

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**MONTAJE E INSTALACION DE UNA PLANTA DE MANUFACTURA
DE CALZADO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**CRIOLLO CÓRDOVA ARMANDO DANILO
pkrdanilo82@hotmail.com**

**RUIZ MALDONADO CARLOS ALBERTO
carl.rui@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. JORGE MOLINA
jorge.molina@epn.edu.ec**

Quito, Marzo 2011

DECLARACIÓN

Nosotros, Armando Danilo Criollo Córdova y Carlos Alberto Ruiz Maldonado, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, se han consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Armando Danilo Criollo Córdova

Carlos Alberto Ruiz Maldonado

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Armando Danilo Criollo Córdova y el señor Carlos Alberto Ruiz Maldonado, bajo mi supervisión.

Ing. Jorge Molina
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios por sus bendiciones de cada día por darme salud y poder concluir mi carrera universitaria, a mis padres por su sacrificio diario de darme el respaldo incondicional en todo momento sus buenos consejos sobre todo la comprensión y el amor sin ellos no hubiera sido posible alcanzar tan anhelado sueño, a mis hermanos por estar siempre a mi lado.

Al Ing. Jorge Molina por su guía incondicional y desinteresada en la elaboración de este trabajo.

A Calzado Armandiny por abrirnos las puertas y acogernos sin restricción alguna, para realizar este proyecto.

A todas las personas que estuvieron siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente.

Muchas Gracias

Armando Danilo Criollo Córdova

Autor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional a la memoria de mis abuelitos, al esfuerzo de mis padres y a todas las personas con valores, emprendedores que trabajan con honestidad y creen en si mismo para alcanzar los sueños de vida.

Armando Danilo Criollo Córdova

Autor

AGRADECIMIENTO

Infinitamente quiero agradecer a Dios, quien me ha dado la vida siendo la luz en mi camino para alcanzar todas las metas que me he propuesto.

A mi Madre, que es padre y madre para mí, es la fortaleza de mi vida, quien me a inculcado valores y me ha brindado consejos de bien que han sido necesarios para demostrarle día a día lo que soy gracias a ella y enfrentar los retos de este mundo. Siempre estaré agradecido de ti mi madre amada.

A mis hermanos por todo ese cariño y apoyo incondicional sincero, son quienes me han dado la fuerza para salir adelante.

Al Ing. Jorge Molina, Director de tesis, quien nos ha brindado todos sus conocimiento técnicos y apoyo incondicional en todo momento para guiar nuestro proyecto hasta verle culminar con éxito.

Carlos Alberto Ruiz Maldonado

Autor

DEDICATORIA

A pesar de las dificultades de la vida lo importante es seguir siempre adelante.

Dedico este trabajo a mi Madre Susana, quien ha sido un ejemplo de lucha, superación y perseverancia diaria brindándome su apoyo siempre.

A mis hermanos por estar siempre a mi lado y ser una guía para seguir siempre adelante.

Dedico a aquellas personas que me han ayudado siempre dándome un apoyo incondicional. Gracias Sandrita A.

Carlos Alberto Ruiz Maldonado

Autor

CONTENIDO

CONTENIDO.....	VIII
RESUMEN.....	XII
PRESENTACION.....	XIII
CAPITULO I.....	1
I. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CALZADO.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 BREVE EXPLICACIÓN DEL PROYECTO	1
1.3 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CALZADO.....	2
1.3.1 PREPARACIÓN DEL MATERIAL.....	2
1.3.1.1 CARA SUPERIOR DEL ZAPATO (PALA).....	2
1.3.1.2 PLANTILLA.....	3
1.3.2 LINEA DE PRODUCCIÓN.....	3
1.3.2.1 HORMA.....	3
1.3.2.2 FORMADO.....	3
1.3.2.3 COLOCACIÓN.....	3
1.3.3 ACABADO, INSPECCIÓN Y EMPAQUE.....	3
1.4 DIAGRAMA DE FLUJO.....	4
1.5 MALLA DE PROCESO Y ASIGNACION DEL PERSONAL	5
1.6 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.....	6
1.6.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	6
1.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MÁQUINAS A INSTALARSE	7
1.7.1 MÁQUINA PASAQUI S-501	7
1.7.2 MÁQUINA SABAL S-300	9
1.7.3 MÁQUINA CERIM K-68.....	12
1.7.4 MÁQUINA SAREMA MOD.5000.....	14
1.7.5 MÁQUINA NORBA N-88 CF.....	16
1.7.6 MÁQUINA TRAP T -20.....	17
1.7.7 MÁQUINA IORCE IC -200.....	18
1.7.8 MÁQUINA MIVER HFP.....	20
1.7.9 MÁQUINA MIVER T68	21
1.7.10 MÁQUINA MIVER SANG	22
1.7.11 MÁQUINA MIVER GR	23
CAPITULO 2	25
2. DISTRIBUCIÓN DE MÁQUINAS Y ANÁLISIS DE CARGA.....	25
2.1 DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA	25

2.2 UBICACIÓN Y ÁREA DE PLANTA	26
2.3 ANÁLISIS DE LA CARGA ELÉCTRICA	30
2.4 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS.....	30
2.5 CARGAS INSTALADAS EN LA INDUSTRIA.....	31
2.5.1 ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES.....	31
2.5.1.1 TOMACORRIENTES.....	32
2.5.1.2 ILUMINACIÓN	34
2.5.2 DATOS DE POTENCIA INSTALADA EN ILUMINACIÓN Y	36
TOMACORRIENTES.....	36
2.5.5 CARGA INSTALADA EN MAQUINARIA.....	37
2.5.4 RESUMEN DE LA CARGA INSTALADA EN LA MAQUINARIA.....	38
2.6 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	38
2.7 DIAGRAMA UNIFILAR	43
2.8 CÁLCULO DE LA DEMANDA PARA ESTABLECER LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR	45
2.8.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	46
2.9 PUESTA A TIERRA.....	46
2.9.1 NORMATIVA.....	47
2.9.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA INSTALADO EN LA PLANTA DE CALZADO	50
2.9.3 CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.....	52
2.10 RED DE MEDIA TENSIÓN.....	53
2.11 MEDICIÓN	53
CAPITULO 3	54
DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES.....	54
3.1 NORMATIVA.....	54
3.2 ESQUEMA GENERAL	57
3.3 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES DE CIRCUITOS DERIVADOS. 61	
3.3.1 CONSIDERACIONES GENERALES	61
3.4 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES PARA ALIMENTADORES	68
3.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES	68
3.4.3 ALIMENTADOR DEL TABLERO TD2	69
3.5 DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR DE ACOMETIDA	71
CAPITULO 4	73
PRUEBAS DE MEDIDA DE VARIABLES ELÉCTRICAS.....	73
4.1 EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO.....	73

4.2 PROCEDIMIENTO UTILIZADO	74
4.3 MEDICIONES REALIZADAS EN LOS CIRCUITOS DERIVADOS	76
4.3.1 ÁREA DE CONFORMADO DEL CALZADO.....	76
4.3.2 ÁREA DE ARREGLO DEL CALZADO	76
4.3.3 ÁREA DE ARMADO DEL ZAPATO.....	77
4.3.4 CIRCUITOS ADICIONALES (TABLA 4.4)	77
4.4 MEDICIONES PARA DETERMINAR LA CAÍDA DE VOLTAJE.....	78
4.4.1 ÁREA DE CONFORMADO DEL CALZADO (TABLA 4.5).....	78
4.4.2 ÁREA DE ARREGLO DE CALZADO (TABLA 4.6).....	78
4.4.3 TABLA 4.7.....	79
4.5 MEDICIONES REALIZADAS EN LOS ALIMENTADORES	80
CAPITULO 5	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1 CONCLUSIONES.....	82
5.2 RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	84
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	86
ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2

Tabla No. 2.1.....	35
Tabla No. 2.2.....	36
Tabla No. 2.3.....	36
Tabla No. 2.4.....	36

Tabla No. 2.5.....36

Tabla No. 2.6.....37

Tabla No. 2.7.....38

Tabla No. 2.8.....39

Tabla No. 2.9.....41

Tabla No. 2.10.....47

Tabla No. 2.11.....51

Capítulo 3

Tabla No. 3.1.....64

Tabla No. 3.2.....65

Tabla No. 3.3.....66

Tabla No. 3.4.....67

Tabla No. 3.5.....68

Tabla No. 3.6.....69

Tabla No. 3.7.....69

Tabla No. 3.8.....69

Tabla No. 3.9.....70

Tabla No. 3.10.....71

Tabla No. 3.11.....72

Tabla No. 3.12.....72

Tabla No. 3.13.....74

Capítulo 4

Tabla No. 4.1.....78

Tabla No. 4.2.....78

Tabla No. 4.3.....79

Tabla No. 4.4.....	79
Tabla No. 4.5.....	80
Tabla No. 4.6.....	80
Tabla No. 4.7.....	81
Tabla No. 4.8.....	82
Tabla No. 4.9.....	82
Tabla No. 4.10.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura No. 1.1 Diagrama de flujo.....	4
Figura No. 1.2 Malla de proceso de asignación del personal.....	5
Figura No. 1.3 Máquina Pasaqui S-501.....	9
Figura No. 1.4 Esquema de posición de los clavos en el calzado.....	10
Figura No. 1.5 Máquina Sabal S-300.....	11
Figura No. 1.6 Máquina Cerim K-68.....	13
Figura No. 1.7 Máquina Sarema Modelo 5000	14
Figura No.1.8 Máquina Sarema 5000 y cada una de sus Partes.....	15
Figura No.1.9 Máquina Norba N-88 CF.....	16
Figura No. 1.10 Máquina Trap T20.....	18
Figura No.1.11 Máquina Iorce IC-200.....	19
Figura No. 1.12 Máquina Miver HFP.....	20
Figura No. 1.13 Miver T68.....	21
Figura No. 1.14 Miver SANG.....	22
Figura No. 1.15 Máquina Miver GR.....	23

Capítulo 2

Figura No.2.1 Estructura del Proceso.....	25
Figura No. 2.2 Área de Armado de Calzado.....	26
Figura No. 2.3 Área de Conformado de Calzado.....	27
Figura No. 2.4 Área de Arreglado de Calzado.....	28
Figura No. 2.5 Área de producción de la planta.....	29
Figura No. 2.6 Ubicación de los tableros de distribución.....	42
Figura No. 2.7 Descripción del plano general de la fábrica de calzado.....	43
Figura No 2.8 Diagrama Unifilar General.....	45
Figura No. 2.9 Sistema TT típico.....	52
Figura No. 2.10 Distribución de la conexión a tierra.....	53
Figura No 2.11 Puesta a tierra.....	54
Figura No 2.12 Medidor Trifásico.....	55

Capítulo 3

Figura No. 3.1 Diagrama del Sistema de Alimentación.....	60
Figura No. 3.2 Ubicación real de los elementos.....	61
Figura No. 3.3 Diagrama Unifilar TD1.....	62
Figura No. 3.4 Diagrama Unifilar TD2.....	63
Figura No. 3.5 Estructura del Conductor.....	66
Figura No. 3.6 Tablero TD1.....	73
Figura No.3.7 Tablero TD2.....	73
Figura No.3.8 Conductor Antihurto.....	74

Capítulo 4

Figura No. 4.1 Equipo de medida.....	75
Figura No. 4.2 Conexiones monofásicas y trifásicas.....	76

Figura No. 4.3 Analizador Industrial.....	77
Figura No. 4.4 Medición de Parámetros.....	77
Figura No. 4.5 Medición en los alimentadores.....	83

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad instalar, en la fábrica de calzado “Armandiny”, nueva y moderna maquinaria en el área de producción que le permitirá aumentar su productividad y ser más competitiva a nivel nacional.

Con este objetivo, este trabajo se ha dividido en cinco capítulos: En el primer capítulo se realiza una descripción de la secuencia que se sigue para la

realización de calzado, y de las máquinas que se instalarán en el proceso, con las características que posee cada una de ellas.

En el capítulo dos se describe la distribución de planta, es decir, la posición que ocupa cada una de las máquinas en el proceso de elaboración de calzado, y se realiza el respectivo análisis de carga instalada en toda la planta, con el objeto de dimensionar adecuadamente el transformador de distribución que alimenta a toda la planta.

A continuación, en el tercer capítulo, se realiza el dimensionamiento de los conductores y elementos de protección, tanto para circuitos derivados como para alimentadores.

En el cuarto capítulo se realiza mediciones de potencia, voltaje, corriente, factor de potencia y caída de voltaje, a fin de verificar que en cada máquina llegue la energía eléctrica en condiciones adecuadas.

Finalmente, en el capítulo quinto, se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

PRESENTACIÓN

La fábrica de calzado “ARMANDINY” acorde con las exigencias del mercado, optó por reemplazar en su línea de producción maquinaria obsoleta por maquinaria nueva y con tecnología de punta, con el objetivo de mejorar su productividad, la calidad del producto y ser más competitiva a nivel nacional.

En consecuencia, en el presente proyecto se realiza el montaje e instalación de la nueva maquinaria que reemplazará a la maquinaria antigua, así como el dimensionamiento de los alimentadores y elementos de protección de cada una de las máquinas, y el dimensionamiento del transformador que abastecerá de energía a toda la planta.

Para poder cumplir con el objetivo planteado, es necesario realizar el análisis de carga respectivo el cual indicará la potencia necesaria que la planta requiere para que las máquinas funcionen en condiciones normales

Para el presente proyecto, se tomó de referencia el Código Eléctrico Nacional Ecuatoriano el mismo que establece normativas para el dimensionamiento de cada uno de los circuitos eléctricos, protecciones y para la alimentación de cada una de las máquinas. De igual forma se hizo uso de los manuales de cada máquina para determinar las características eléctricas de las mismas.

Al finalizar la instalación, se realizaron pruebas de medida de las variables potencia, voltaje, corriente y factor de potencia, a fin de comprobar el correcto abastecimiento de energía en toda la planta.

CAPITULO I

I. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CALZADO

1.1 INTRODUCCIÓN

En la fabricación de calzado se pueden usar muchos tipos de materiales para producir una amplia variedad de calzados incluyendo: sandalias, zapatillas, botas de cuero, zapatos de taco alto para mujer, para hombres, así como una amplia variedad de zapatos casuales o informales para hombres y mujeres. El beneficio que tiene una planta de poder producir una amplia gama de calzado de una gran variedad de materiales tales como cuero, cuero sintético, lona, nylon, así como PVC, PU, EVA, y caucho, es especialmente la comercialización.

Ya que la necesidad de comprar calzado nunca decrecerá, debido al uso diario de estos y al aumento de los estándares de vida, significa que incrementará su demanda proporcionalmente a escala mundial. Esto, por supuesto, no es un secreto para las manufactureras de calzados.

Vale mencionar que la República de China es el país número uno en exportación de calzados a escala mundial, esto en gran parte se debe al avanzado grado de tecnología que este país posee.

1.2 BREVE EXPLICACIÓN DEL PROYECTO

La empresa de Calzado "ARMANDINY", situada en la ciudad de Ambato—Ecuador, ha adquirido una nueva y moderna maquinaria para la industria del calzado, la cual debe ser montada e instalada en el proceso a fin de obtener una mayor producción y mejor calidad de los productos que al momento ofrece.

En ese sentido, este proyecto tiene como objetivo principal realizar el montaje e instalación de toda la maquinaria, para lo cual se procederá a describir el proceso de fabricación de un tipo de calzado, a detallar y extraer las características más

importantes de las máquinas involucradas en el proceso, realizar la distribución de planta, dimensionar el transformador y alimentadores de energía; y el diseño e implementación de tableros de distribución.

1.3 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CALZADO

A fin de comprender el proceso que se realiza para la fabricación de diferentes clases de zapatos, se tomará como ejemplo la fabricación de calzado para damas y se describirá de manera resumida la secuencia.

1.3.1 PREPARACIÓN DEL MATERIAL

1.3.1.1 CARA SUPERIOR DEL ZAPATO (PALA)

Para la preparación de la cara superior intervienen cuatro pasos que son fundamentales para la elaboración del calzado.

- Recorte.
- Plegado y sujetado
- Costura
- Colocación de la puntera

El primero tiene que ver con los materiales utilizados en la producción de la pala del calzado, que son cortados en segmentos pequeños por una máquina cortadora automática. El tamaño y la forma de cada segmento están determinados por el molde de corte. Si el material utilizado es cuero, entonces primero debe ser gastado o rebajado al grosor deseado.

El segundo paso se da antes de que el calzado sea cosido, aquí el borde de cada segmento es plegado y sujetado o atado.

Posterior a esto los segmentos plegados son cosidos para formar la pala del calzado.

Por último, una puntera termoplástica es diseñada para proporcionarle soporte a la punta del calzado, la cual es insertada por una máquina sopladora de punteras. En este punto, la pala queda lista para su montaje posterior.

1.3.1.2 PLANTILLA

Las suelas y tacones que conformaran el zapato pueden ser de PVC o de una amplia variedad de materiales como cuero, caucho, corcho, o cuero sintético, por lo general las fábricas que producen calzado, compran las suelas totalmente fabricadas y terminadas para su respectiva utilización en el proceso de fabricación de calzado.

1.3.2 LINEA DE PRODUCCIÓN

1.3.2.1 HORMA

La plantilla es clavada a la horma y el reverso de la pala es moldeado a la forma de la horma por una máquina diseñada especialmente para esa finalidad. La pala es colocada en la horma y armada por esta máquina.

1.3.2.2 FORMADO

La suela es cementada a la pala usando un pegamento de alta resistencia y colocada en un calentador. La suela es prensada para asegurar el proceso de sellado en la máquina pegadora de suelas.

1.3.2.3 COLOCACIÓN

El calzado es enfriado y removido de la horma. Luego, el taco es clavado en éste por una máquina, finalmente el calzado es limpiado, inspeccionado y empaquetado.

