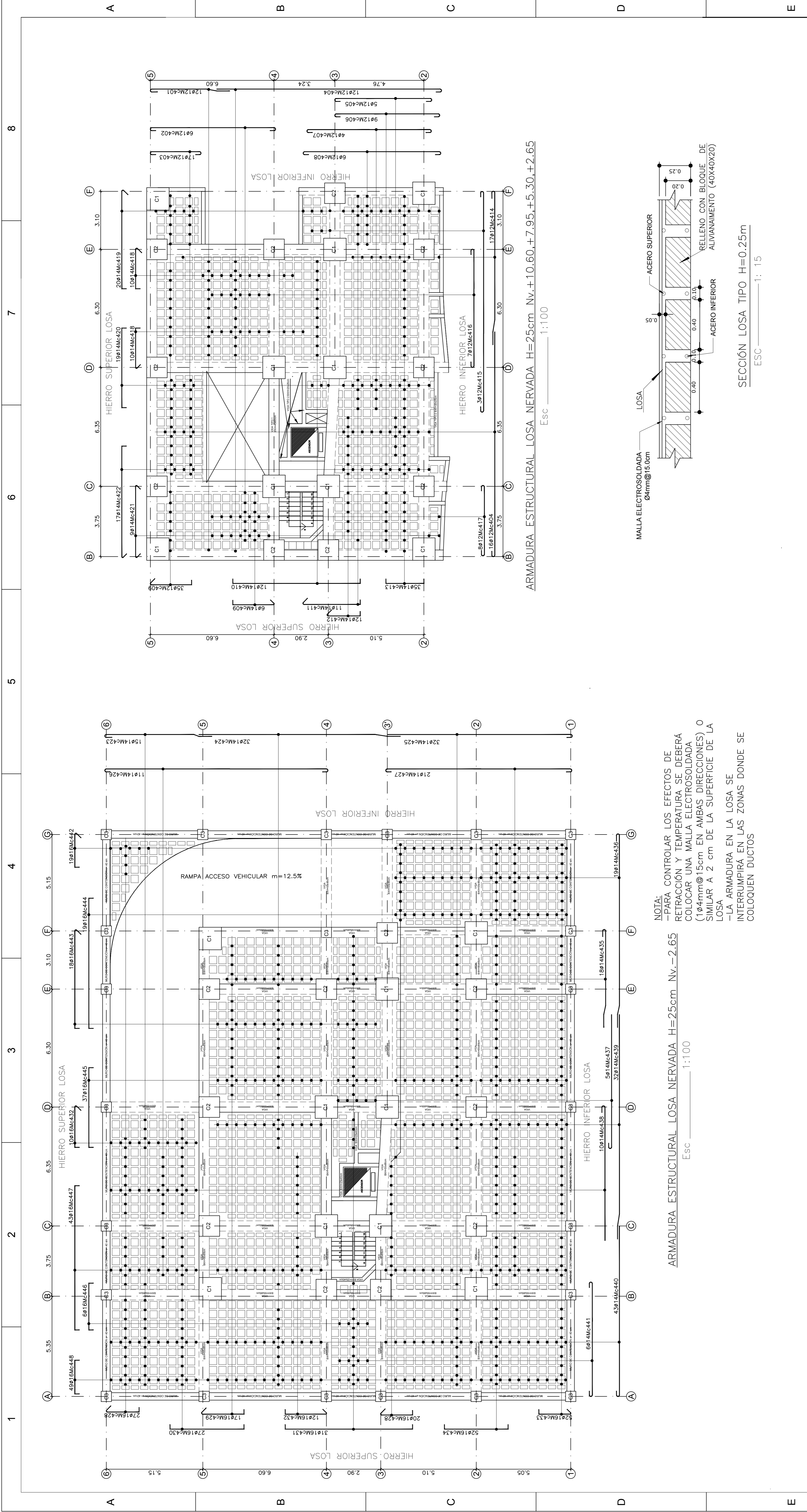
TAMAÑO: A2
 ESCALA: INDICADAS

DIBUJO N°:
 03

HOJA:
 01 DE 01

REV:
 01

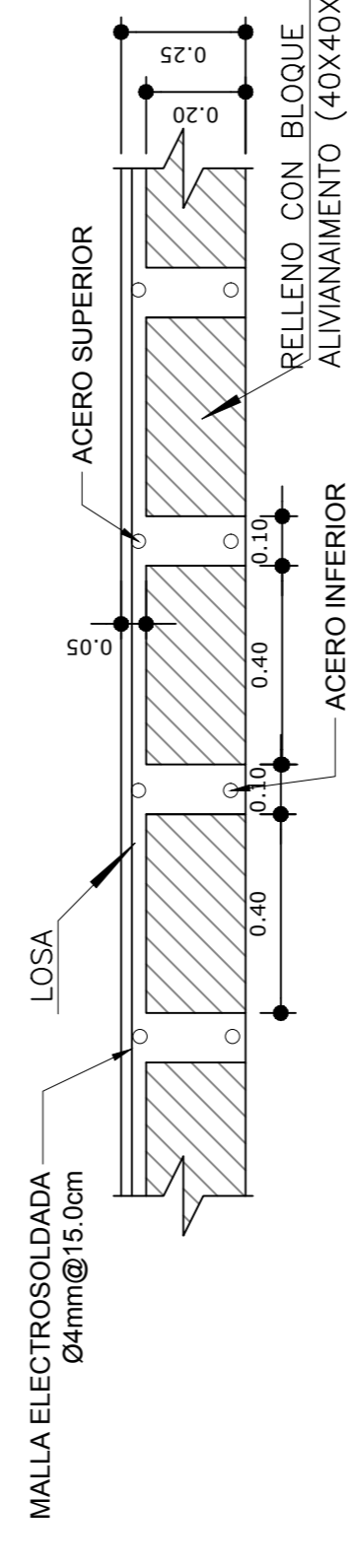
TIPO	C1		C2		C3	
	Nro	UBICACIÓN	Nro	UBICACIÓN	Nro	UBICACIÓN
	9	B2, B5, C3, C4, D3, D4, E3, F2, F5	10	B3, B4, C2, C5, D2, D5, E2, E4, E5, F3	23	A1, A2, A3, A4, A5, A6, B1, B6, C1, C6, D1, D6, E1, E6, F1, F6, G1, G2, G3, G4, G5, G6, F4