1.3.3 ACABADO, INSPECCIÓN Y EMPAQUE

Cualquier hilo u otro material de desecho son extraídos por un soplador de aire caliente. Las agujetas y las plantillas son colocadas en los calzados. Un detector de metales es usado para encontrar agujas que hubiesen quedado durante el proceso de manufactura. Luego, el calzado es limpiado e inspeccionado para encontrar algún defecto y finalmente empaquetarlo en cajas.

1.4 DIAGRAMA DE FLUJO

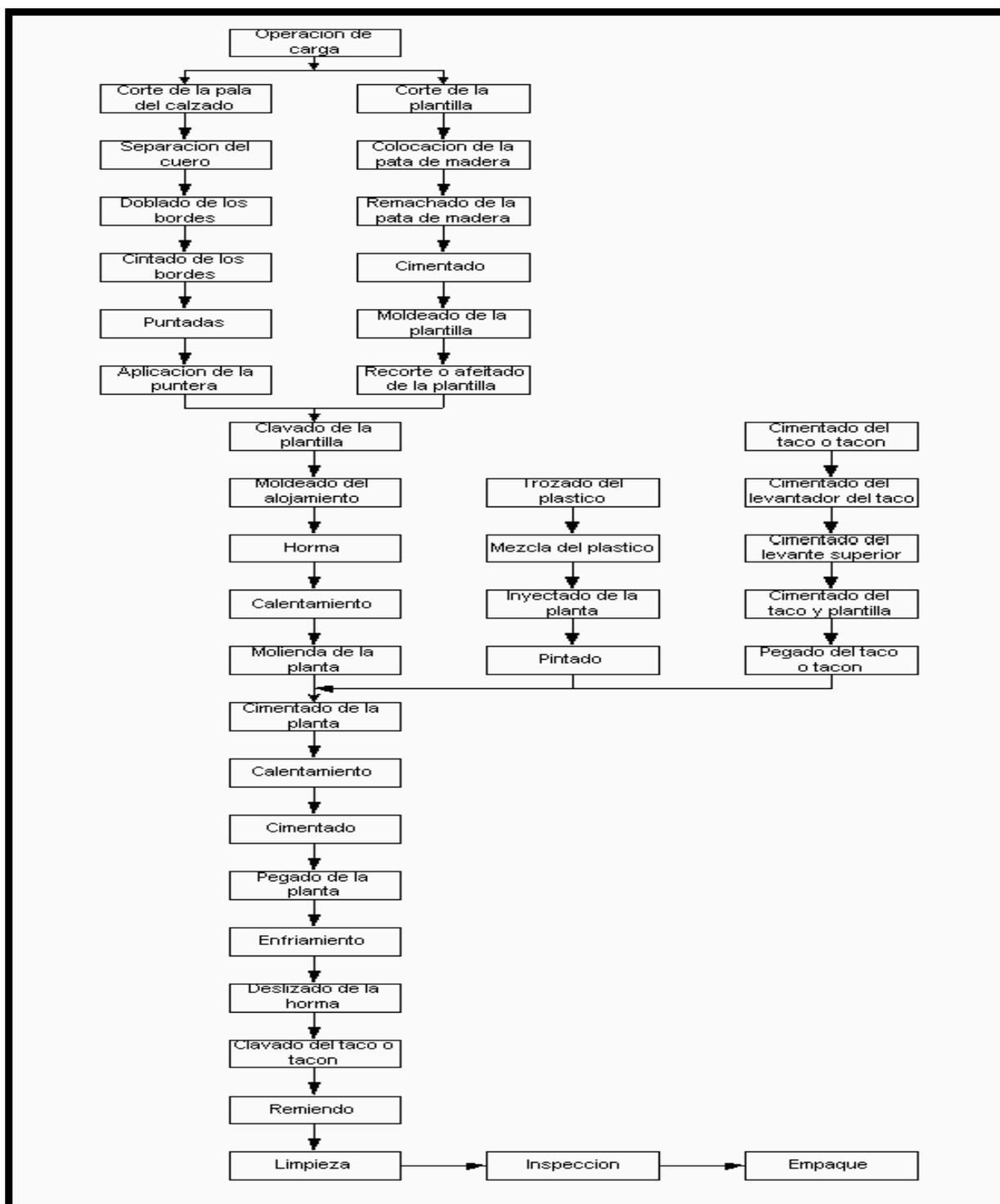


Figura No. 1.1 Diagrama de flujo

En la figura 1.1 se ilustra el diagrama de flujo correspondiente al proceso completo de fabricación de calzado.

1.5 MALLA DE PROCESO Y ASIGNACION DEL PERSONAL

Los puestos de trabajo se encuentran previamente asignados al personal técnico y administrativo de la empresa de calzado “ARMANDINY” y personal que fue debidamente capacitado para las diferentes áreas de producción con las que cuenta la empresa.

Dichos puestos de trabajo se los puede destacar en la figura 1.2

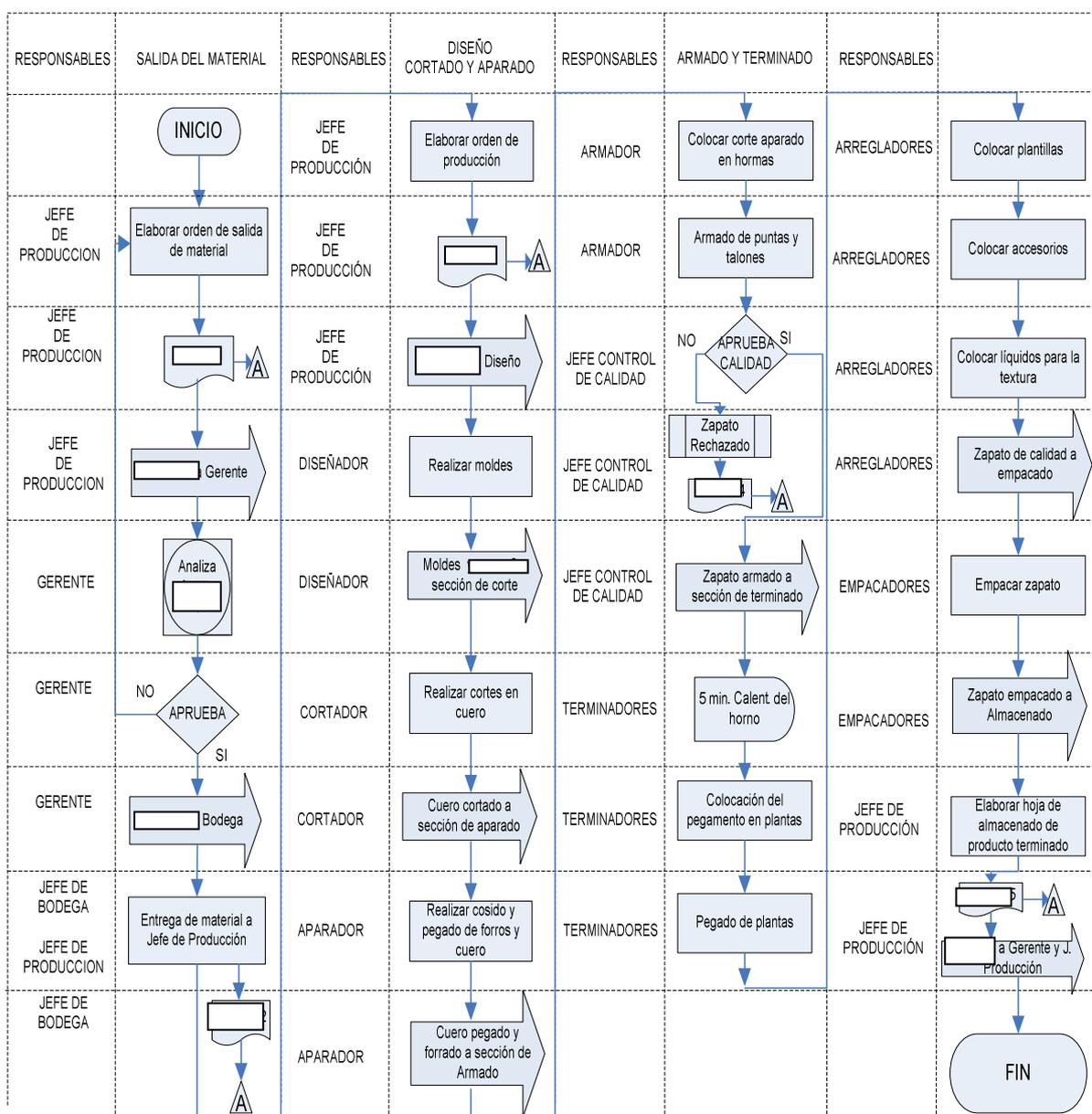


Figura No. 1.2 Malla de proceso de asignación del personal.

1.6 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

1.6.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

En general, la capacidad de producción de una planta industrial dependerá del número de máquinas explotadas, la asignación de mano de obra, la eficiencia en la producción, la disponibilidad de materia prima, el tipo de calzado producido, entre otros aspectos.

Para el caso que nos ocupa, el nivel de producción de la planta de calzado a instalarse está previsto para incrementar la producción de un 70 a 80 por ciento mensual, en los diferentes modelos de calzado tanto para damas como para caballeros.

Para tener una idea de las ventajas que ofrece la implementación de esta nueva y moderna maquinaria, se pasará de producir 100 pares mensuales a 180 pares mensuales, con la misma cantidad de operarios que trabajan en el proceso sin modernización.

- **ASPECTOS VARIOS**

Cada planta con esa capacidad de producción debe contar con aproximadamente 300 pares de hormas de aluminio o plástico para la línea de producción.

Algunas herramientas necesarias deben ser compradas, como el probador de resistencia de tensión, martillos, alicates, agujas medidoras, matriz de corte, punzón, tijeras, entre otros.

Se debe tomar en cuenta que las piezas de repuesto de las diferentes máquinas deben ser abastecidas para los dos primeros años de operación. Esto representa aproximadamente el 10% de la inversión total.

1.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MÁQUINAS A INSTALARSE

1.7.1 MÁQUINA PASAQUI S-501

Se utiliza en el pegado de la suela del zapato, realiza el trabajo de prensado de cualquier tipo de calzado ya sea este deportivo o casual, que tengan suela con modelo de piso de cajetín o liso y de material plástico o caucho.

Su funcionamiento es neumático, con control electrónico en la maniobra mediante sistema CAD-CAM personalizado. La operación de pegado de esta máquina se realiza colocando el zapato en posición invertida dentro del hueco provisto para tal efecto en la mesa, quedando el piso posicionado hacia arriba.

El funcionamiento de la máquina se puede seleccionar para que se realice en modo AUTOMÁTICO o MANUAL.

En MODO AUTOMÁTICO, la almohadilla desciende, después de colocar el zapato en su posición correcta y retirar las manos de la zona de trabajo, cerrando completamente el espacio de prensado, tras lo cual, penetra el aire a presión en las dos cámaras de forma secuencial, según el programa, el mismo que puede ser variado, por el propio operador, para adecuarlo a las necesidades del piso a prensar.

En MODO MANUAL, después de situar el zapato y retirar las manos, se pulsa el botón de marcha y a partir de esta acción la máquina se comporta exactamente igual que en modo automático.

La máquina incorpora un cómodo mecanismo para graduar la altura del zapato, en la figura 1.3 se puede observar la máquina para tener una idea de su estructura.

Igualmente presenta un eficaz sistema contrastado de seguridad, constituido por barrera fotoeléctrica, pulsador de STOP y elemento interno de seguridad para apertura de puertas, con el fin de evitar toda posibilidad que ocurra un accidente laboral durante la manipulación de la máquina.

La máquina tiene una abertura frontal para facilitar el acceso a la zona inferior de introducción de la caña de la bota, con el fin de poder aislar, tirar de ella e introducirla completamente, evitando que la horma pueda pisar el material con el apoyo.

El sistema CAD-CAM que posee esta máquina y que fue mencionado anteriormente, es un sistema de diseño asistido por computadora CAD (Diseño Asistido por Computador) que se utiliza para generar modelos con características de un producto determinado. Las características pueden ser el tamaño, el contorno y la forma de los componentes, que se almacenan en dibujos computarizados ya sean bidimensionales o tridimensionales.

A partir de unas especificaciones de fabricación a detalle, los arquitectos e ingenieros crean modelos 3D mediante gráficos generados por computadora, las piezas generadas por computadora son manipuladas para poder someterlas a infinidad de pruebas, y su forma puede ser modificada, antes de la fabricación Física del producto. Al poder tener una conexión, los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación también controlados por computadora pudiendo conformar un sistema integrado CAD/CAM; CAM (Fabricación Asistido por Computador)

La fabricación computarizada ofrece extraordinarias ventajas con respecto a métodos tradicionales de control de equipos de fabricación. En lo general, los equipos CAM reafirman la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costos de mano de obra. Más sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún más significativas. Por ejemplo, las herramientas de corte se desgastarán más lentamente y se estropearían con menos frecuencia, lo que reduciría todavía más los costos de fabricación.

- **DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA PASAQUI S-501**

Voltaje de Alimentación	220 V, tres fases
Máxima potencia absorbida	0,15 Kw
Peso Neto	254 Kg
Altura	1740 mm

Ancho	610 mm
Profundidad	885 mm
Peso con embalaje	310 Kg
Dimensiones Máq.	885x610x1740 mm
Dim. con Emb.	950x710x1850 mm



Figura No. 1.3 Máquina Pasaqui S-501.

1.7.2 MÁQUINA SABAL S-300

La máquina S-300 se utiliza para clavar tacones mediante un clavado secuencial o directo, de acuerdo a la programación requerida, funciona de manera automática o manual con cargadores de 6, 7, 10, 12 clavos.

La ubicación de los clavos en el tacón se puede apreciar en la figura 1.4 y dependiendo del tipo de calzado.

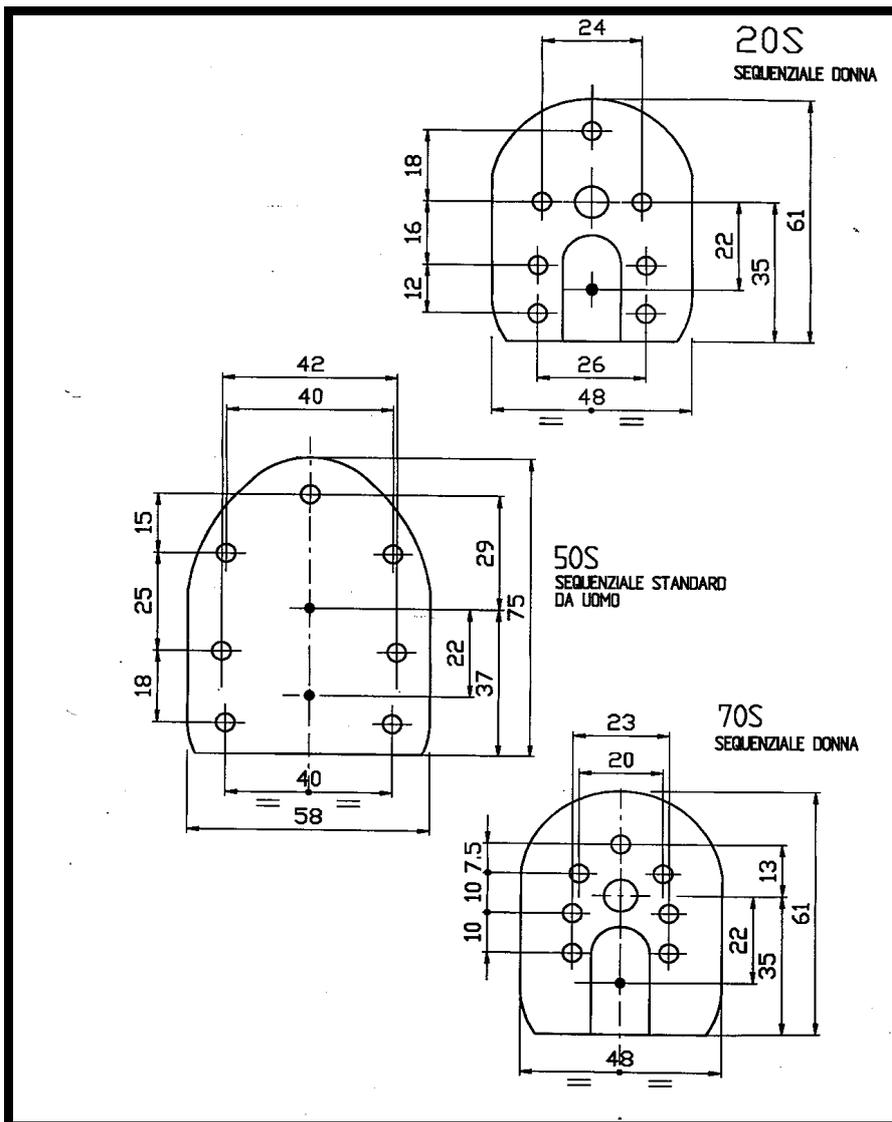


Figura No. 1.4 Esquema de posición de los clavos en el calzado

En la programación que se realiza en la máquina intervienen parámetros de presión de pegado, tiempo de descenso del bloque, número de clavos y talla del calzado que interviene en el proceso.

El proceso comienza cuando el operador apoya el zapato que se desea clavar sobre el bloque del pivote, tratando de que el zapato se encuentre firme; al apretar el pedal descenderá el bloque para presionar la suela y el tacón mecánicamente, en este momento los clavos que se encuentran internamente en el pivote salen y permiten realizar el clavado del taco.

El bloque al momento que desciende lo hace a baja velocidad y baja presión, evitando daños físicos en las manos del operador que se encuentra sujetando el zapato. El bloque vuelve a la posición de partida una vez soltado el pedal. En la figura 1.5 se puede apreciar la estructura de la máquina en mención.



Figura No. 1.5 Máquina Sabal S-300

Entre las características que posee esta máquina pueden mencionarse las siguientes:

- Cilindro de bloqueo hidroneumático con regulación de la segunda prensadura.
- Cargador de 6-7-10-12 clavos de longitud de 8 a 28 mm. + tornillo.
- Brazo de los clavos articulado.
- Regulación externa para hacer visibles los clavos en la clavera.
- Regulación externa de los martillos.
- Los clavos son introducidos en forma inclinada para evitar que salgan por los costados del tacón.

- **DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA SABAL S-300**

Voltaje de Alimentación	220 V, tres fases
Peso Neto	415 Kg
Altura	207mm
Anchura	70 mm
Profundidad	77 mm
Potencia eléctrica	100W
Consumo de aire	22 litros por ciclo

1.7.3 MÁQUINA CERIM K-68

Permite la armadura de puntas mediante varias fases previas, en la cual el operador debe trabajar de manera secuencial. La primera de ellas es el pre tiraje de la punta, que consiste en introducir la punta del corte (zapato) en la pinza de pre tiraje (máquina) unos 3 o 4 mm y manteniendo el corte pegado a los lados de la horma, de manera que se actúe sobre ella hacia abajo hasta que el corte éste perfectamente adaptado a la horma en la zona de la punta (máquina).

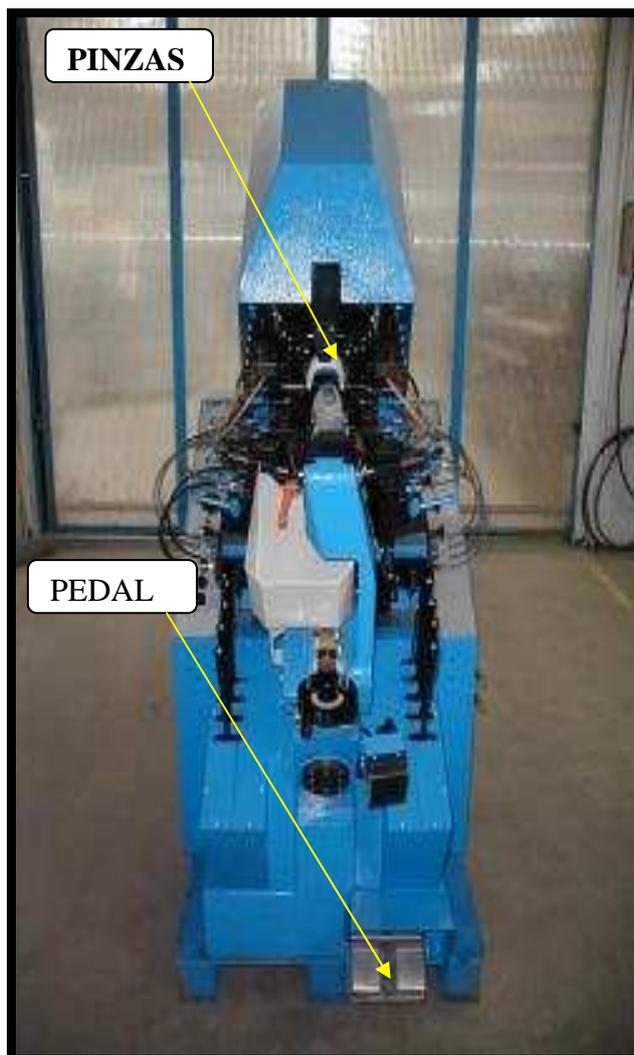


Figura No. 1.6 Máquina Cerim K-68.

Posterior a esto se cierran las pinzas de la punta (máquina) que dan a la punta la forma de la horma.

En un siguiente paso se cierra el resto del corte con las pinzas laterales (máquina), que prácticamente dan la forma de la parte frontal del calzado; cada vez que las pinzas se cierran se inyecta vapor caliente a la parte superior frontal para moldear el corte a la forma y medida de la horma.

Cada paso de la secuencia antes mencionada se obtiene dando un golpe en el pedal de la máquina. En la figura 1.6 se puede apreciar la estructura de la máquina.

- **DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA CERIM K-68**

Presión de accionamiento	40-50 atm
Voltaje de alimentación	220V tres fases
Potencia motor	2HP
Potencia de Instalación	1Kw
Potencia de Instalación Calefacción.	3.2Kw
Potencia máxima absorbida	5.7Kw
Dimensiones	170*115*190(cm)
Peso	1250 Kg

1.7.4 MÁQUINA SAREMA MOD.5000

Se utiliza para el acoplamiento de la parte superior y el forro de punta que se encuentra en el interior del calzado.

Este centro de trabajo permite resolver de forma apropiada la fase de acoplamiento entre el forro, la punta superior y los adhesivos, a base de agua pulverizada, para luego pasar por debajo de la parte superior de la prensa de calor que también mejora el resultado de pegar la parte superior de la formación, de acuerdo con una curvatura que facilita la operación de montaje.



Figura No. 1.7 Máquina Sarema Modelo 5000

El sistema de distribución del producto es ideal para la aplicación de adhesivos a base de agua y permite la unión sin que exista un exceso de pegamento. Este centro posee varios componentes que se describen a continuación y que se los puede apreciar en las figuras 1.7 y 1.8

MOD. 5000. Esta prensa, empareja el forro, con la parte superior y el dedo del pie-hojaldre, con el dispositivo superior de estiramiento. La temperatura del molde de la máquina se puede ajustar por un termorregulador digital.

MOD. 5100. Sistema de distribución de pulverizado para pegamento a base de agua, posee un tanque de acero inoxidable.

MOD. 5201. Mesa de trabajo de altura regulable, provista de aspiración de la red y con un filtro de material esponjoso.

MOD. 5300. Reactivador para topes termo adhesivos.

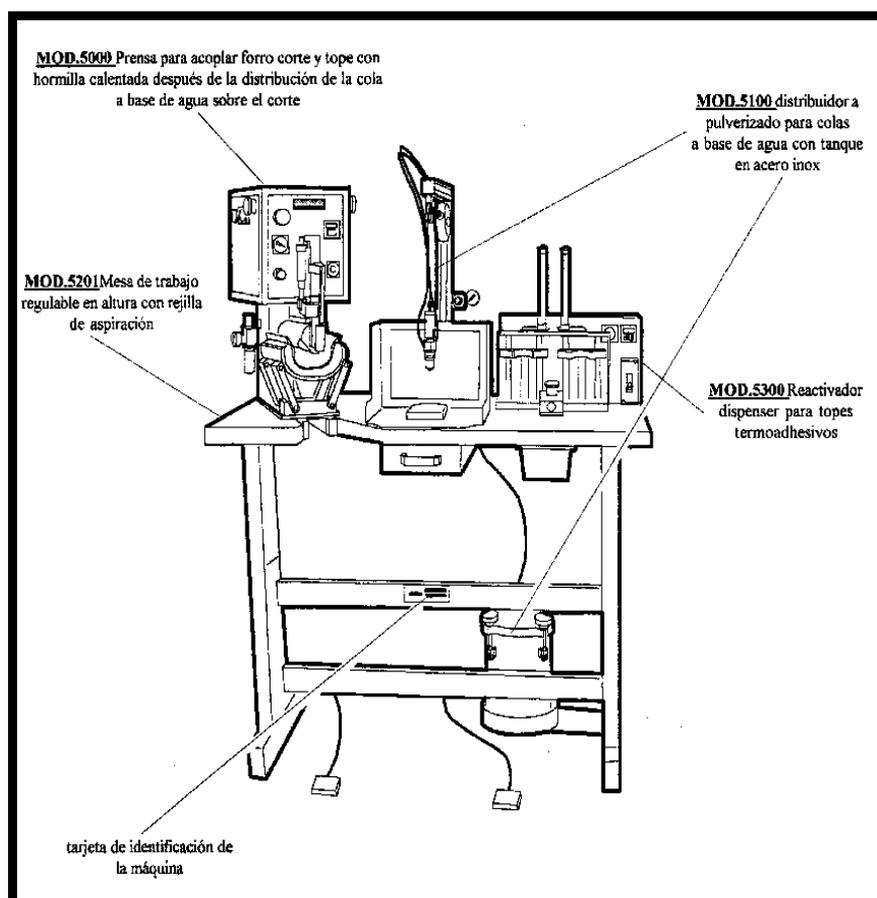


Figura No.1.8 Máquina Sarema 5000 y cada una de sus Partes

1.7.5 MÁQUINA NORBA N-88 CF

Esta máquina permite moldear talones en calor y frío. La especial ergonomía de esta máquina unida al diseño de sus mandos, la hacen enormemente productiva, ya que no requiere de operarios altamente cualificados para trabajar con ella; además, la maniobra que se realiza al momento de moldear es altamente segura ya que las cámaras de aire se inflan progresivamente hasta llegar a la presión deseada.

Se pueden adaptar unas bandejas opcionales para ampliar su zona de trabajo como se puede apreciar en la Figura 1.9



Figura No.1.9 Máquina Norba N-88 CF

Esta máquina utiliza gas como medio energético para producir calor, lo cual no afecta al medio ambiente. Dispone de tres niveles de potencia (Calor Solo, Calor y Frio y/o Abatible) para encontrar el mejor moldeado que se adapte a la fabricación de calzado. Es importante mencionar que la máquina trabaja sobre la moldura termoplástica que se encuentra entre el cuero y el forro interno del corte del calzado que va sobre la horma.

- **DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA NORBA N-88 CF**

Dimenciones	137 / 79 / 210 cm
Peso Neto	510 Kg
Presión Máxima de Trabajo	6 Bar
Ciclo de Trabajo	Semiautomático.
Producción Media	150 Pares / Hora.
Potencia eléctrica	800Kw
Voltaje de alimentación	220 V

1.7.6 MÁQUINA TRAP T -20

Esta máquina permite la armadura del talón sobre la horma en un proceso similar al ensamblaje de las puntas sobre la horma; tiene varias fases que van en forma secuencial y que los realiza la máquina por si sola. La primera de ellas es el pre tiraje del talón, que consiste en introducir el talón del corte (zapato) en la pinza de pre tiraje (máquina) unos 3 o 4 mm y manteniendo el corte pegado a los lados de la horma, de manera que se actúe sobre ella hacia abajo hasta que el corte este perfectamente adaptado a la horma en la zona del talón (máquina). En la figura 1.10 se puede apreciar la estructura de la máquina la cual permite tener un mejor enfoque de la misma.

Posterior a esto se cierran las pinzas del talón (máquina) que presionan sobre la horma, al mismo instante se inyecta vapor en la parte inferior con el objeto de cerrar el pliegue que se encuentra formando el zapato, luego de un tiempo las pinzas se abren y prácticamente se tiene la forma del zapato.

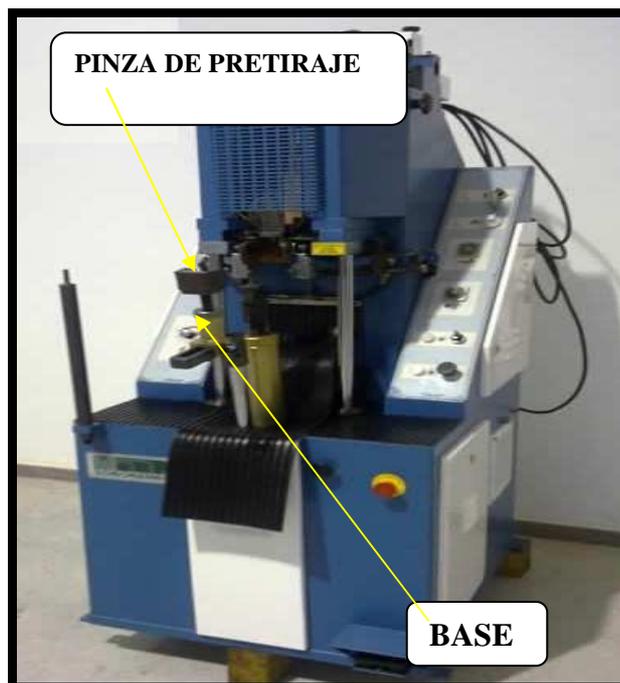


Figura No. 1.10 Máquina Trap T20

Esta máquina realiza un proceso corto sobre la horma y por eso solamente existe las pinzas de talones.

- **DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA TRAP T-20**

Energía electro neumática	
Voltaje de alimentación	220V, tres fases
Potencia Eléctrica	1Kw max
Producción	100 pares/ hora
Largo	90 cm
Ancho	80cm
Alto	155 cm
Peso	425 Kg

1.7.7 MÁQUINA IORCE IC -200

Esta máquina electro neumática se encarga de marcar la caja del tacón con velocidad y recorrido regulables. Posee una plancha caliente y rodillo ideado para el planchado y el aristado del asiento del tacón, que dan perfección al acoplamiento del tacón a la horma mejorando notablemente la calidad del zapato.

El sistema de planchado permite trabajar cualquier número de zapato sin tener que sustituir la placa, lo que mejora los tiempos de producción por la fiabilidad que presenta.

En la Figura 1.11 puede apreciarse la estructura de la máquina.



Figura No.1.11 Máquina IORCE IC-200

- **DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA IORCE IC-200**

Energía electro neumática

Voltaje de alimentación

220V, tres fases

Potencia Eléctrica

1Kw max

Producción

100 pares /horas

Largo

65 cm

Ancho

105 cm

Alto

150 cm

Peso

160 Kg

1.7.8 MÁQUINA MIVER HFP

Esta máquina tiene por objeto realizar un secado mucho más rápido previo a la reactivación de la pega cuando el calzado ha salido de la máquina de prensar.

En el túnel de frío el calzado es sometido a una temperatura de -10°C a 30°C produciendo un choque térmico sobre el pegado. La máquina puede ser apreciada en la Figura 1.12.

El principio de funcionamiento de la máquina es parecida a la que realiza un refrigerador, con la diferencia que en el proceso de secado, la máquina no produce escarcha sobre el calzado. El rango de temperatura y el tiempo de permanencia son regulables dependiendo del tipo de calzado que esté en producción.



Figura No. 1.12 Máquina Miver HFP

- **DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA MIVER HFP**

Energía electro neumática	
Voltaje de alimentación	220V, tres fases
Potencia eléctrica	3Kw max
Producción	100 pares horas
Largo	260 cm
Ancho	110 cm
Alto	170 cm
Peso	520 kg

1.7.9 MÁQUINA MIVER T68

Estas vías transportadoras son estructuras metálicas sobre las que se desliza un tipo de carrete que a su vez contiene el calzado, que pasa por el área de armado y terminado. Las vías transportadoras pasan junto a cada una de las máquinas que se encuentran siguiendo la secuencia de ensamblado del zapato, facilitando el transporte por cada una de las fases antes mencionadas.

En la Figura 1.13 se puede apreciar la distribución en planta de estas vías de transporte tanto la de 8m como la de 15m.

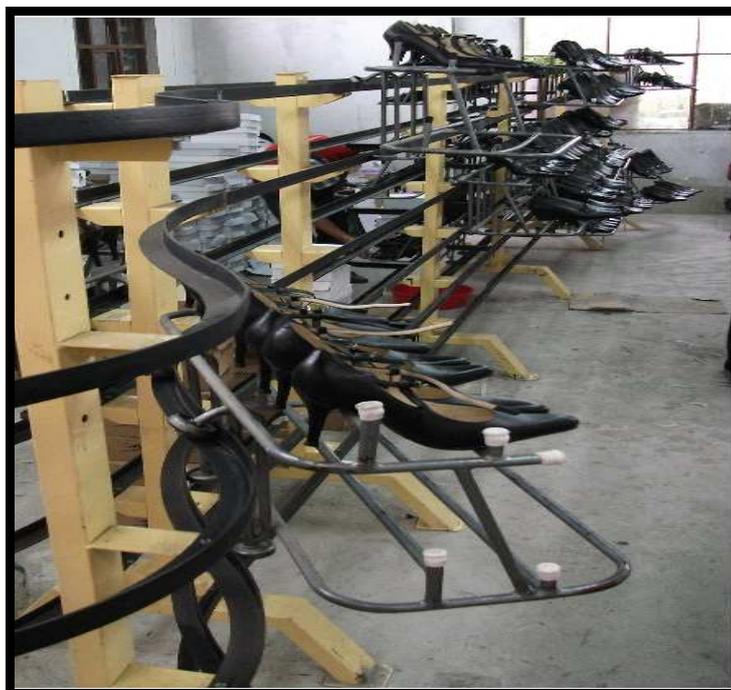


Figura No. 1.13 Miver T68

- **DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA MIVER T68**

Largo	200 cm
Ancho	157 cm
Alto	150 cm
Peso	205 kg

1.7.10 MÁQUINA MIVER SANG

Máquina electro neumática de timbra plantillas para el calzado, consiste de una bancada arqueada sobre la cual se monta una plantilla que será timbrada al momento que un operador acciona una palanca.

Existe una platina que posee un número de serie, que desciende y marca la plantilla.



Figura No. 1.14 Miver SANG

- **DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA**

Energía electro neumática	
Voltaje de alimentación	220 V, tres fases
Potencia eléctrica	0.2 Kw max
Producción	100 pares horas
Largo	50 cm
Ancho	100 cm
Alto	150 cm
Peso	80 kg

1.7.11 MÁQUINA MIVER GR

Esta máquina se utiliza para rebatir, sentar y alisar las imperfecciones de la piel después de realizar el montado del zapato, en esta fase se perfecciona el canto del zapato para evitar imperfecciones y facilitar el pegado de la suela, ajustando al máximo el canto. La máquina funciona con un rodillo metálico que alisa las imperfecciones producidas en los pasos anteriores. Esta máquina se observa en la Figura 1.15.