ARMADURA ESTRUCTURAL LOSA NERVADA H=25cm Nv.+10.60.+7.95.+5.30.+2.65
Esc 1:100

SECCIÓN LOSA TIPO H=0.25m
Esc 1:15

NOTA:
-PARA CONTROLAR LOS EFECTOS DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA SE DEBERÁ COLOCAR UNA MALLA ELECTROSOLIDADA (104mm@15cm EN AMBAS DIRECCIONES) O SIMILAR A 2 cm DE LA SUPERFICIE DE LA LOSA.
-LA ARMADURA EN LA LOSA SE INTERRUPTIRÁ EN LAS ZONAS DONDE SE COLOQUEN DUCTOS



TIPO DE GANCHO	Gancho de 90°		Gancho de 135°		Gancho de 180°	
	Diámetro de diámetro	L	Diámetro de diámetro	L	Diámetro de diámetro	L
GANCHOS EN STANDARD	12 mm	7.2 cm	10 mm	4.0 cm	12 mm	12.0 cm
GANCHOS EN ESTRIADOS	14 mm	8.4 cm	12 mm	4.8 cm	14 mm	14.0 cm
	16 mm	9.6 cm	14 mm	5.6 cm	16 mm	16.0 cm
	18 mm	10.8 cm	16 mm	6.4 cm	18 mm	18.0 cm
	20 mm	12.0 cm	18 mm	7.2 cm	20 mm	20.0 cm
	22 mm	13.2 cm	20 mm	8.0 cm	22 mm	22.0 cm
	25 mm	15.0 cm	22 mm	9.6 cm	25 mm	25.0 cm
	28 mm	16.8 cm	25 mm	11.2 cm	28 mm	28.0 cm

Ø	Gancho de 90°		Gancho de 135°		Gancho de 180°	
	Diámetro de diámetro	L	Diámetro de diámetro	L	Diámetro de diámetro	L
12 mm	7.2 cm	14.4 cm	10.0 cm	4.0 cm	12.0 cm	12.0 cm
14 mm	8.4 cm	16.8 cm	12.0 cm	4.8 cm	14.0 cm	14.0 cm
16 mm	9.6 cm	19.2 cm	14.0 cm	5.6 cm	16.0 cm	16.0 cm
18 mm	10.8 cm	21.6 cm	16.0 cm	6.4 cm	18.0 cm	18.0 cm
20 mm	12.0 cm	24.0 cm	18.0 cm	7.2 cm	20.0 cm	20.0 cm
22 mm	13.2 cm	26.4 cm	20.0 cm	8.0 cm	22.0 cm	22.0 cm
25 mm	15.0 cm	30.0 cm	22.0 cm	9.6 cm	25.0 cm	25.0 cm
28 mm	16.8 cm	33.6 cm	25.0 cm	11.2 cm	28.0 cm	28.0 cm