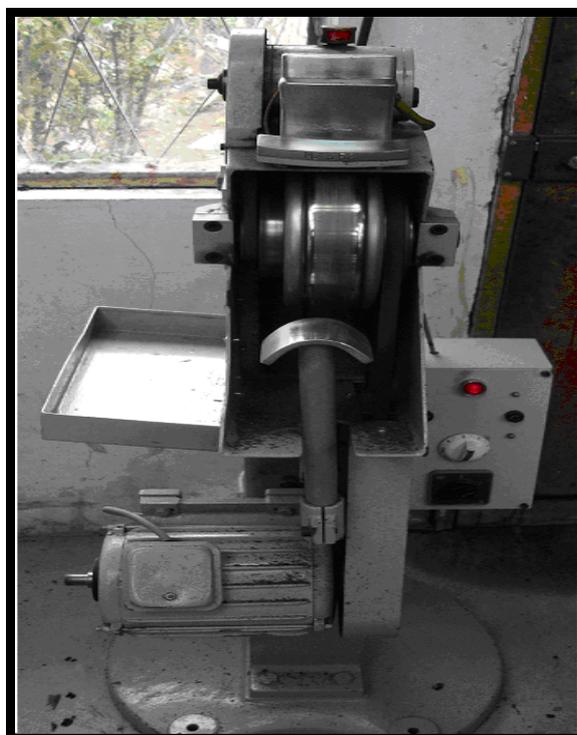


Figura No. 1.15 Máquina Miver GR

- **DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA MIVER GR**

Energía electro neumática

Voltaje de alimentación

220V, tres fases

Potencia eléctrica

1.2 Kw max

Producción

100 pares horas

Largo

50 cm

Ancho

100 cm

Alto

150 cm

CAPITULO 2

2. DISTRIBUCIÓN DE MÁQUINAS Y ANÁLISIS DE CARGA

2.1 DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA

El objetivo primordial que persigue la distribución de maquinaria en planta es hallar un ordenamiento de las áreas de trabajo y equipo, que sea lo más eficiente y al mismo tiempo seguro y satisfactorio para los empleados.

Cuando se habla de distribución de maquinaria, se alude a veces la disposición física ya existente en la empresa, otras veces a una distribución proyectada en base a un estudio. En todo caso, el objetivo que se busca con una buena distribución de planta (maquinaria), es optimizar los recursos existentes, disminuir los tiempos de proceso y, consecuentemente, mejorar la producción.

Para el caso que amerita, la planta de calzado “ARMANDINY” posee un sistema de producción ya establecido, por lo que la nueva maquinaria deberá adaptarse al proceso existente. Así entonces, las diferentes máquinas a instalarse, dependiendo de la actividad que cumpla cada una, reemplazaran a las que, por su tecnología, se consideran obsoletas, sin afectar la estructura existente en la línea de producción.

En la figura 2.1 y a manera de bloques, se resume la estructura del proceso de fabricación de calzado.

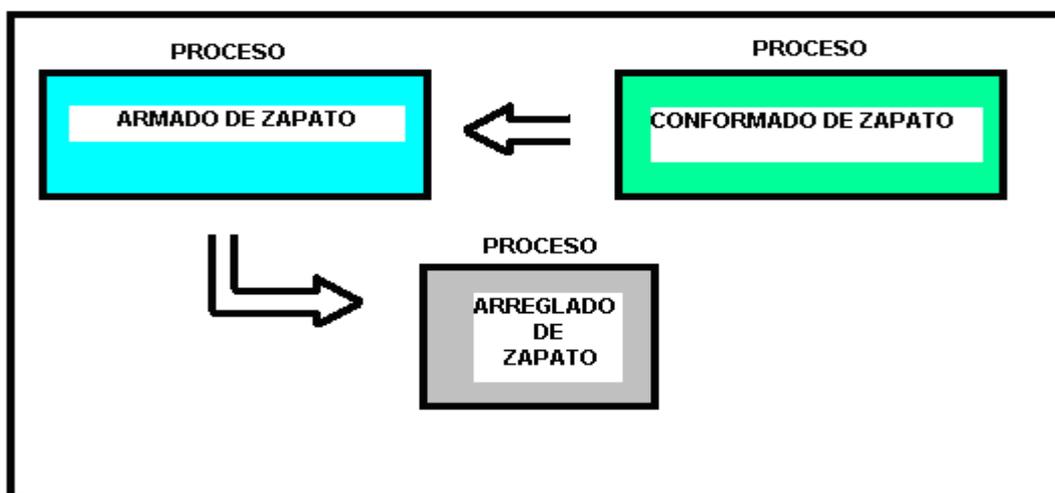


Figura No.2.1 Estructura del Proceso

2.2 UBICACIÓN Y ÁREA DE PLANTA

Las áreas de producción con las que cuenta la empresa son tres; el área de armado, conformado y arreglado de calzado. Dichas áreas, con sus respectivas maquinarias pueden ser observadas en las figuras 2.2, 2.3, 2.4.; y en la figura 2.5 se ilustra el esquema general de la planta.

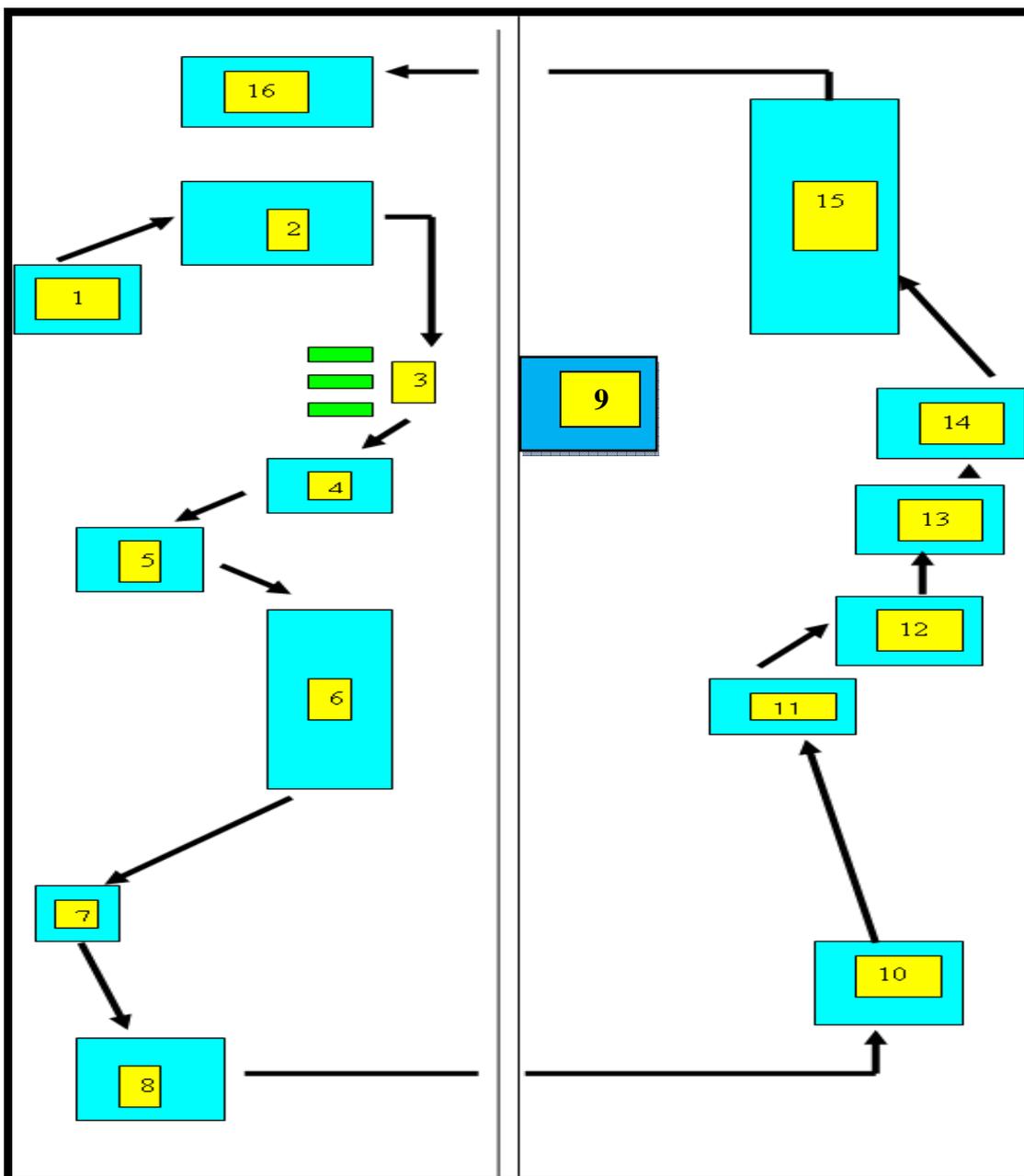


Figura No. 2.2 Área de Armado de Calzado

En la figura 2.2 se puede apreciar la secuencia que, dentro de la línea de producción, corresponde al armado de calzado. Cada máquina está representada por un número de referencia el cual se describe a continuación.

1. Vaporizador de puntas RP 20.
2. Armadora de puntas Cerim K68
3. Son 3 mesas para realizar un armado a mano para tener un mejor resultado en el producto.
4. Armadora de talones Trap T20
5. Armadora de enfranques Camboria.
6. Envejecedor o máquina de calor.
7. Máquina rebatidora para que el cuero quede perfectamente asentado.
8. Máquina para marcar la caja .
9. Riel de transporte.
10. Prensa Talamonti para pegar la planta del zapato al cuero.
11. Horno reactivador de pegante.
12. Desarrugador para el zapato.
13. Máquina para sacar las pegas.
14. Máquina de frío para poder sacar las hormas del zapato.
15. Máquina Clavadora de tacos.

En la Figura 2.3 se puede apreciar la secuencia que dentro de la línea de producción, comprende al conformado de calzado. Las máquinas involucradas son:

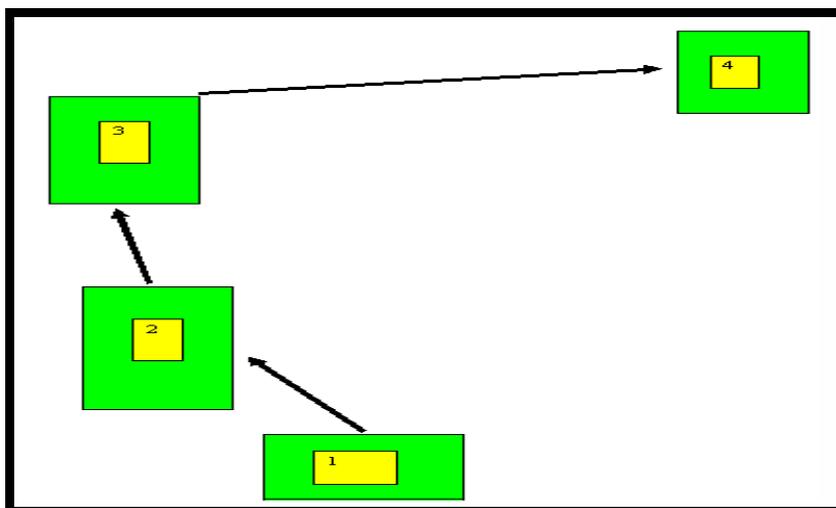


Figura No. 2.3 Área de Conformado de Calzado

1. Máquina de corte Atom.
2. Máquina Conformadora de talones Norba.
3. Máquina de dar látex y conformar la punta.
4. Máquina de timbrar.

En la Figura 2.4 se puede apreciar el área de arreglado del calzado que cuenta solamente con una máquina utilizada para conformar huecos.

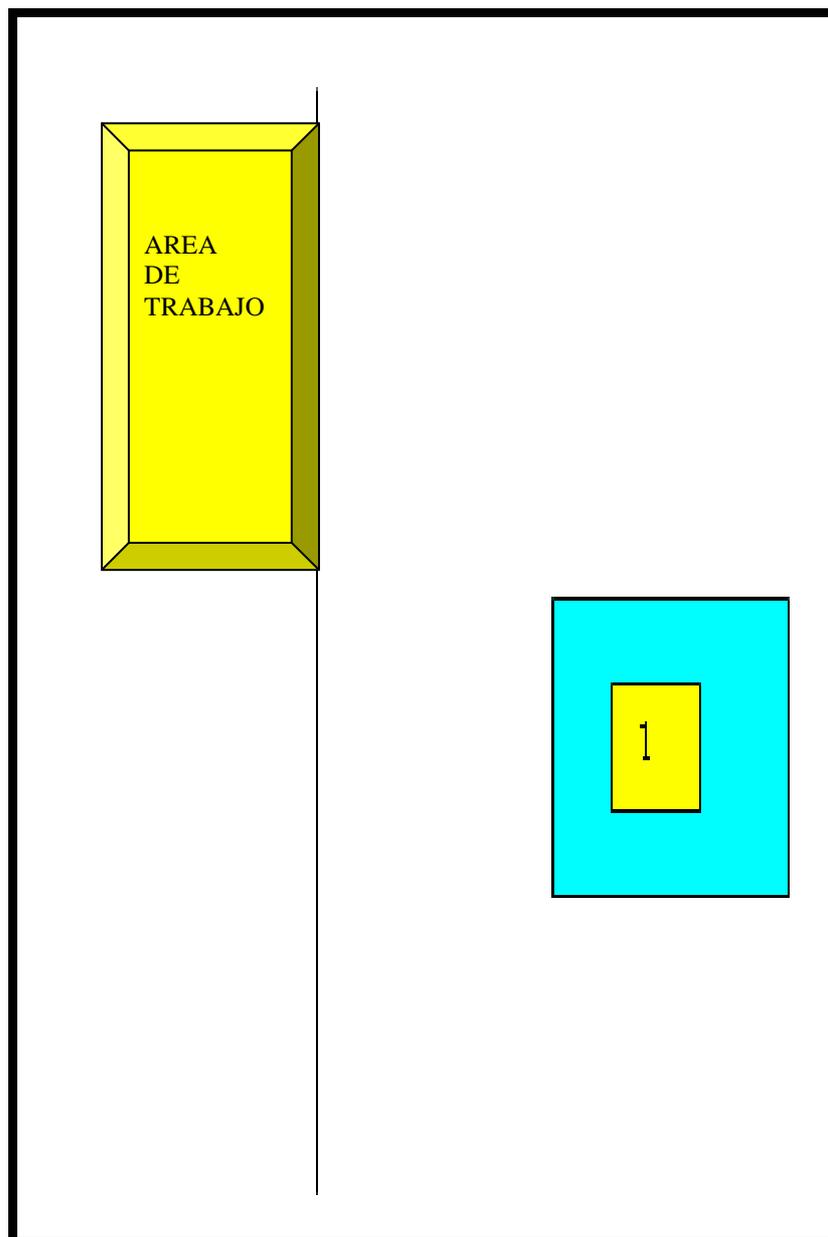


Figura No. 2.4 Área de Arreglado de Calzado

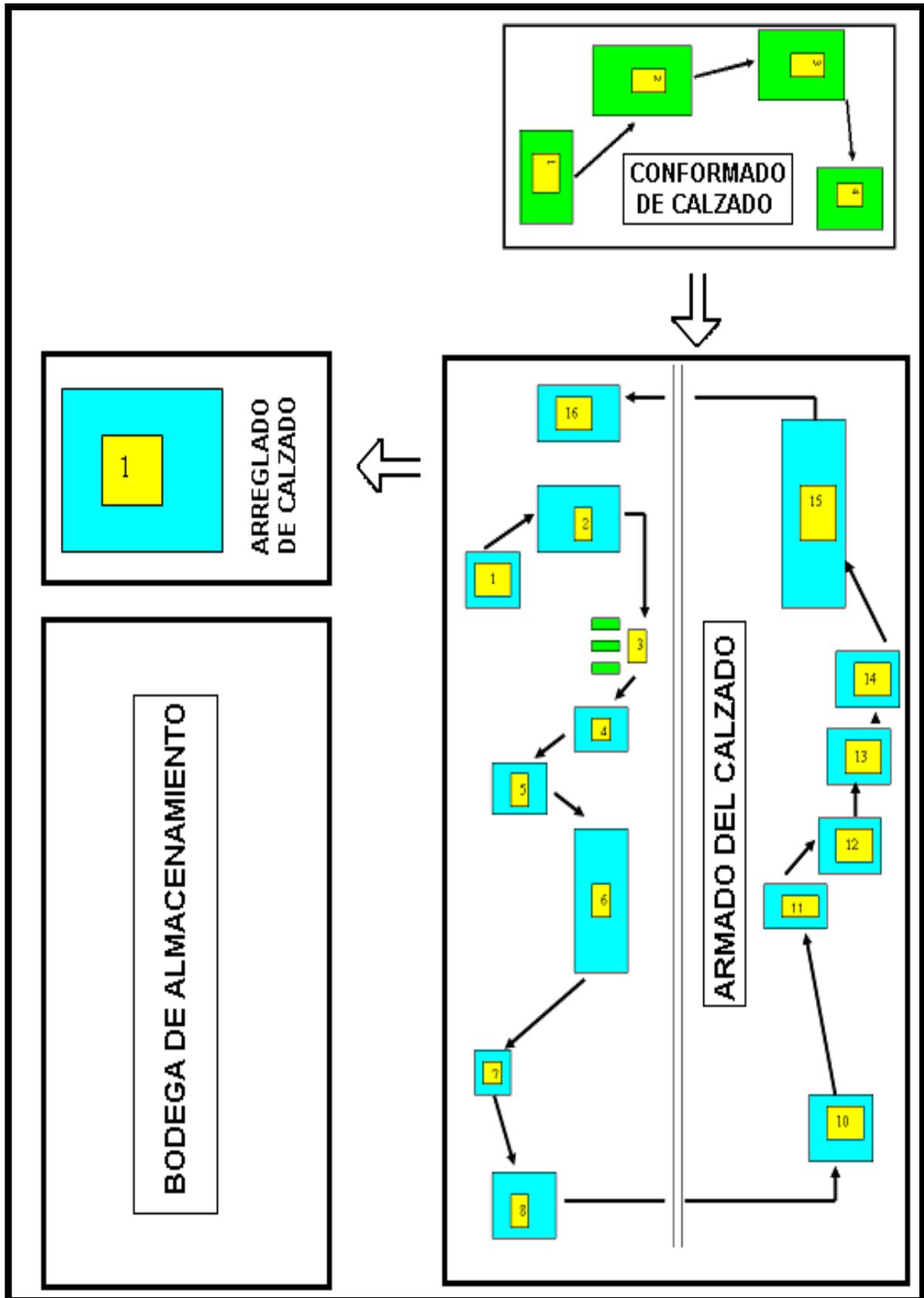


Figura No. 2.5 Área de producción de la planta.

2.3 ANÁLISIS DE LA CARGA ELÉCTRICA

El análisis de carga eléctrica de la planta implica la determinación de la carga instalada y la estimación de carga demandada en circuitos de iluminación, tomacorrientes de servicios generales, salidas especiales y principalmente en las máquinas de la línea de producción.

Este análisis permitirá calcular con mayor acierto: la capacidad del transformador para el suministro de energía de toda la planta, la capacidad de los alimentadores a los diferentes tableros de distribución y el dimensionamiento de los elementos de protección.

Para tal propósito, se hará uso y referencia de las normas aplicables a instalaciones eléctricas de baja tensión del Código Eléctrico Nacional del instituto ecuatoriano de normalización (INEN) o del National Electrical Code (NEC) de USA.

2.4 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

La planta de calzado “ARMANDINY” se encuentra instalada en la ciudad de Ambato calle San Sebastián y Pasaje Albacete, su distribución es la siguiente.

- a) Vivienda y oficinas.
- b) Area de fabricación.
- c) Bodega.

Para cada una de las áreas en mención es necesario realizar ciertas aclaraciones en cuanto a su distribución eléctrica, ya que no todas estas áreas se encuentran alimentadas desde un mismo tablero de distribución, ni tampoco tienen un mismo medidor de energía eléctrica.

Como se puede apreciar en la figura 2.7, la empresa esta estructurada de tal forma que la vivienda del propietario de la empresa este junto a la fábrica de calzado, construcción que también alberga al área de oficinas.

La energía eléctrica que llega para abastecer los requerimientos de carga de la vivienda y oficinas es independiente de la que alimenta a la fábrica, es por eso que para el análisis de carga no serán consideradas.

En lo que respecta al área de fabricación y bodega, estas serán alimentadas por el transformador que se va a dimensionar y posee su propio medidor de energía trifásica; además, el antiguo transformador que posee la planta así como el medidor de energía serán reemplazados de acuerdo a los nuevos requerimientos de energía.

El medidor será instalado en un tablero principal que cumpla las Normas de la EEASA, y se ubicará en la parte frontal de la edificación, en un lugar accesible para la lectura conservando la estética del sitio.

2.5 CARGAS INSTALADAS EN LA INDUSTRIA

2.5.1 ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES

Para las cargas instaladas en la industria se consideran todas y cada una de las máquinas que intervienen en el proceso de elaboración de calzado, así como también las diferentes cargas eléctricas que intervienen indirectamente en dicho proceso, como son circuitos de iluminación y tomacorrientes.

Los datos de placa de las máquinas permitirán conocer cual es la potencia total que consumen estas en condiciones normales, mientras que datos obtenidos directamente de la planta permitirán determinar la potencia de los circuitos de iluminación y tomacorrientes que forman parte de cada una de las áreas de producción de calzado.

Para el cálculo de la carga en el sistema de iluminación y tomacorrientes se considera la potencia actualmente instalada en cada una de las áreas; es importante recalcar que los circuitos de iluminación y tomacorrientes anteriormente instalados no han sido modificados, salvo pequeños cambios en lámparas y tomas que se encontraban averiadas.

2.5.1.1 TOMACORRIENTES

- **Normativa**

Como se mencionó anteriormente, para el correcto análisis de carga se utiliza las prescripciones y recomendaciones del Código Eléctrico Nacional Ecuatoriano del 2001. A continuación se transcriben artículos del citado código, utilizados en el presente análisis.

Sección 210 Circuitos Ramales

Art. 210-7 Tomacorrientes y conectores para corriente.¹

- a) Con polo a tierra.- Los tomacorrientes instalados en circuitos ramales de 15 y 20 A deben tener polo a tierra. Los tomacorrientes con polo a tierra se deben instalar solo en circuitos del voltaje y capacidad de corriente para las que estén destinados, a excepción de lo establecido en las Tablas 210-21.b).2 y 210-21.b)3

TABLA 210-21.b) 2.- Carga máxima conectada a un tomacorriente para artefactos con cordón y clavija

Corriente nominal del circuito (A)	Capacidad de corriente del tomacorriente (A)	Carga máxima (A)
15 o 20	15	12
20	20	15
30	30	24

TABLA 210-21.b) 3.- Carga máxima conectada a un tomacorriente para artefactos con cordón y clavija

Corriente nominal del circuito (A)	Capacidad de corriente del tomacorriente (A)
15	No mas de 15
20	15 o 20
30	30
40	40 o 50
50	50

¹ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado y protección de las instalaciones eléctricas, sección 210, artículo 210-7, página 33

- b) Para conectar a tierra.- Los tomacorrientes y conectores para cordones que tengan contacto para polo a tierra, deben tener esos contactos puestos a tierra eficazmente.
- c) Métodos de puesta a tierra,- Los contactos de puesta a tierra de los tomacorrientes y conectores para cordones se debe poner a tierra conectándolos con el conductor de puesta a tierra de los equipos del circuito que alimenta al tomacorriente o al conector del cordón.

El método de alambrado del circuito ramal debe incluir o tener previsto un conductor de puesta a tierra de los equipos al cual se debe conectar los contactos de puesta a tierra del tomacorriente o del conector.

Art. 210-21 Dispositivos de salida.² Los dispositivos de salida deben tener una corriente nominal no menor a la carga que van a servir y deben cumplir lo establecido en los siguientes apartados a) y b).

- a) portabombillas y b) tomacorriente (para lo que amerita solo se cita este literal).
- b) Tomacorrientes.
 - 1) Un tomacorriente sencillo instalado en un circuito ramal individual, debe tener una capacidad de corriente no menor a la de dicho circuito.

Sección 220

Art. 220.3 Cálculo de circuitos ramales.³ La carga de los circuitos ramales se deben calcular en los apartados a) a d), para el caso que amerita se cita el apartado c) 7)

- c) Otras cargas para todo tipo de lugares.- En todo tipo de lugares, la carga mínima para cada salida de tomacorriente de uso general y salidas no utilizadas para alumbrado general, no debe ser menor a la siguiente(las cargas utilizadas se basan en el voltaje nominal de los circuitos ramales.)

² Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado y protección de las instalaciones eléctricas, sección 210, artículo 210-21, página 37.

³ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado y protección de las instalaciones eléctricas, sección 220, artículo 220-3, página 46-47-48.

7) Otras salidas *.... 180 VA por salida. En la salida de tomacorrientes, cada tomacorriente sencillo o múltiple de un puente, se debe considerar no menor a 180 VA.

2.5.1.2 ILUMINACIÓN

- **Normativa.**

Sección 410 Aparatos de alumbrado, portabombillas, bombillas y tomacorrientes.

A. Generalidades

Art. 410-1 Alcance.⁴ Esta sección trata de los aparatos de alumbrado, portabombillas, colgantes, tomacorrientes, bombillas incandescentes de filamento, bombillas de arco, bombillas de descarga y del alumbrado que forman parte de dichas bombillas, aparatos e instalaciones de alumbrado.

NOTA.- El término internacional de un aparato de alumbrado es “luminaria” que se define como una unidad completa de alumbrado consistente en una o varias bombillas junto con las piezas diseñadas para distribuir la luz, para colocar y proteger las bombillas y para conectar a la fuente de alimentación.

Art. 410-3 Partes energizadas.⁵ Los aparatos de alumbrado, portabombillas, bombillas y tomacorrientes no deben tener partes energizadas expuestas normalmente al contacto. Los terminales expuestos accesibles de los portabombillas, tomacorrientes e interruptores no se debe instalar en aparatos con protector metálico ni en las bases abiertas de bombillas portátiles de mesa o de piso.

⁴ Código Eléctrico Nacional, capítulo 4, equipos para uso general, sección 410, artículo 410-1, página 303

⁵ Código Eléctrico Nacional, capítulo 4, equipos para uso general, sección 410, artículo 410-3, página 303

Art. 410-16 Medios de soporte.⁶

- a) Caja de salida.- Cuando la caja de salida o accesorio ofrezca un medio de soporte adecuado, se puede sujetar a ellos el aparato de alumbrado o soportarse según exige el Art. 370-23 (Ver Anexo A) para cajas. Un aparato de alumbrado que pese más de 22.7 Kg. se debe apoyar independientemente de la caja de salida.
- b) Inspección.- Los aparatos se deben instalar de manera que la conexión entre los conductores del aparato y los del circuito se pueden inspeccionar sin tener que desconectar ninguna parte del alambrado.
- c) Accesorios de sujeción.- Los accesorios de sujeción de los aparatos que no conformen parte de las cajas de salida, tirantes, trípodes y patas de gallo, deben ser de acero, hierro maleable u otro material adecuado para esta aplicación.

Art. 410-18 Partes expuestas del aparato.⁷

- a) Con partes conductivas expuestas.- Se debe poner a tierra las partes conductivas expuestas de los aparatos y equipos de alumbrado directamente sujetos o alambrados a salidas alimentadas por un método de alambrado que proporcione una puesta a tierra de equipos.

F Alambrado de aparatos

Art. 410-22 Generalidades.⁸ El alambrado sobre o dentro de los aparatos de alumbrado deben ser ordenados y no expuestos a daños físicos. Se debe evitar el alambrado excesivo. Los conductores deben estar expuestos de manera que no estén sujetos a temperaturas superiores a su temperatura nominal de funcionamiento.

⁶ Código Eléctrico Nacional, capítulo 4, equipos para uso general, sección 410, artículo 410-16, página 307-308

⁷ Código Eléctrico Nacional, capítulo 4, equipos para uso general, sección 410, artículo 410-18, página 308

⁸ Código Eléctrico Nacional, capítulo 4, equipos para uso general, sección 410, artículo 410-22, página 309

2.5.2 DATOS DE POTENCIA INSTALADA EN ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES

Área de Bodegas

Tipo de carga	Potencia (W)
Iluminación	500
Tomacorrientes de servicio general	1080

Tabla 2.1

Área de Fabricación

* Armado de calzado

Tipo de carga	Potencia (W)
Iluminación	880
Tomacorrientes de servicio general	540

Tabla 2.2

*Arreglado de Calzado

Tipo de carga	Potencia (W)
Iluminación	640
Tomacorrientes de servicio general	360

Tabla 2.3

Conformado de Calzado

Tipo de carga	Potencia (W)
Iluminación	320
Tomacorrientes de servicio general	900

Tabla 2.4

Resumen de Carga Instalada en Iluminación y Tomacorrientes

Tipo de carga	Potencia (W)	Total
Iluminación	2340	2340
Tomacorriente de servicio general	2880	2880

Tabla 2.5

2.5.5 CARGA INSTALADA EN MAQUINARIA

En la tabla 2.6 se hace un listado de todas las máquinas instaladas en la planta, con indicación de su potencial nominal (de placa), la potencia aparente calculada y otros datos de interés para el diseño del sistema eléctrico.

CIRCUITO	DESCRIPCION TD1	POTENCIA NOM. (HP) O (KW)	TIPO	VOLTAJE (V)	POT. CALCULADA (VA)	ALIMENTACION
1	NORBA N-88	0.800 Kw	2F	220	800.00	2F+T
2	TRAP T-20	1 Hp	3F	220	1000.00	3F+T
3	IORDE IC-200	1.0 Kw	3F	220	1000.00	3F+T
4	PASAQUI S-501	0.150 Kw	3F	220	150.00	3F+T
5	MIVER SANG	0.200 Kw	3F	220	200.00	3F+T
6	EVAPORIZADOR	1.800 Kw	3F	220	1800	3F+T
7	EMBEJESEDOR	1 KW	3F	220	1000.00	3F+N+T
8	COMPRESOR 1	3 HP	3F	220	3000.00	3F+T
9	COMPRESOR 2	3 HP	3F	220	3000.00	3F+T
10	POPPI BRASILEÑA	1.500 Kw	3F	220	1500.00	3F+N+T
11	REACTIVADOR	1.000 Kw	3F	220	1000.00	3F+N+T
12	MIVER GR	1.200 Kw	3F	220	1200.00	3F+N+T
13	ATOM	0.500 Kw	3F	220	500.00	3F+T
14	MIVER HFP	3.000 Kw	3F	220	3000.00	3F+T
15	CERIM K-68	5.700 Kw	3F	220	5700.00	3F+N+T
16	SAREMA 5000	1.350 Kw	3F	220	1350.00	3F+T
17	SABAL S-300	0.100 Kw	3F	220	100.00	3F+N+T
18	CARDADORA	0.500 Kw	3F	220	500.00	3F+N+T
19	TROQUELADORA	1HP	3F	220	1000.00	3F+N+T
20	SACADOR DE ARRUGAS	0.500 Kw	3F	220	500.00	3F+N+T

Tabla 2.6

En el caso de los motores, para el cálculo de la potencia absorbida en [VA] se ha asumido 1000VA por cada HP.

La potencia nominal es indicada en HP para el caso de los motores y en Kw en caso de cargas resistivas o combinadas.

Todas y cada una de las máquinas que funcionan con energía eléctrica están descritas en las tablas presentadas, sin embargo muchas de ellas tienen alimentación mixta; es decir, energía eléctrica y neumática de ahí que los compresores que generan aire comprimido también constan en las tablas presentadas.

2.5.4 RESUMEN DE LA CARGA INSTALADA EN LA MAQUINARIA

En la tabla 2.7 se presenta el resumen de la carga instalada de todas las máquinas que intervienen en el proceso de elaboración de calzado.

TD(Tableros de distribución)	Carga instalada en [VA]
TD1	11950
TD2	16350
Total	28300

Tabla 2.7

NOTA: Para obtener la carga total del TD1 se debe sumar la potencia de iluminación y tomacorrientes. Ya que estos circuitos parten de este tablero.

2.6 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

Para distribuir la energía eléctrica en toda la planta, se ha previsto la utilización de dos tableros de distribución (TD1 y TD2), desde donde partirán los circuitos derivados a cada una de las máquinas y circuitos ramales de alumbrado y tomacorrientes.

El tablero TD1 se encuentra en el mismo lugar donde estaba ubicado antiguamente, mientras que el TD2 se ha planificado ubicarlo en el área de armado, lugar donde está la mayor concentración de carga, criterio que acoge la normativa correspondiente.

Un criterio similar fue utilizado para establecer la ubicación del tablero principal de distribución, en la figura 2.6 y 2.7 se puede apreciar la ubicación de los tableros TD1 y TD2 y del tablero principal respectivamente.

Es importante mencionar que la EEASA (Empresa Eléctrica de Ambato) es la encargada de los trabajos que involucran directamente a las líneas de distribución principal, hasta el lugar en donde se encuentra el tablero principal (TP) de la planta.

- **Normativa**

Sección 384 Cuadros de distribución y paneles de distribución.

Art. 384-3 Soportes e instalaciones de las barras colectoras y los conductores.⁹

- a) Conductores y barras colectoras en un tablero de distribución o en un panel de distribución.- Los conductores y las barras colectores en un tablero de distribución o en un panel de distribución deben estar aislados de manera que no queden expuestos a daños físicos y estén bien sujetos. En una sección vertical solo deben instalarse los conductores cuya terminación este en la sección vertical del tablero de distribución de acometida se deben instalar barreras que aislen las barras colectoras y los terminales de la acometida del resto del cuadro de distribución.
- b) Efectos de sobrecalentamiento e inductivos.- La disposición de los conductores y las barras colectores debe ser tal que evite el sobrecalentamiento debido a efectos inductivos.
- d) Terminales.- Los terminales de los cuadros de distribución y paneles de distribución deben estar situados de modo que, para hacer las conexiones, no sea necesario atravesar o cruzar por atrás los conductores o barras no puestas a tierra.
- f) Distribución de las fases.- La distribución de las fases en las instalaciones trifásicas debe ser A, B, C desde el frente hacia atrás, de arriba abajo o de izquierda a derecha vistas desde la parte delantera del tablero o panel de distribución. En las instalaciones trifásicas tetrafilares conectadas en delta, la fase B debe ser la que tenga mayor tensión a tierra. Si se hace adiciones a

⁹ Código Eléctrico Nacional, capítulo 3, métodos y materiales de las instalaciones, sección 384, artículo 384-3, página 280-281

instalaciones ya existentes, se permite otras distribuciones siempre que se marquen adecuadamente.

Art. 384-5 Ubicación de los tableros de distribución.¹⁰ Los tableros de distribución que tengan partes expuestas energizadas deben estar situados en lugares permanentemente secos, donde estén vigilados por personal competente y solo son accesibles a personal calificado. Los tableros de distribución deben instalarse de modo que la probabilidad de daño por equipo o procesos se reduzca al mínimo.

Art. 384-8 Distancias¹¹

c) Alrededor del Cuadro de distribución.- Las distancias alrededor de los cuadros de distribución deben cumplir lo establecido en el artículo 110-16 (Ver Anexo A), para el caso que nos amerita es Art. 110-16. a).1), y tabla 110-16.a.)

Art. 384-36 Distancias mínimas.¹² La distancia mínima entre las partes metálicas desnudas, barras colectoras, etc., no debe ser inferior a lo especificado en la tabla 384-36 de las normas y como se indica en la tabla 2.8. Cuando la proximidad no dé lugar a un calentamiento excesivo, se permite que partes con la misma polaridad como interruptores, fusibles en porta fusibles, etc., estén instalados lo más cerca posible para que se permita un correcto manejo.