PLANILLA DE ACEROS										
Mc	TIPO	Ø	No.	DIMENSIONES			LONG. Desar. (m)	LONG. TOTAL (m)	PESO TOTAL (Kg)	Observ.
				a	b	c				
401	L	12	84	4.25	0.00	0.00	0.12	4.37	369.60	Observación
402	L	12	42	0.00	0.00	0.00	0.21	5.79	285.78	Observación
403	L	12	198	2.25	0.00	0.00	0.12	2.37	332.21	Observación
404	L	12	156	11.85	0.00	0.00	0.12	11.97	2346.12	Observación
405	L	12	35	5.00	0.00	0.00	0.12	5.24	183.40	Observación
406	L	12	65	5.45	0.00	0.00	0.12	5.69	258.47	Observación
407	L	12	28	6.50	0.00	0.00	0.12	6.74	188.27	Observación
408	L	12	42	7.20	0.00	0.00	0.12	7.44	312.48	Observación
409	C	14	287	2.15	0.20	0.00	0.20	2.55	731.85	Observación
410	C	14	84	6.80	0.20	0.00	0.20	7.20	604.80	Observación
411	C	14	72	3.00	0.20	0.00	0.20	3.40	261.60	Observación
412	C	14	84	1.70	0.20	0.00	0.20	2.10	176.40	Observación
413	C	14	245	2.05	0.20	0.00	0.20	2.45	600.25	Observación
414	L	12	119	8.25	0.00	0.00	0.12	8.37	966.03	Observación
415	L	12	21	11.65	0.00	0.00	0.12	11.89	249.69	Observación
416	L	12	48	6.15	0.00	0.00	0.12	6.27	188.27	Observación
417	L	12	56	3.70	0.00	0.00	0.12	3.84	220.64	Observación
418	G	14	140	2.10	0.30	0.20	0.20	2.60	364.00	Observación
419	G	14	140	5.20	0.30	0.20	0.20	5.70	788.50	Observación
420	C	14	133	4.25	0.20	0.00	0.20	4.65	676.65	Observación
421	G	14	63	3.75	0.30	0.20	0.20	4.25	267.75	Observación
422	G	14	119	5.90	0.30	0.20	0.20	6.40	761.60	Observación
423	L	14	45	5.65	0.00	0.00	0.12	5.77	258.65	Observación
424	L	14	96	10.75	0.00	0.00	0.12	10.99	1055.04	Observación
425	L	14	96	8.90	0.00	0.00	0.12	9.02	852.33	Observación
426	L	14	33	11.75	0.00	0.00	0.12	11.99	365.67	Observación
427	L	14	63	8.90	0.00	0.00	0.12	10.04	632.52	Observación
428	G	16	81	1.70	0.30	0.20	0.20	2.20	178.20	Observación
429	G	16	51	2.20	0.30	0.20	0.20	2.90	137.70	Observación
430	C	16	81	3.95	0.20	0.00	0.20	4.35	362.85	Observación
431	C	16	168	6.80	0.20	0.00	0.20	7.20	1339.20	Observación
432	G	16	96	2.15	0.30	0.20	0.20	2.65	174.90	Observación
433	G	16	147	1.65	0.30	0.20	0.20	2.15	316.65	Observación
434	C	16	156	3.40	0.20	0.00	0.20	3.60	592.80	Observación
435	L	14	54	5.15	0.00	0.00	0.12	5.27	284.58	Observación
436	L	14	57	10.30	0.00	0.00	0.12	10.42	593.94	Observación
437	L	14	15	7.10	0.00	0.00	0.12	7.22	108.30	Observación
438	L	14	30	7.15	0.00	0.00	0.12	7.27	218.10	Observación
439	L	14	96	12.00	0.00	0.00	0.12	12.24	1175.04	Observación
440	L	14	129	9.05	0.00	0.00	0.12	9.17	1182.89	Observación
441	L	14	18	5.95	0.00	0.00	0.12	6.19	111.42	Observación
442	C	16	57	1.75	0.30	0.00	0.20	2.35	133.95	Observación
443	G	16	54	5.20	0.30	0.20	0.20	5.70	367.80	Observación
444	C	16	57	6.95	0.20	0.00	0.20	7.35	418.95	Observación
445	C	16	111	4.25	0.20	0.00	0.20	4.65	516.15	Observación
446	C	16	18	2.50	0.20	0.00	0.20	2.90	62.20	Observación
447	C	16	129	7.70	0.20	0.00	0.20	8.10	1044.90	Observación
448	G	16	147	1.90	0.30	0.20	0.20	2.30	338.10	Observación

RESUMEN DE MATERIALES											
Ø (mm)	b	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
W (Kg/m)	0.365	0.617	0.888	1.208	1.578	2.000	2.466	2.984	3.563	4.204	4.910
L (m)	0	0	6155.45	12154.41	8903.25	0	0	0	0	0	0
W (Kg)	0.00	0.00	5666.04	14802.53	8791.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ACERO LOSA (Kg) = 29463.99
HORMIGÓN FC = 280 Kg/m³
LOSA (m³) = 342.45

ACERO LOSA (Kg) = 29463.99
Malla ElectroSolidada Tipo 4-15 (Kg) = 3775.60
ACERO TOTAL LOSAS (Kg) = 33243.5