TABLA 384-36 Separación mínima entre piezas de metal desnuda, en cm

	Polaridad opuesta montada en la misma superficie	Polaridad opuesta cuando están al aire libre	Entre las partes energizadas y tierra
No más de 125 V nominales	1.9	1.3	1.3
No más de 250 V nominales	3.2	1.9	1.3
No más de 600 V nominales	5.1	2.5	2.5

Tabla 2.8

¹⁰ Código Eléctrico Nacional, capítulo 3, métodos y materiales de las instalaciones, sección 384, artículo 384-5, página 282

¹¹ Código Eléctrico Nacional, capítulo 3, métodos y materiales de las instalaciones, sección 384, artículo 384-8, página 282

¹² Código Eléctrico Nacional, capítulo 3, métodos y materiales de las instalaciones, sección 384, artículo 384-36, página 282

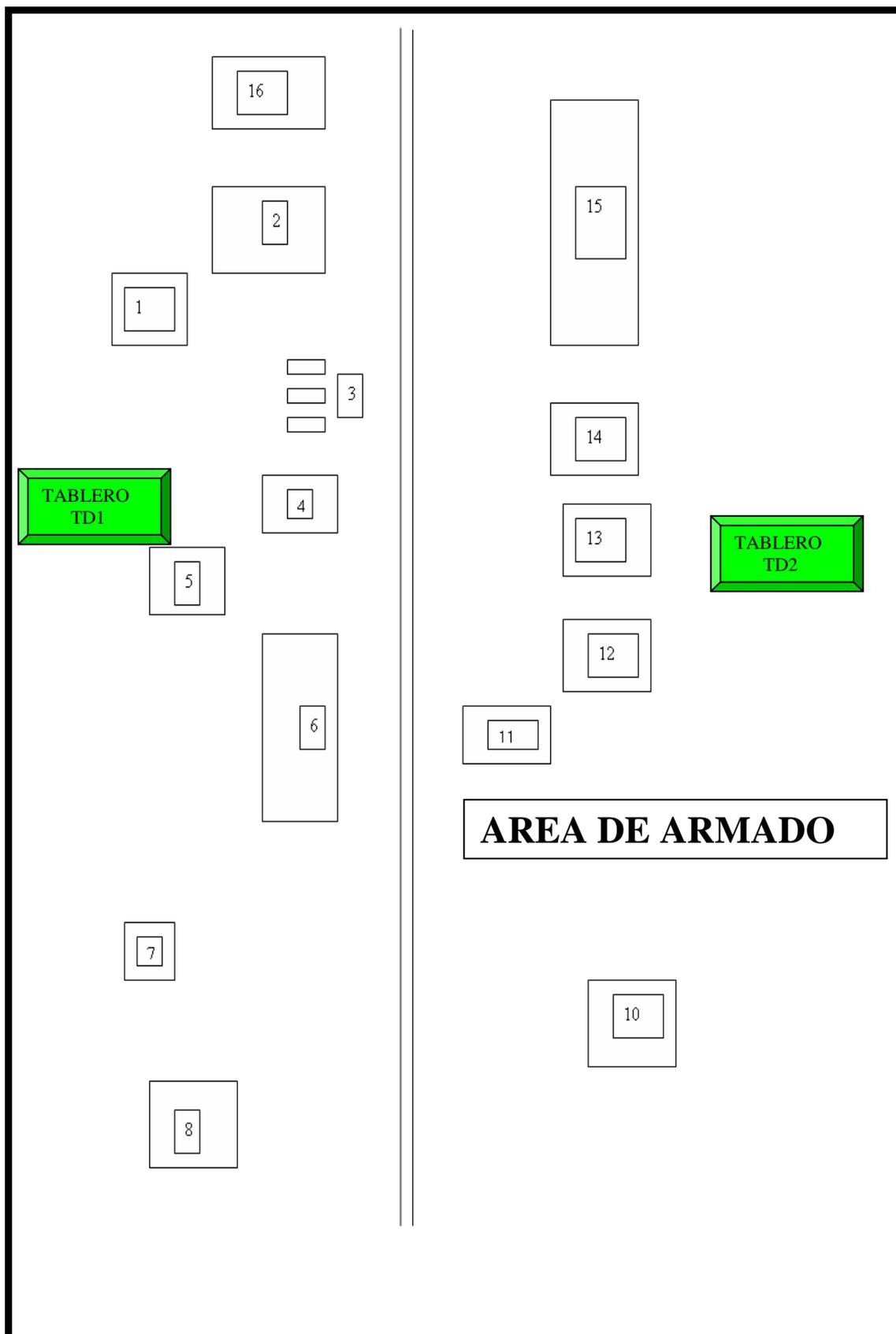


Figura No. 2.6 Ubicación de los tableros de distribución

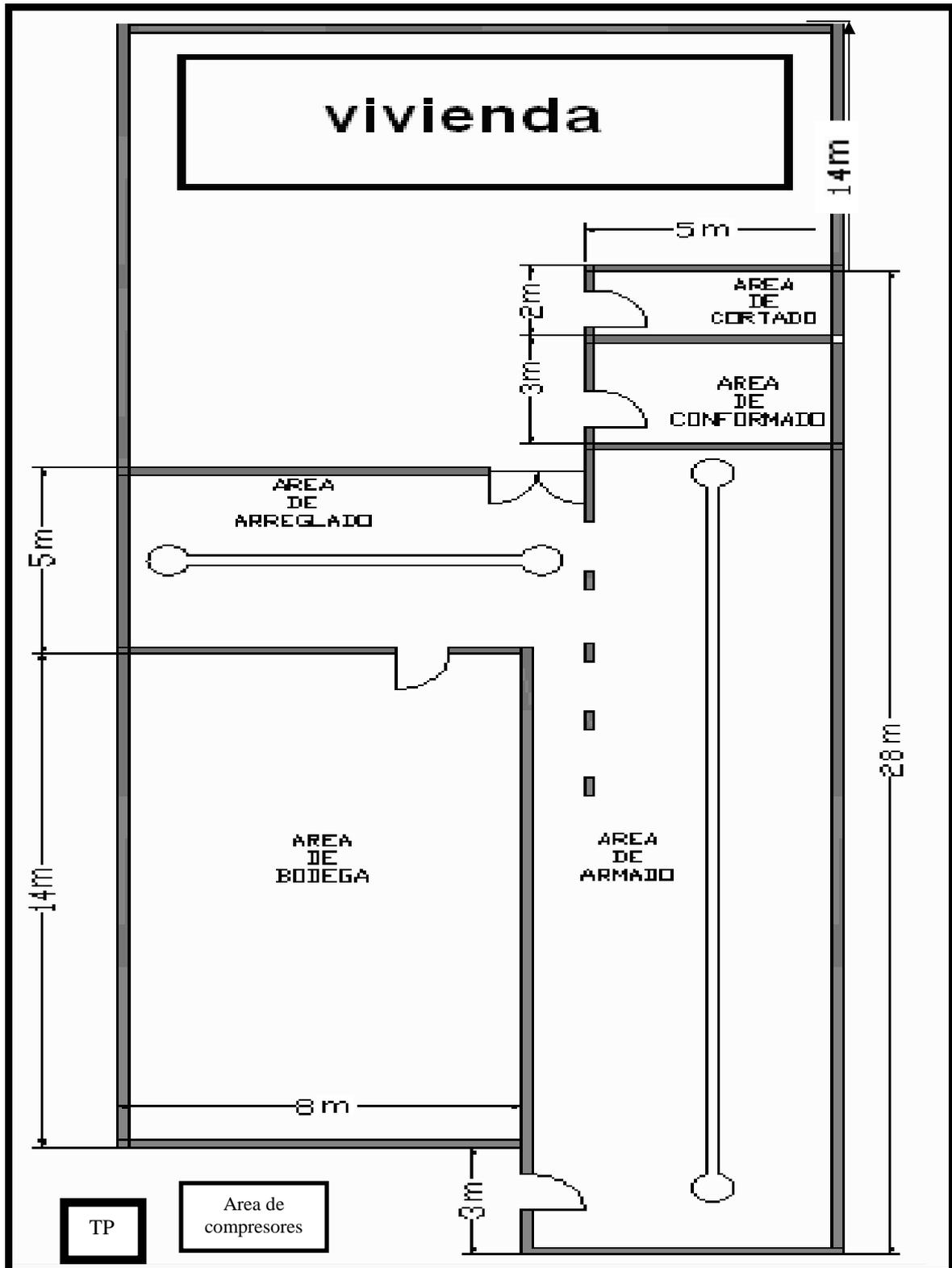


Figura No. 2.7 Plano general de la fábrica de calzado

2.7 DIAGRAMA UNIFILAR

En la figura 2.8 se presenta el diagrama eléctrico unifilar general que permite identificar la alimentación desde el TP(Tablero principal) hacia los tableros de distribución de la planta (TD1 – TD2), de igual forma se indican los circuitos derivados que parten desde los tableros de distribución.

La identificación utilizada en este diagrama es la siguiente:

* NORBA N-88 CF.....	M1
* TRAP T-20.....	M2
* IORDE IC-200.....	M3
* PASAQUI S-501.....	M4
* MIVER SANG.....	M5
* ATOM.....	M6
* EMVEJECEDOR.....	M7
* COMPRESOR 1.....	M8
* COMPRESOR 2.....	M9
* POPPI.....	M10
* BRASILEÑA.....	M11
* REACTIVADOR.....	M12
* MIVER GR.....	M13
* EVAPORIZADOR RP-20.....	M14
* MIVER HFP.....	M15
* CERIM K-68.....	M16
* SAREMA 5000.....	M17
* SABAL S-300.....	M18
* CARDADORA.....	M19
* TROQUELADORA.....	M20
* ILUMINACION 1.....	IL1
* ILUMINACION 2.....	IL2
* TOMACORRIENTES 1.....	TM1
*TOMACORRIENTES 2.....	TM2

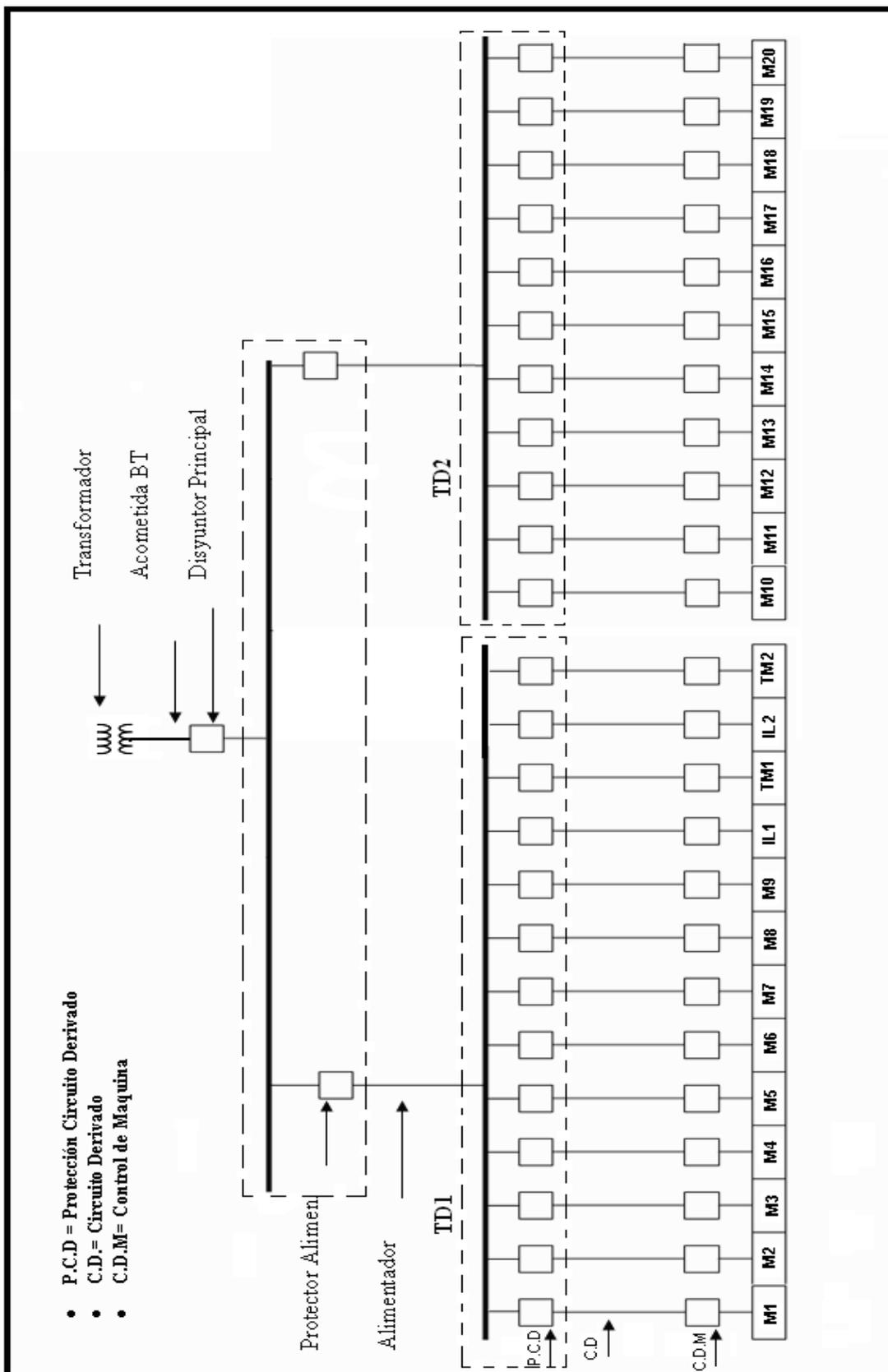


Figura No 2.8 Diagrama Unifilar General

2.8 CÁLCULO DE LA DEMANDA PARA ESTABLECER LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR

Para el cálculo de la demanda máxima se han establecido los siguientes factores de demanda:

- a) Para iluminación y tomacorrientes de servicio general.

Los primeros 3000VA FD=1
El resto sobre los 3000 FD= 0.35

- b) Para la maquinaria industrial.

La literatura consultada no recomienda ni establece un factor de demanda para la maquinaria utilizada en este tipo de industrias, por lo que se ha estimado un FD de 0.8, con base a la información que, sobre el tiempo y la simultaneidad de operación de la maquinaria, se pudo recabar de los operadores.

Con base a lo indicado se tiene:

DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA [VA]	FD	DEMANDA (VA)
ILUMINACIÓN Y	3000	1	3000
TOMACORRIENTES	2220	0.35	777
MAQUINARIA	28300	0.8	22640
TOTAL	33520		26417

Tabla 2.9

Adicionalmente, se ha previsto un crecimiento futuro de carga del 15% con lo que la potencia total demandada para un futuro mediato será de aproximadamente 30380 KVA

2.8.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El transformador seleccionado es un trifásico de 30 kVA, tipo convencional, de tensión nominal 13800 V GRDY\127-220 V con taps +2,5; 0; -2,5; -5; -7,5 %, apto para funcionar hasta 3000 metros sobre el nivel del mar, el mismo que cubrirá la demanda futura que se piensa incorporar.

Su montaje se lo realizará en el poste existente P0 (Nº 22), y neutro se aterrizará sólidamente a tierra a través de una varilla cooperweld de manera que la resistencia de puesta a tierra no exceda de 25 ohms, según el Art. 250-84 del código eléctrico (Ver Anexo)

2.9 PUESTA A TIERRA

Generalmente se entiende como “puesta a tierra”, la conexión eléctrica a la masa de la tierra, siendo esta última un volumen de suelo cuyas dimensiones son muy grandes en comparación al tamaño del sistema eléctrico que está siendo considerado.

La definición de la IEEE de puesta a tierra es: “Tierra (sistema de tierra), una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por medio de la cual un circuito eléctrico o equipo se conecta a la tierra o a algún cuerpo conductor de dimensión relativamente grande que cumple la función de la tierra”.

El sistema de puesta a tierra se diseña normalmente para cumplir dos funciones de seguridad. La primera es establecer conexiones equipotenciales. Toda estructura metálica conductiva expuesta que puede ser tocada por una persona, debe ponerse a tierra a través de conductores de conexión eléctrica.

La conexión eléctrica a tierra es para asegurar que, si un conductor energizado llega a entrar en contacto con partes metálicas expuestas, el potencial sobre todas las estructuras metálicas conductivas expuestas sea virtualmente el mismo.

La segunda función de un sistema de puesta a tierra es garantizar que, en el evento de una falla a tierra, toda corriente de falla que se origine, pueda retornar a la fuente de una forma controlada; es decir, sin que ocurra daño al equipo o lesión a las personas. La impedancia del sistema de tierra debiera ser lo bastante baja de modo que pueda fluir suficiente corriente de falla para que operen correctamente los dispositivos de protección y abrir el circuito que presente fallas.

El sistema de puesta a tierra consiste en un material conductor fuera del terreno conductores, accesorios de conexión, etc.), electrodos metálicos enterrados y el terreno mismo. Cada uno de estos componentes contribuye al valor de impedancia total.

2.9.1 NORMATIVA

Sección 250 Puesta a tierra

Art. 250-5 Circuitos y sistemas de corriente alterna (c.a) que se deben poner a tierra.- Los circuitos e instalaciones de c.a. se deben poner a tierra según se establece en los siguientes apartados a), b), c), o d), para el caso que nos amerita se cita el apartado b).¹³

b) Instalaciones de corriente alterna de 50 a 1000V.- Los sistemas de c.a., entre 50 y 1000V que alimenten alambrado de predios y sistemas de alambrado en predios deben estar puestos a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- 1) Cuando el sistema se puede poner a tierra de modo que el voltaje máximo a tierra de los conductores no puestos a tierra no supere los 150V
- 2) Cuando sea un sistema trifásico tetrafilar conectado en estrella en el que se utilice el neutro como conductor del circuito.
- 3) Cuando sea un sistema trifásico tetrafilar conectado en delta en el que el punto medio del bobinado de una fase se utilice como un conductor del circuito.

¹³ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 250, artículo 250-5, página 97

4) Cuando un conductor de acometida puesto a tierra no sea instalado según las excepciones a los artículos 230-22, 230-30 y 230-41 (Ver Anexo A)

Art. 250-25 Conductor que se debe poner a tierra en sistemas de corriente alterna.- En sistemas de alambrado de c.a. en las propiedades, el conductor que se debe poner a tierra es el que se especifica en los siguientes apartados 1) a 5).¹⁴

- 1) Instalaciones monofásicas bifilares: un conductor.
- 2) Instalaciones monofásicas trifilares: el conductor del neutro.
- 3) Instalaciones polifásicas con un conductor común a todas las fases: el conductor común.
- 4) Instalaciones polifásicas en las que se deba poner a tierra una fase: el conductor de una fase.
- 5) Instalaciones polifásicas en las que una fase se utilice como se indica en 2) anterior: el conductor de neutro.

Art. 250-54 Electrodo común de puesta a tierra.¹⁵ Cuando se conecta una instalación de c.a. a un electrodo de puesta a tierra en una edificación, tal como se especifica en los artículos 250-23 a) (Ver Anexo A), ese mismo electrodo se debe usar para poner a tierra los armarios y equipos dentro de la edificación o sobre ella. Cuando a la misma edificación lleguen dos acometidas independientes y haya que conectarlas a un electrodo de puesta a tierra, se debe usar el mismo electrodo de puesta a tierra. Dos o más electrodos de puesta a tierra unidos eficazmente entre sí, se deben considerar este respecto como un solo electrodo de puesta a tierra.

Art. 250-84 Resistencia de los electrodos fabricados.¹⁶ Un electrodo único que consista en una barra o varilla, tubo o placa y que no tenga una resistencia a tierra de 25 ohmios o menos, se deben completar con un electrodo adicional de cualquiera de los tipos especificados en los Art. 250-81 o 250-83 (Ver Anexo A).

¹⁴ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 250, artículo 250-25, página 103.

¹⁵ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 250, artículo 250-54, página 109.

¹⁶ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 250, art. 250-84, página 119.

Cuando se instalen varios electrodos de barras, tuberías o placas para cumplir los requisitos de este artículo, deben tener entre si una separación mínima de 1.80m.

Art. 250-24. Dos o más edificaciones o estructuras alimentadas desde una acometida común.¹⁷

- d) Conductor de puesta a tierra. La sección transversal del conductor de puesta a tierra hasta el electrodo o electrodos de puesta a tierra no deben ser menor a la indicada en la tabla 250-95 (Tabla 2.10), y su instalación debe cumplir lo establecido en el Art. 250-92. a) y b). (Ver Anexo A).

Tabla 250-95 Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito antes de los equipos	Sección transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre	
	mm ²	AWG O KCMIL	mm ²	AWG O KCMIL
15	2.08	14	3.30	12
20	3.30	12	5.25	10
30	5.25	10	8.36	8
40	5.25	10	8.36	8
60	5.25	10	8.36	8
100	8.36	8	13.29	5
200	13.29	6	21.14	4
300	21.14	4	33.62	2
400	26.66	3	42.20	1
500	33.62	2	53.50	1/0
600	42.20	1	67.44	2/0
800	53.50	1/0	85.02	3/0
1000	67.44	2/0	107.21	4/0
1200	85.02	3/0	126.67	250 KCMIL
1500	107.21	4/0	177.34	350 KCMIL
2000	125.67	250 KCMIL	202.58	400 KCMIL
2500	177.34	350 KCMIL	304.02	500 KCMIL
3000	206.68	400 KCMIL	304.02	600 KCMIL
4000	253.25	500 KCMIL	405.35	800 KCMIL
5000	354.69	700 KCMIL	508.04	1200 KCMIL
6000	405.36	800 KCMIL	508.04	1200 KCMIL

Tabla 2.10

¹⁷ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 250, artículo 250-24, página 101

2.9.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA INSTALADO EN LA PLANTA DE CALZADO

Para instalaciones de bajo voltaje, existen diferentes métodos para efectuar la conexión a tierra, los cuales se basan en definiciones estándares. En la planta de calzado Armandiny, el sistema utilizado es el TT, que se describe a continuación:

TT (Tierra tierra).- Este es un sistema donde la alimentación se pone a tierra en un único punto, pero la pantalla del cable y las partes metálicas expuestas de la instalación del cliente están conectadas a tierra vía un electrodo separado que es independiente del electrodo de alimentación.

En la figura 2.9 se ilustra el sistema TT típico,

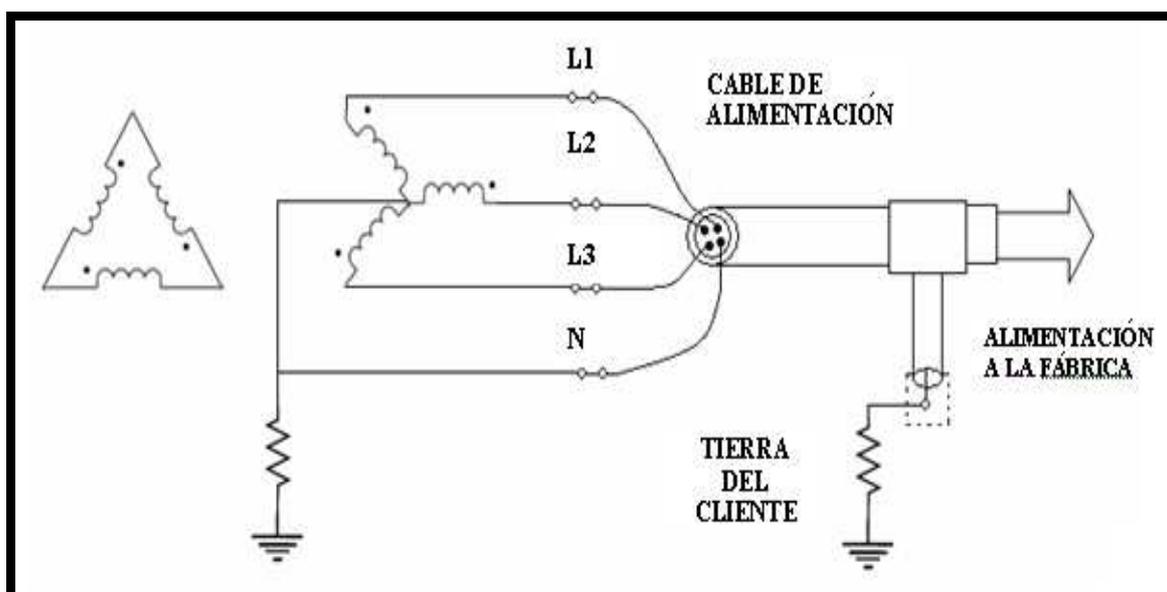


Figura No. 2.9 Sistema TT típico

En cada tablero de distribución se tiene barras de tierra, desde donde parten los conductores de puesta a tierra para cada una de las máquinas, en la figura 2.10 se ilustra la distribución de la conexión a tierra hacia las máquinas.

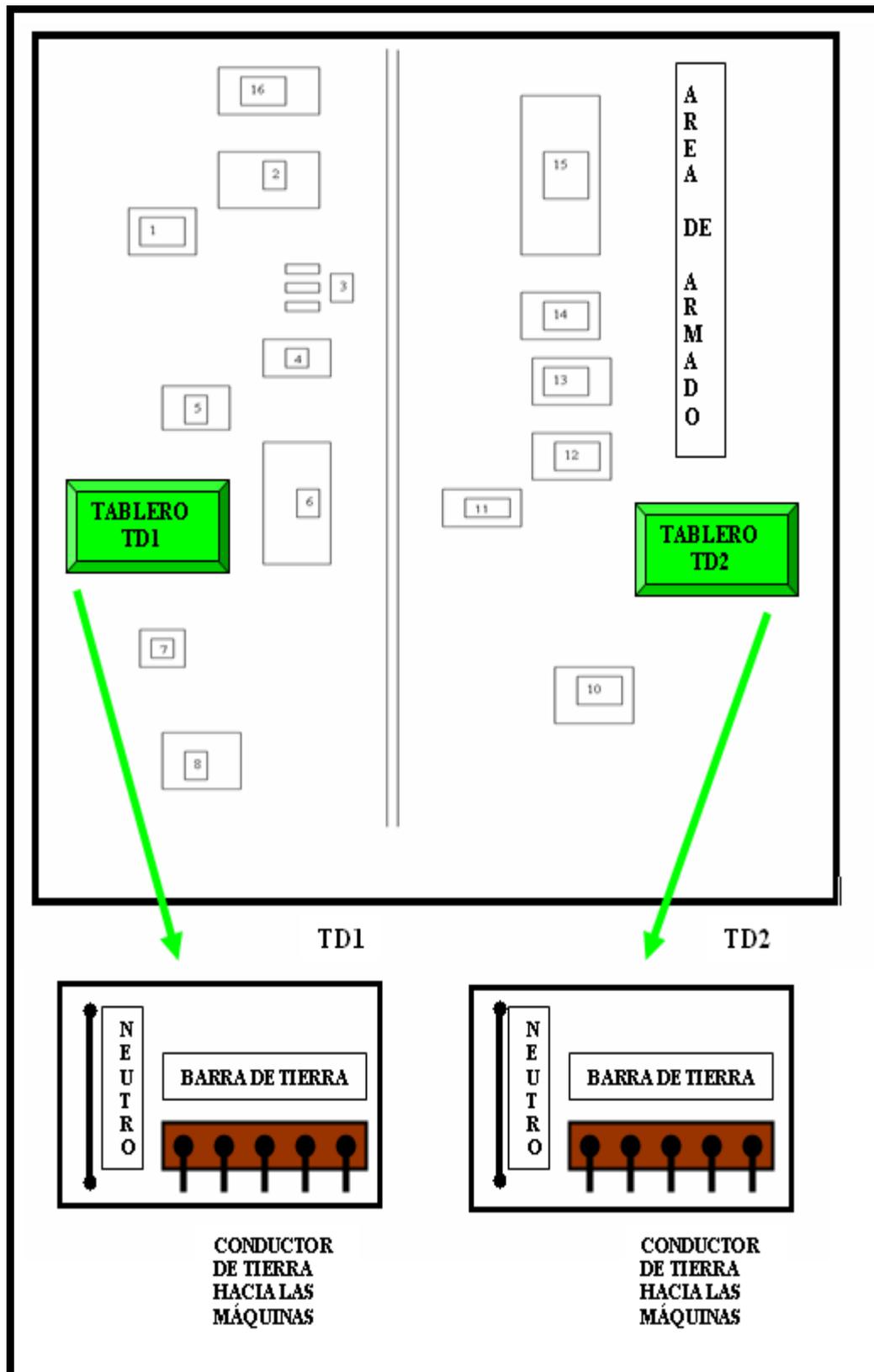


Figura No. 2.10 Distribución de la conexión a tierra

En la figura 2.11 se ilustra la conexión real de la puesta a tierra desde el transformador de distribución hacia las barra en los tableros de distribución.

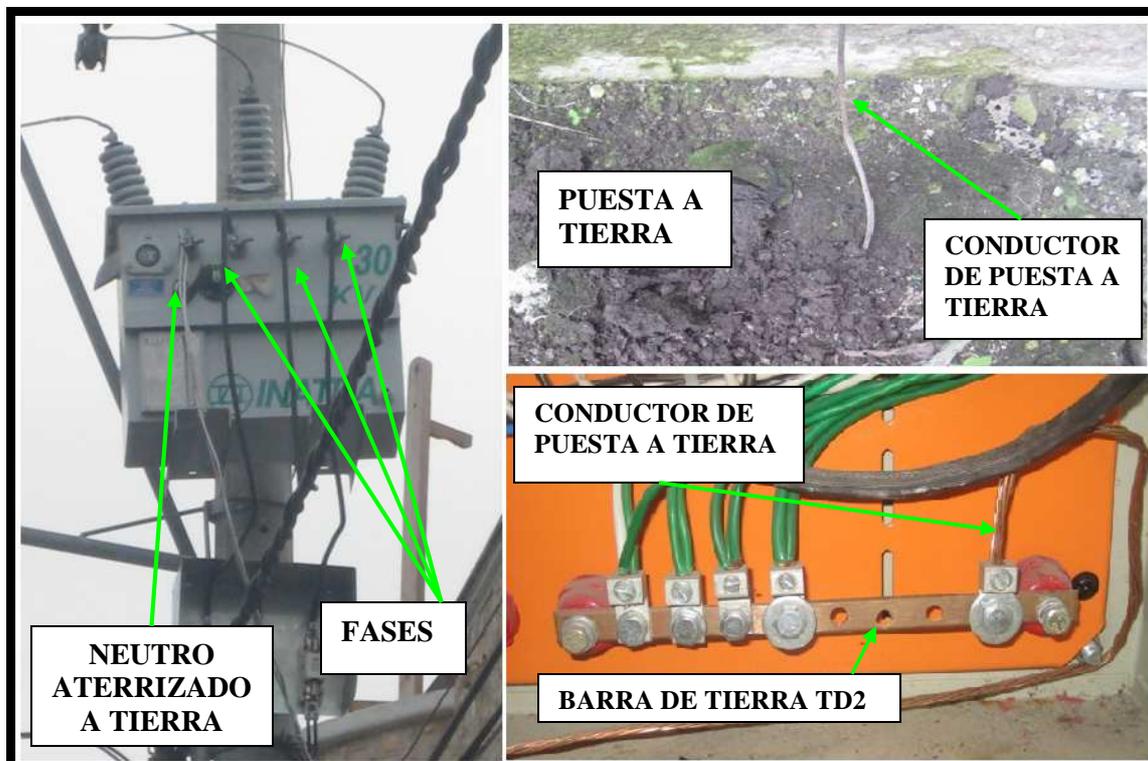


Figura No 2.11 Puesta a tierra

2.9.3 CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

De acuerdo al Código Eléctrico Nacional, el calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos, se determinará con base a la corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos (Tabla 2.10).

Con base a lo indicado y considerando que el disyuntor de cada tablero de distribución, tiene una corriente nominal de 75 A, se ha seleccionado un conductor de cobre aislado calibre 8 AWG.

2.10 RED DE MEDIA TENSIÓN

Existe una red de media tensión trifásica que pasa por el sitio del proyecto, por lo que no fue necesario extender ni modificar ningún tramo de la red (Según Factibilidad de Servicio N° 123-2010, de la EEASA).

2.11 MEDICIÓN

El sistema de medición considerado, es en baja tensión, mediante un registrador electrónico trifásico, similar al ELSTER modelo ALPHA Power Plus clase 200 Amperios Tipo A1R + FM16S, el cual será adquirido e instalado por el propietario e instalado en la parte contigua al actual sistema de medida. Este medidor se lo puede apreciar en la Figura 2.12



Figura No 2.12 Medidor Trifásico

Se debe indicar que si en el tiempo de 12 meses no se utiliza por lo menos el 80% de la potencia nominal del transformador a instalarse, según normas de la EEAQSA (EMPRESA ELECTRICA DE AMBATO), guías de diseño parte II, las siguientes descripciones entrarán en vigencia.

- a) El cliente tendrá que cambiar el transformador por otro de potencia inferior adecuada para su requerimiento.

La EEASA instalará un medidor electrónico multitarifario con compensación de pérdidas del transformador.

CAPITULO 3

DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES

Este capítulo trata sobre el dimensionamiento de conductores utilizados para los circuitos derivados que alimentan cada una de las máquinas y para alimentadores a tableros, así como de las protecciones utilizadas. A fin de sustentar los cálculos realizados, previamente se hará referencia a los artículos de la normativa utilizada.

3.1 NORMATIVA

Como se mencionó anteriormente, para el dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección se utilizarán las prescripciones y recomendaciones del Código Eléctrico Nacional Ecuatoriano, (2001). A continuación se transcriben los artículos del citado código, utilizados para los cálculos correspondientes.

Sección 220 Cálculo de los circuitos alimentadores, ramales y acometidas

Art. 220-3 Cálculo de los circuitos ramales.¹⁸ Las cargas de los circuitos ramales se deben calcular como se indica en los siguientes apartados a) a d), para lo que nos amerita se cita el apartado a) y d)

- a) Cargas continuas y no continuas.- La capacidad nominal del circuito ramal no debe ser menos a la carga no continua mas el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del circuito ramal, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección debe tener una capacidad de corriente igual o mayor que la de la carga no continua mas el 125% de la carga continua.

¹⁸ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 220, artículo 220-3, página 46-47-48

d) Cargas para ampliación de las instalaciones existentes.

- 1) Edificios que no sean viviendas.- Las cargas para circuitos nuevos o ampliados en edificaciones que no sean viviendas, se deben calcular según los anteriores apartados b) o c) y tabla 220-3b; ver (Ver Anexo A).

Art. 220-14 Motores.- Las cargas de motores se deben calcular según los artículos 430-24, 430-25 y 430-26 (Ver Anexo A).

Art. 220-21 Cargas no coincidentes.¹⁹ Cuando no sea probable que se utilice simultáneamente dos cargas distintas, se puede omitir la más pequeña de las dos al calcular la carga total del alimentador.

Art. 225-5 Calibre de los conductores.²⁰ La capacidad de corriente de los conductores de los circuitos exteriores, principales y ramales deben cumplir con lo establecido anteriormente y basándonos en las cargas determinadas según el Art. 220-3 y la parte B de la sección 220, la cual fue citada anteriormente.

Art. 225-6 Conductores aéreos.²¹ Los conductores individuales a la vista no debe ser de calibre menor que los siguientes:

- 1) Para 600V nominales y menos, conductores de cobre con sección transversal de 5.25mm² (10 AWG) o de aluminio con sección transversal de 8.36 mm² (8 AWG) para tramos hasta de 15 m de longitud y de cobre con sección transversal de 8.36 mm² (8 AWG) o

¹⁹ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 220, artículo 220-21, página 53

²⁰ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 220, artículo 225-5, página 59

²¹ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 220, artículo 225-6, página 59

de aluminio con sección transversal de 13.29 mm² (6 AWG) para tramos más largos.

Sección 240 Cálculo de los circuitos alimentadores, ramales y acometidas

Art. 240-1 Alcance.²² Las partes A hasta la G de esta sección trata de los requerimientos generales de protección contra sobre corriente y los dispositivos de protección contra sobre corriente de no mas de 600V nominales. La parte H trata de la protección contra sobre corrientes de instalación de no mas de 600V nominales, para el caso que nos amerita solo se citara los artículos que se mencionan a continuación.

Art. 240-3 Protección de los conductores.²³ Los conductores que no sean cordones flexibles y cables de artefactos eléctricos, se debe proteger contra sobre corriente según su capacidad de corriente, para el caso que nos amerita se cita los siguientes apartados.

b) Dispositivos de 800 A nominales o menos.- Se permite usar el dispositivo de protección contra sobre corriente del valor nominal inmediato superior a la capacidad de corriente de los conductores que proteja, siempre que se cumpla todas las siguientes condiciones:

1) Que los conductores protegidos no formen parte de un circuito ramal con varias salidas que alimenten tomacorrientes para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija.