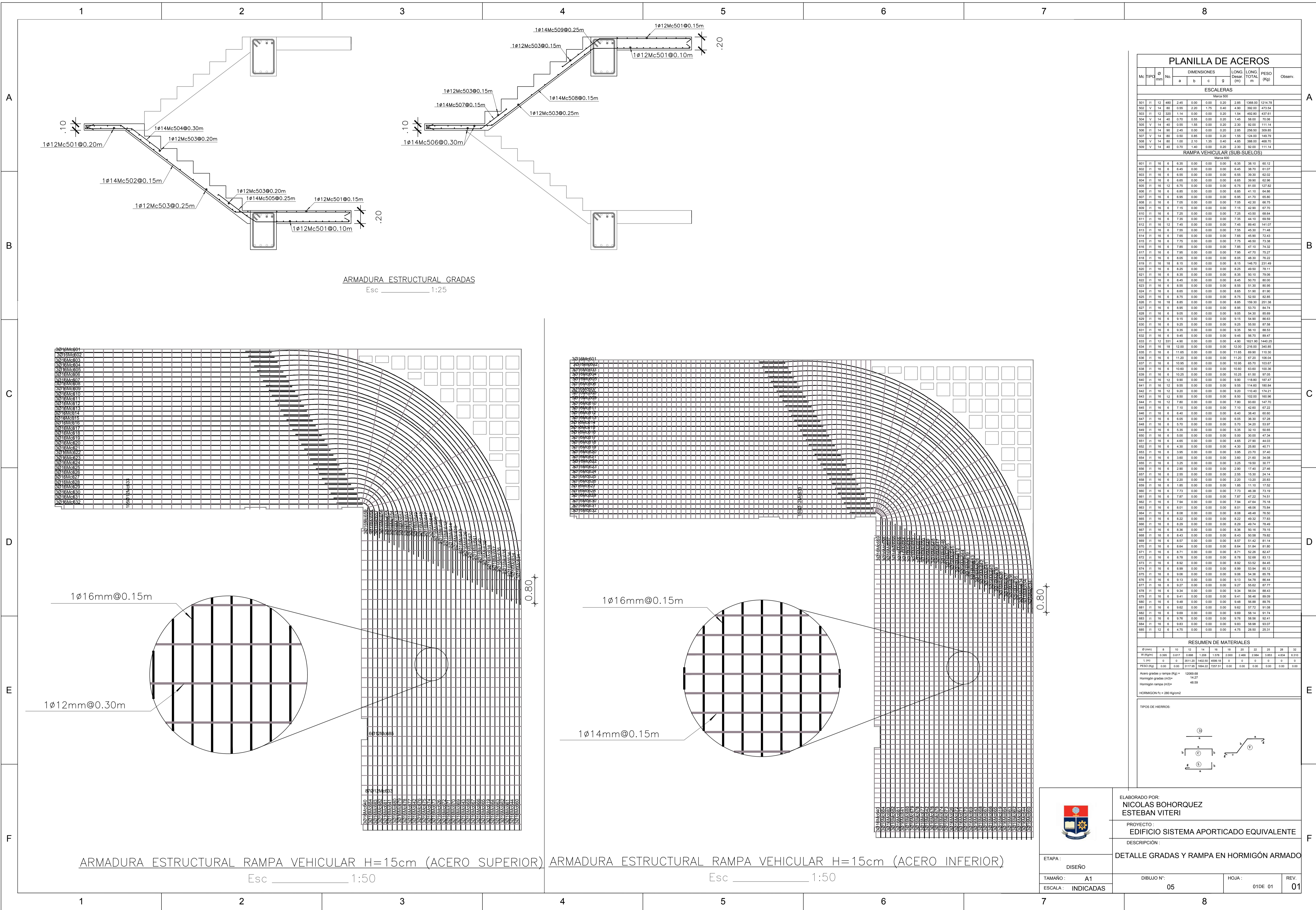
ELABORADO POR:
NICOLAS BOHORQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA APORTICADO EQUIVALENTE

DESCRIPCIÓN:
ARMADO LOSA EN HORMIGÓN ARMADO

EMPAPA:
DISEÑO
TAMAYO: A1
ESCALA: INDICADAS

REV: 01
HOJA: 01 DE 01



PLANILLA DE ACEROS

Mc	TIPO	Ø mm	No.	DIMENSIONES			LONG. (Desar)	LONG. (TOTAL)	PESO (Kg)	Observ.
				a	b	c				

ESCALERAS										
501	II	12	480	245	0.00	0.00	0.20	2.85	1368.00	1214.78
502	V	14	80	0.55	2.20	1.75	0.40	4.90	392.00	473.54
503	II	12	300	1.14	0.00	0.00	0.20	1.54	462.00	437.61
504	V	14	40	0.70	0.55	0.00	0.20	1.45	58.00	70.08
505	V	14	40	0.55	1.55	0.00	0.20	2.30	62.00	111.14
506	II	14	90	2.40	0.00	0.00	0.20	2.65	256.50	309.85
507	V	14	80	0.50	0.85	0.00	0.20	1.55	134.00	149.29
508	V	14	80	1.00	2.10	1.35	0.40	4.85	388.00	468.70
509	V	14	40	0.70	1.40	0.00	0.20	2.30	62.00	111.14

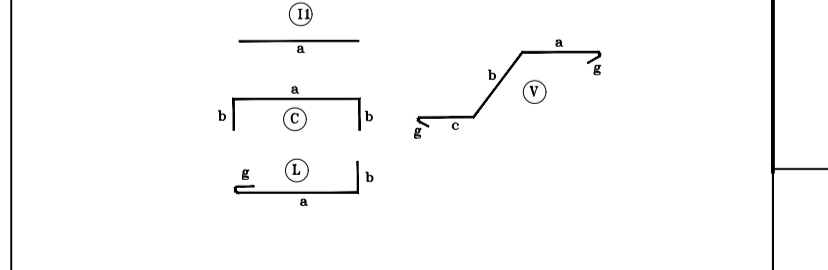
RAMPA VEHICULAR (SUB-SUELOS)

601	II	16	6	6.35	0.00	0.00	0.00	6.35	38.10	60.12
602	II	16	6	6.45	0.00	0.00	0.00	6.45	38.70	61.07
603	II	16	6	6.55	0.00	0.00	0.00	6.55	39.30	62.02
604	II	16	6	6.65	0.00	0.00	0.00	6.65	39.90	62.98
605	II	16	6	6.75	0.00	0.00	0.00	6.75	40.50	63.94
606	II	16	6	6.85	0.00	0.00	0.00	6.85	41.10	64.90
607	II	16	6	6.95	0.00	0.00	0.00	6.95	41.70	65.86
608	II	16	6	7.05	0.00	0.00	0.00	7.05	42.30	66.82
609	II	16	6	7.15	0.00	0.00	0.00	7.15	42.90	67.78
610	II	16	6	7.25	0.00	0.00	0.00	7.25	43.50	68.74
611	II	16	6	7.35	0.00	0.00	0.00	7.35	44.10	69.70
612	II	16	6	7.45	0.00	0.00	0.00	7.45	44.70	70.66
613	II	16	6	7.55	0.00	0.00	0.00	7.55	45.30	71.62
614	II	16	6	7.65	0.00	0.00	0.00	7.65	45.90	72.58
615	II	16	6	7.75	0.00	0.00	0.00	7.75	46.50	73.54
616	II	16	6	7.85	0.00	0.00	0.00	7.85	47.10	74.50
617	II	16	6	7.95	0.00	0.00	0.00	7.95	47.70	75.46
618	II	16	6	8.05	0.00	0.00	0.00	8.05	48.30	76.42
619	II	16	6	8.15	0.00	0.00	0.00	8.15	48.90	77.38
620	II	16	6	8.25	0.00	0.00	0.00	8.25	49.50	78.34
621	II	16	6	8.35	0.00	0.00	0.00	8.35	50.10	79.30
622	II	16	6	8.45	0.00	0.00	0.00	8.45	50.70	80.26
623	II	16	6	8.55	0.00	0.00	0.00	8.55	51.30	81.22
624	II	16	6	8.65	0.00	0.00	0.00	8.65	51.90	82.18
625	II	16	6	8.75	0.00	0.00	0.00	8.75	52.50	83.14
626	II	16	6	8.85	0.00	0.00	0.00	8.85	53.10	84.10
627	II	16	6	8.95	0.00	0.00	0.00	8.95	53.70	85.06
628	II	16	6	9.05	0.00	0.00	0.00	9.05	54.30	86.02
629	II	16	6	9.15	0.00	0.00	0.00	9.15	54.90	86.98
630	II	16	6	9.25	0.00	0.00	0.00	9.25	55.50	87.94
631	II	16	6	9.35	0.00	0.00	0.00	9.35	56.10	88.90
632	II	16	6	9.45	0.00	0.00	0.00	9.45	56.70	89.86
633	II	16	6	9.55	0.00	0.00	0.00	9.55	57.30	90.82
634	II	16	6	9.65	0.00	0.00	0.00	9.65	57.90	91.78
635	II	16	6	9.75	0.00	0.00	0.00	9.75	58.50	92.74
636	II	16	6	9.85	0.00	0.00	0.00	9.85	59.10	93.70
637	II	16	6	9.95	0.00	0.00	0.00	9.95	59.70	94.66
638	II	16	6	10.05	0.00	0.00	0.00	10.05	60.30	95.62
639	II	16	6	10.15	0.00	0.00	0.00	10.15	60.90	96.58
640	II	16	6	10.25	0.00	0.00	0.00	10.25	61.50	97.54
641	II	16	6	10.35	0.00	0.00	0.00	10.35	62.10	98.50
642	II	16	6	10.45	0.00	0.00	0.00	10.45	62.70	99.46
643	II	16	6	10.55	0.00	0.00	0.00	10.55	63.30	100.42
644	II	16	6	10.65	0.00	0.00	0.00	10.65	63.90	101.38
645	II	16	6	10.75	0.00	0.00	0.00	10.75	64.50	102.34
646	II	16	6	10.85	0.00	0.00	0.00	10.85	65.10	103.30
647	II	16	6	10.95	0.00	0.00	0.00	10.95	65.70	104.26
648	II	16	6	11.05	0.00	0.00	0.00	11.05	66.30	105.22
649	II	16	6	11.15	0.00	0.00	0.00	11.15	66.90	106.18
650	II	16	6	11.25	0.00	0.00	0.00	11.25	67.50	107.14
651	II	16	6	11.35	0.00	0.00	0.00	11.35	68.10	108.10
652	II	16	6	11.45	0.00	0.00	0.00	11.45	68.70	109.06
653	II	16	6	11.55	0.00	0.00	0.00	11.55	69.30	110.02
654	II	16	6	11.65	0.00	0.00	0.00	11.65	69.90	110.98
655	II	16	6	11.75	0.00	0.00	0.00	11.75	70.50	111.94
656	II	16	6	11.85	0.00	0.00	0.00	11.85	71.10	112.90
657	II	16	6	11.95	0.00	0.00	0.00	11.95	71.70	113.86
658	II	16	6	12.05	0.00	0.00	0.00	12.05	72.30	114.82
659	II	16	6	12.15	0.00	0.00	0.00	12.15	72.90	115.78
660	II	16	6	12.25	0.00	0.00	0.00	12.25	73.50	116.74
661	II	16	6	12.35	0.00	0.00	0.00	12.35	74.10	117.70
662	II	16	6	12.45	0.00	0.00	0.00	12.45	74.70	118.66
663	II	16	6	12.55	0.00	0.00	0.00	12.55	75.30	119.62
664	II	16	6	12.65	0.00	0.00	0.00	12.65	75.90	120.58
665	II	16	6	12.75	0.00	0.00	0.00	12.75	76.50	121.54
666	II	16	6	12.85	0.00	0.00	0.00	12.85	77.10	122.50
667	II	16	6	12.95	0.00	0.00	0.00	12.95	77.70	123.46
668	II	16	6	13.05	0.00	0.00	0.00	13.05	78.30	124.42
669	II	16	6	13.15	0.00	0.00	0.00	13.15	78.90	125.38
670	II	16	6	13.25	0.00	0.00	0.00	13.25	79.50	126.34
671	II	16	6	13.35	0.00	0.00	0.00	13.35	80.10	127.30
672	II	16	6	13.45	0.00	0.00	0.00	13.45	80.70	128.26
673	II	16	6	13.55	0.00	0.00	0.00	13.55	81.30	129.22
674	II	16	6	13.65	0.00	0.00	0.00	13.65	81.90	130.18
675	II	16	6	13.75	0.00	0.00	0.00	13.75	82.50	131.14
676	II	16	6	13.85	0.00	0.00	0.00	13.85	83.10	132.10
677	II	16	6	13.95	0.00	0.00	0.00	13.95	83.70	133.06
678	II	16	6	14.05	0.00	0.00	0.00	14.05	84.30	134.02
679	II	16	6	14.15	0.00	0.00	0.00	14.15	84.90	134.98
680	II	16	6	14.25	0.00	0.00	0.00	14.25	85.50	135.94
681	II	16	6	14.35	0.00	0.00	0.00	14.35	86.10	136.90
682	II	16	6	14.45	0.00	0.00	0.00	14.45	86.70	137.86
683	II	16	6	14.55	0.00	0.00	0.00	14.55	87.30	138.82
684	II	16	6	14.65	0.00	0.00	0.00	14.65	87.90	139.78
685	II	12	6	4.75	0.00	0.00	0.00	4.75	28.50	25.31

RESUMEN DE MATERIALES

Ø (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
W (Kg/m)	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	2.000	2.466	2.984	3.553	4.184	4.876
L (m)	0	0	3511.20	1402.50	4599.18	0	0	0	0	0	0
PESO (Kg)	0.00	0.00	3117.95	1994.22	7257.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Acero gradas y rampa (Kg) = 12089.68
 Hormigón gradas (m³) = 14.27
 Hormigón rampa (m³) = 48.59
 HORMIGÓN f_c = 280 Kg/cm²



ELABORADO POR:
NICOLAS BOHORQUEZ
ESTEBAN VITERI

PROYECTO:
EDIFICIO SISTEMA APORTICADO EQUIVALENTE

DESCRIPCIÓN:
DETALLE GRADAS Y RAMPA EN HORMIGÓN ARMADO

ETAPA: DISEÑO

TAMAÑO: A1

ESCALA: INDICADAS

DIBUJO N°: 05

HOJA: 01DE 01

REV: 01

ANEXO 5

Análisis de Emisión y Consumo Unitario (AECEU)

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:	SAO-01-01-01			UNIDAD:	m3
DETALLE :	Fabricación Hormigón Premezclado				
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
				-	-
SUBTOTAL M				0.00	0.00
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Fabricación Hormigón Premezclado				0.25	3623.19
SUBTOTAL O				0.25	3623.19
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL P				0.00	0.00
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.25
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					3623.19

PROYECTO:	EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO					
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO						
RUBRO:	SAO-01-01-02	UNIDAD:				t
DETALLE :	Fabricación Acero de Refuerzo					
A- EQUIPO						
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
				-	-	
SUBTOTAL M				0.00	0.00	
B.- MATERIALES						
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]		
Fabricación Acero de Refuerzo			1.99	19000.00		
SUBTOTAL O			1.99	19000.00		
C.- TRANSPORTE						
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]		
SUBTOTAL P			0.00	0.00		
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD		1.99
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD		19000.00

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-01-03		UNIDAD: t	
DETALLE :		Fabricación Madera de Encofrado			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
				-	-
SUBTOTAL M				0.00	0.00
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
Fabricación Madera de Encofrado			0.61	3297.16	
SUBTOTAL O			0.61	3297.16	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
			-	-	
SUBTOTAL P			0.00	0.00	
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD				0.61	
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD				3297.16	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO₂ Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-02-01		UNIDAD: km	
DETALLE :		Transporte Hormigón Premezclado			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO ₂ /HORA [t CO ₂ eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO ₂ [t CO ₂ eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
				-	-
SUBTOTAL M				0.00	0.00
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION	V. UNITARIO EMISIÓN CO ₂ [t CO ₂ eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]			
SUBTOTAL O		0.00	0.00		
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	V. UNITARIO EMISIÓN CO ₂ [t CO ₂ eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]			
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m ³ ; 300 hp[km]	0.0019	26.54			
SUBTOTAL P		0.0019	26.54		
TOTAL EMISIÓN DE CO₂ POR UNIDAD				0.0019	
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD				26.54	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-02-02		UNIDAD: km	
DETALLE :		Transporte Acero de Refuerzo			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
				-	-
SUBTOTAL M				0.00	0.00
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
Camión de Carga 5 t [km]			0.0015	20.70	
SUBTOTAL P			0.0015	20.70	
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD				0.0015	
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD				20.70	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANALISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-02-03		UNIDAD: km	
DETALLE :		Transporte Madera de Encofrado			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
				-	-
SUBTOTAL M				0.00	0.00
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
Camión de Carga 5 t [km]			0.0015	20.70	
SUBTOTAL P			0.0015	20.70	
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD				0.0015	
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD				20.70	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-01-01		UNIDAD: m3	
DETALLE :		Excavación			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Retroexcavadora 0.2 m3; 62 hp	0.013	180.68	0.05	0.0007	9.03
SUBTOTAL M				0.00	9.03
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]			
SUBTOTAL O		0.00	0.00		
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]			
SUBTOTAL P		0.0000	0.00		
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.0007	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				9.03	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANALISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-01-02		UNIDAD: m3	
DETALLE :		Desalojo de material no deseado			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cargadora frontal 1.5-1.7 y D3; 80 hp	0.035	180.68	0.03	0.0011	5.42
SUBTOTAL M				0.0011	5.42
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Camión Volqueta 6x4 10m3; 280hp[km]				0.0048	66.39
SUBTOTAL P				0.0048	66.39
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.0059
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					71.81

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO				
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO₂ Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO						
RUBRO:		SAO-01-03-01-03	UNIDAD:		m ³	
DETALLE :		Compactación de suelo				
A- EQUIPO						
DESCRIPCIÓN	EMISIÓN CO ₂ /HORA [t CO ₂ eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO ₂ [t CO ₂ eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
Compactadora vibratoria de plancha 7 hp	0.0028	38.148	0.53	0.0015	20.22	
SUBTOTAL M				0.0015	20.22	
B.- MATERIALES						
DESCRIPCIÓN			V. UNITARIO EMISIÓN CO ₂ [t CO ₂ eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]		
SUBTOTAL O			0.00	0.00		
C.- TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN			V. UNITARIO EMISIÓN CO ₂ [t CO ₂ eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]		
SUBTOTAL P			0.00	0.00		
				TOTAL EMISIÓN DE CO ₂ POR UNIDAD		0.0015
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD		20.22

PROYECTO:	EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO				
ANALISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:	SAO-01-03-02-01-001			UNIDAD:	m3
DETALLE :	Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba				
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	FE/HORA [tCO2 eq./h]	FC/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	FE UNITARIO [tCO2 eq./u]	FC UNITARIO [MJ/u]
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m3; 30	0.0131	180.683	0.03	0.0004	4.88
Bomba de Hormigón BSA 1000 1005	0.0378	520.20	0.03	0.0010	14.05
Vibrador de Concreto 18 pl (1.5"); 4 hp	0.0026	35.72	0.40	0.0010	14.29
SUBTOTAL M				0.0024	33.21
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				FE UNITARIO [tCO2 eq./u]	FC UNITARIO [MJ/u]
SUBTOTAL O					
				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				FE UNITARIO [tCO2 eq./u]	FC UNITARIO [MJ/u]
Camión de Carga 5 t [km]				0.0002	3.0557
SUBTOTAL P				0.0002	3.06
				FE TOTAL POR UNIDAD	
				0.002633	
				FC TOTAL POR UNIDAD	
				36.27	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-01-002		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	2.0	0.001082160	8.64
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.001082160	8.640000000
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL P			0.00	0.00	
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.001082	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				8.64	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-01-003		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de madera de encofrado de muros			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	4.0	0.002164	17.28
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.002164320	17.280000000
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL P				0.00	0.00
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.002164
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					17.28

PROYECTO:	EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO				
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO₂ Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:	SAO-01-03-02-02-001			UNIDAD:	m ³
DETALLE :	Hormigonado vigas de cimentación f'c=280 kg/cm ² , incluye transporte de bomba				
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO ₂ /HORA [t CO ₂ eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO ₂ [t CO ₂ eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m ³ ; 300 h	0.0131	180.683	0.03	0.0004	4.88
Bomba de Hormigón BSA 1000 1005 D3B	0.0378	520.20	0.03	0.0010	14.05
Vibrador de Concreto 18 pl (1.5"); 4 hp[h]	0.0026	35.72	0.40	0.0010	14.29
SUBTOTAL M				0.0024	33.21
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO ₂ [t CO ₂ eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO ₂ [t CO ₂ eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
Camión de Carga 5 t [km]			0.0001	0.7318	
SUBTOTAL P				0.0001	0.73
				TOTAL EMISIÓN DE CO ₂ POR UNIDAD	0.0025
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	33.94

PROYECTO:	EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO				
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:	SAO-01-03-02-02-002	UNIDAD:	t		
DETALLE :	Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2				
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	3.0	0.001623240	12.96
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.001623240	12.960000000
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL P				0.00	0.00
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.001623
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					12.96

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-02-003		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de madera de encofrado de vigas de cimentación			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	5.0	0.002705	21.60
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.002705	21.60
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL P			0.00	0.00	
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.002705	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				21.60	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-03-001	UNIDAD:		m3
DETALLE :		Hormigonado de gradas y rampas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m3; 300 h	0.0131	180.683	0.03	0.0004	4.88
Bomba de Hormigón BSA 1000 1005 D3B	0.0378	520.20	0.03	0.0010	14.05
Vibrador de Concreto 18 pl (1.5"); 4 hp[h]	0.0026	35.72	0.40	0.0010	14.29
SUBTOTAL M				0.0024	33.21
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
Camión de Carga 5 t [km]			0.0037	51.38	
SUBTOTAL P			0.0037	51.38	
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.0061	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				84.59	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-03-002		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	2.0	0.001082160	8.64
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.001082160	8.640000000
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL P				0.00	0.00
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.001082
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					8.64

PROYECTO:	EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO				
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:	SAO-01-03-02-03-003	UNIDAD:			t
DETALLE :	Corte de madera de encofrado de gradas y rampas				
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	4.0	0.002164	17.28
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.002164	17.28
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL P				0.00	0.00
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.002164
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					17.28

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-04-001		UNIDAD: m3	
DETALLE :		Hormigonado de columnas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m3; 300 h	0.0131	180.683	0.03	0.0004	4.88
Bomba de Hormigón BSA 1000 1005 D3B	0.0378	520.20	0.03	0.0010	14.05
Vibrador de Concreto 18 pl (1.5"); 4 hp[h]	0.0026	35.72	0.40	0.0010	14.29
SUBTOTAL M				0.0024	33.21
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
Camión de Carga 5 t [km]			0.0011	15.08	
SUBTOTAL P			0.0011	15.08	
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.0035	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				48.29	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-04-002		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	3.0	0.001623240	12.96
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.001623240	12.960000000
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL P			0.00	0.00	
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.001623	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				12.96	

PROYECTO:	EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO				
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:	SAO-01-03-02-04-003	UNIDAD:			t
DETALLE :	Corte de madera de encofrado de columnas				
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	5.0	0.002705	21.60
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.002705	21.60
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL P				0.00	0.00
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.002705
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					21.60

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-05-001		UNIDAD: m3	
DETALLE :		Hormigonado de vigas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m3; 300 h	0.0131	180.683	0.03	0.0004	4.88
Bomba de Hormigón BSA 1000 1005 D3B	0.0378	520.20	0.03	0.0010	14.05
Vibrador de Concreto 18 pl (1.5"); 4 hp[h]	0.0026	35.72	0.40	0.0010	14.29
SUBTOTAL M				0.0024	33.21
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
Camión de Carga 5 t [km]			0.0007	10.09	
SUBTOTAL P			0.0007	10.09	
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.003144	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				43.31	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-05-002		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	3.0	0.001623240	12.96
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.001623240	12.960000000
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL P			0.00	0.00	
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.001623	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				12.96	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-05-003		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de madera de encofrado de vigas			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	5.0	0.002705	21.60
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.002705	21.60
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL P				0.00	0.00
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.002705
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					21.60

PROYECTO:	EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO				
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:	SAO-01-03-02-06-001	UNIDAD:	m3		
DETALLE :	Hormigonado de losas f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba				
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m3; 300 h	0.0131	180.683	0.03	0.0004	4.88
Bomba de Hormigón BSA 1000 1005 D3B	0.0378	520.20	0.03	0.0010	14.05
Vibrador de Concreto 18 pl (1.5"); 4 hp[h]	0.0026	35.72	0.40	0.0010	14.29
SUBTOTAL M				0.0024	33.21
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
Camión de Carga 5 t [km]			0.0006	8.33	
SUBTOTAL P			0.0006	8.33	
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.003016	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				41.54	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-06-002		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	2.0	0.001082160	8.64
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.001082160	8.640000000
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL P				0.00	0.00
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.001082
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					8.64

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SAO-01-03-02-06-003		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de madera de encofrado de losas			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	4.0	0.002164	17.28
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.002164	17.28
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL P				0.00	0.00
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.002164
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					17.28

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SDO-01-03-02-05-001		UNIDAD: m3	
DETALLE :		Hormigonado de muros f'c=280 kg/cm2, incluye transporte de bomba			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Camión Hormigonera; 3 ejes; 8 m3; 300 h	0.0131	180.683	0.03	0.0004	4.88
Bomba de Hormigón BSA 1000 1005 D3B	0.0378	520.20	0.03	0.0010	14.05
Vibrador de Concreto 18 pl (1.5"); 4 hp[h]	0.0026	35.72	0.40	0.0010	14.29
SUBTOTAL M				0.0024	33.21
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
Camión de Carga 5 t [km]			0.0011	15.74	
SUBTOTAL P			0.0011	15.74	
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.003554	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				48.95	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SDO-01-03-02-05-002		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	2.0	0.001082160	8.64
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.001082160	8.640000000
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL O			0.00	0.00	
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION			V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]	
SUBTOTAL P			0.00	0.00	
				TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD	
				0.001082	
				TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD	
				8.64	

PROYECTO:		EDIFICIO TIPO DE LA CIUDAD DE QUITO			
ANÁLISIS DE EMISIÓN DE CO2 Y CONSUMO DE ENERGÍA UNITARIO					
RUBRO:		SDO-01-03-02-05-003		UNIDAD: t	
DETALLE :		Corte de madera de encofrado de muros de corte			
A- EQUIPO					
DESCRIPCION	EMISIÓN CO2/HORA [t CO2 eq./h]	CONSUMO/HORA [MJ/h]	RENDIMIENTO [h/u]	V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
Cierra electrica [h]	0.0005	4.320	4.0	0.002164	17.28
				-	-
				-	-
SUBTOTAL M				0.002164	17.28
B.- MATERIALES					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL O				0.00	0.00
C.- TRANSPORTE					
DESCRIPCION				V. UNITARIO EMISIÓN CO2 [t CO2 eq./u]	V. UNITARIO CONSUMO ENERGÍA [MJ/u]
SUBTOTAL P				0.00	0.00
TOTAL EMISIÓN DE CO2 POR UNIDAD					0.002164
TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA POR UNIDAD					17.28