2) Que la capacidad de corriente de los conductores no correspondan con la corriente nominal de un fusible o interruptor automático de circuitos

²² Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 240, artículo 240-1, página 81

²³ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 240, artículo 240-3, página 82

sin ajustes para disparo por sobrecarga por encima de su valor nominal (pero esta permitido que tenga otros ajustes de disparo o valores nominales).

- 3) Que el valor nominal inmediato superior no supere los 800 A.
- f) Conductores para circuitos de motores y control de motores.- Se permite que los conductores del circuito de motores y de control de motores estén protegidos contra sobre corriente.

Art. 240-21 Ubicación en el circuito.²⁴ El dispositivo de protección contra sobre corriente se debe conectar a cada conductor no puestos a tierra del circuito, del siguiente modo.

a) Conductores del alimentador y circuitos ramales.- Los conductores del alimentador y circuitos ramales deben estar protegidos por dispositivos de protección contra sobre corriente conectados en el punto en el que los conductores reciben su alimentación.

C. Encerramientos

240-30 Generalidades.²⁵ Los dispositivos de protección contra sobre corriente deben estar encerrados en armarios o cajas de corte o seccionamiento.

3.2 ESQUEMA GENERAL

Para efecto de abordar con mayor claridad el tema de este capítulo, en la figura 2.8 del capítulo anterior, se aprecia el esquema en el que se puede distinguir los principales elementos constitutivos de la instalación eléctrica. De igual forma se presenta el diagrama de la acometida principal el cual permite tener una mejor

²⁴ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 240, artículo 240-21, página 86

²⁵ Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, alambrado de las instalaciones eléctricas, sección 240, artículo 240-30, página 90

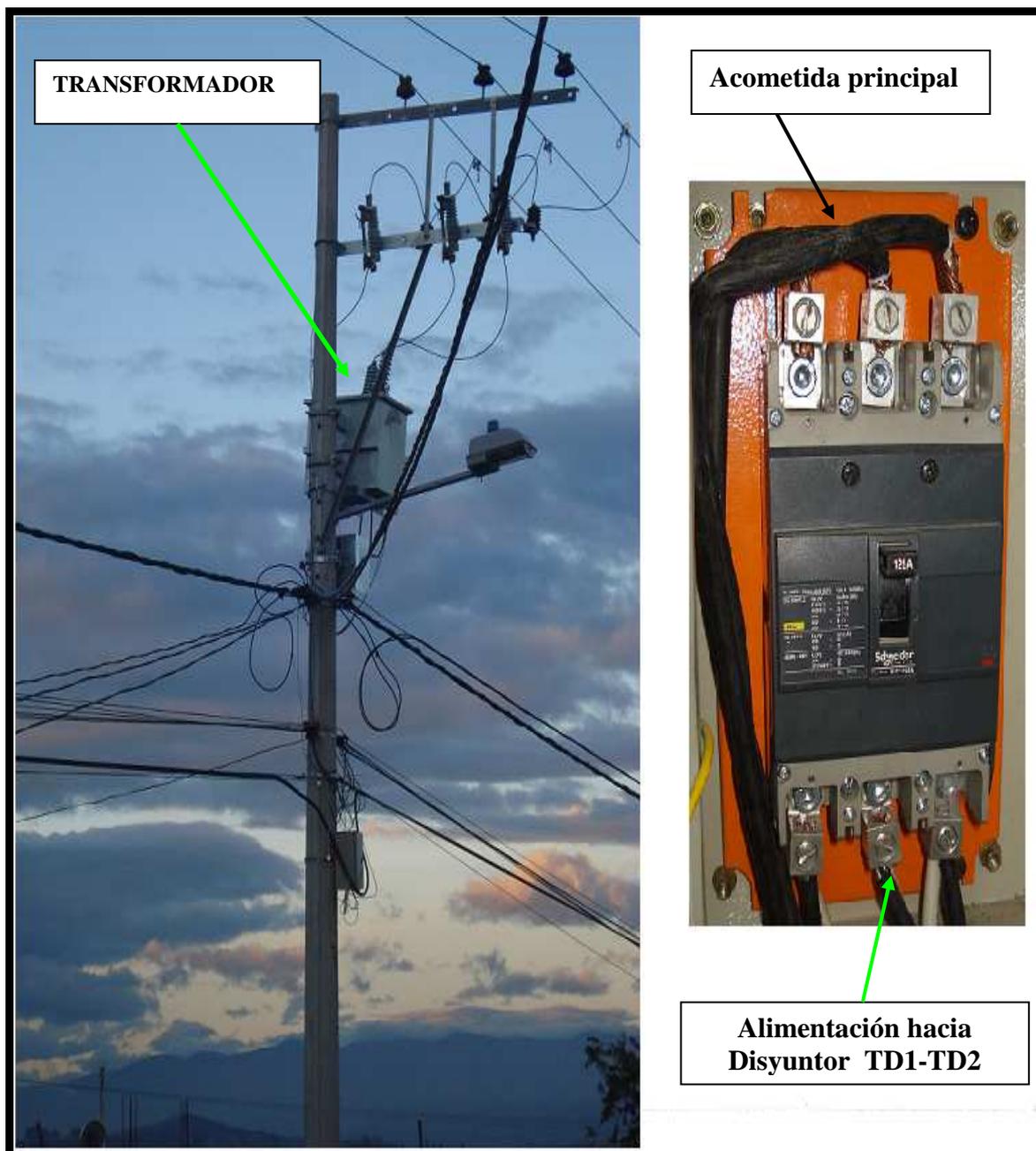


Figura No. 3.2 Ubicación real de los elementos

Es necesario aclarar que cada máquina de la línea de producción de calzado, ya tiene incorporado, de fábrica, su propio tablero de control, incluida su protección individual; por lo que, en lo que sigue a continuación, se procederá al dimensionamiento de los conductores y dispositivos de protección, tanto para los circuitos derivados como para los alimentadores indicados en la figura 3.3 y 3.4 presentados a continuación.

- **NÚMERO DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES**

Para la obtención del número de circuitos en iluminación y tomacorriente se encuentra la corriente que circulara en el circuito y mediante la aplicación de su respectiva norma, la cual se menciona anteriormente se determina el número de circuitos.

$$PT1\phi = VT1\phi \times IT1\phi \Rightarrow IT1\phi = PT1\phi / VT1\phi$$

$$IT1\phi = 2340/110 = 21.27A$$

Por lo que se instalan 2 circuitos de iluminación de 15A

$$IT1\phi = 2880/110 = 26.18A$$

Por lo que se instalan 2 circuitos de tomacorriente de 20A

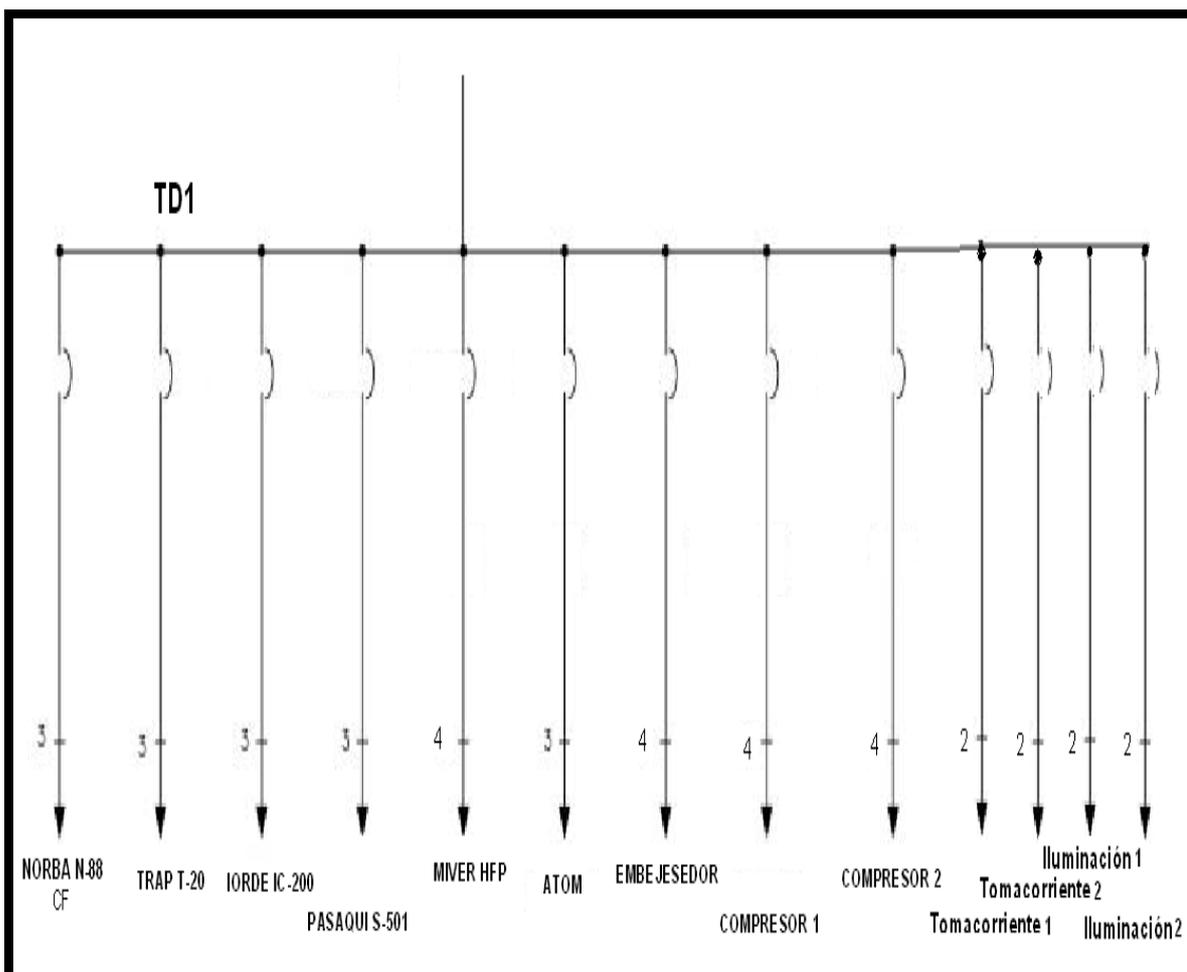


Figura No. 3.3 Diagrama Unifilar TD1

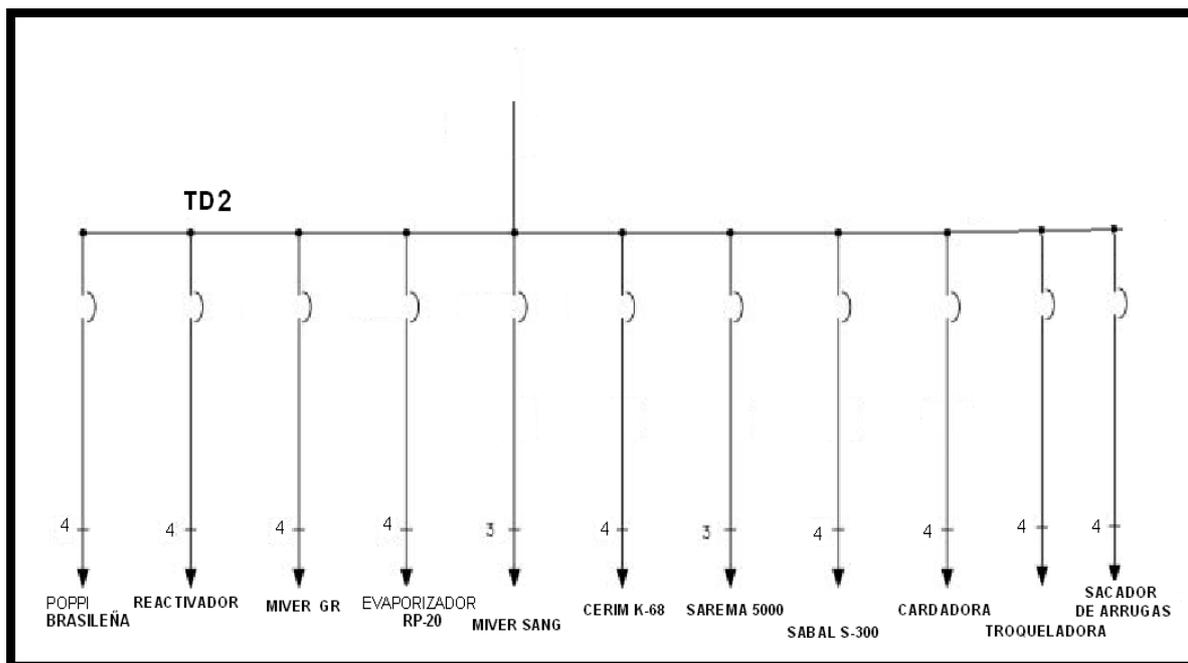


Figura No. 3.4 Diagrama Unifilar TD2

3.3 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES DE CIRCUITOS DERIVADOS

3.3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Para el dimensionamiento de los conductores que alimentan las máquinas, se consideran los siguientes factores.

- Voltaje máximo aplicado; en este caso menor a 600 voltios;
- La corriente a plena carga del motor o grupo combinado de cargas que constituyen la máquina o equipo.
- La caída de voltaje.

- **Cálculo de la caída de voltaje**²⁶

Para calcular la caída de voltaje se hará uso de las siguientes formulas:

Para circuitos trifásicos:

$$e = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

²⁶ <http://www.wikipedia.com> , calculo de la caída de tensión en conductores.

Para circuitos monofásicos de dos hilos:

$$e = 2 \cdot I \cdot L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$e\% = (e/V_{\text{nominal}}) \times 100$$

Donde:

e= caída de voltaje en voltios

I= corriente nominal del circuito en amperios

L= longitud del conductor en Km

R= resistencia ohmica del conductor en Ohm/Km

X = reactancia inductiva del conductor en Ohm/Km

\varnothing = ángulo de desfase entre voltaje y corriente.

- **Datos de los conductores²⁷**

En la tabla 3.1 y 3.2 respectivamente, se tienen los datos de la sección de los conductores, que servirán para calcular caídas de voltaje en la línea.

TABLA DE ESPECIFICACIONES CONDUCTORES

Calibre del conductor	Sección transversal	Numero de hilos	Diámetro nominal de los hilos	Diámetro del conductor	Espesor de aislamiento	Espesor del forro	Dimensiones exteriores	peso
AWG	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Kg/Km
2x22	0.324	1	0.643	0.643	0.4	0.4	2.3x3.7	16
2x20	0.517	1	0.823	0.823	0.4	0.4	2.4x4.0	20
2x18	0.621	1	1.024	1.024	0.6	0.8	3.8x6.0	40
2x16	1.31	1	1.290	1.290	0.6	0.8	4.1x6.6	53
2x14	2.08	1	1.628	1.628	0.7	0.8	4.6x7.7	75
2x12	3.31	1	2.052	2.052	0.8	0.8	5.3x8.9	107
2x10	5.26	1	2.588	2.588	0.8	0.8	5.8x10.0	150
3x16	1.31	1	1.290	1.290	0.6	0.8	4.1x9.1	77
3x14	2.08	1	1.628	1.628	0.7	0.8	4.6x10.7	110
3x12	3.31	1	2.052	2.052	0.8	0.8	5.3x12.6	159
3x10	5.26	1	2.588	2.588	0.8	0.8	5.8x14.2	223

Tabla 3.1

²⁷ <http://www.electrocable.com> , tabla de especificación de conductores de diferentes medidas

TABLA DE ESPECIFICACIONES DE CABLES

Número de conductores por calibre	Sección del conductor	Diámetro del conductor	Espesor aislamiento	Espesor chaqueta	Diámetro espesor aproximado	Peso total
AWG	mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/Km
4x16	1.309	1.291	0.76	1.14	9.4	120.0
4x14	2.082	1.628	1.14	1.14	12.0	190.8
4x12	3.310	2.053	1.14	1.14	13.0	249.5
7x16	1.309	1.291	0.76	1.14	11.0	185.5
7x14	2.082	1.628	1.14	1.52	15.1	327.3
7x12	3.310	2.053	1.14	1.52	16.3	429.1
12x16	1.309	1.291	0.76	1.52	15.0	321.7
12x14	2.082	1.628	0.14	1.52	19.6	524.5
12x12	3.310	2.053	0.14	2.03	22.4	746.1
19x16	1.309	1.291	0.76	1.52	17.4	470.8
19x14	2.082	1.628	1.14	2.03	23.9	831.6
19x12	3.310	2.053	1.14	2.03	26.0	1104.2

Tabla 3.2

- Resistencia “R” en (ohm/Km)

Para el cálculo de la resistencia en (ohm/Km) para los diferentes conductores se aplica la fórmula:

$$R = \rho \cdot L/S.$$

Donde:

ρ = resistividad del metal (para este caso el cobre)

L = longitud del conductor

S= área del conductor

Dato:

$$\rho = 1/580000 (\Omega \cdot \text{cm}) = 1.724137\text{E-}6 (\Omega \cdot \text{Km})$$

$$L = 1 \text{ Km}$$

S = depende de la sección del conductor (Ver Tablas 3.1, 3.2)

3.3.2 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES PARA CIRCUITOS DERIVADOS

- **ÁREA DE CONFORMADO**

(A) MÁQUINA CONFORMADORA DE TALONES NORBA

Tipo de carga: Resistencias calentadoras.

Potencia 800 W

Voltaje 220 VAC

Alimentación monofásica.

$I_n = 800/220 = 3.64 \text{ A}$

Capacidad del conductor $1.25 \times 3.64 = 4.54 \text{ A}$

Conductor seleccionado: Cable “Sucre” 3x12 AWG (TABLA 3.3)



Figura No. 3.5 Estructura del Conductor

CARACTERISTICAS ELECTRICAS Y MECANICAS

Calibre AWG	CONSTRUCCION			ESPESOR		DIAMET. TOTAL MM	CAPACIDAD DE CORRIENTE AMB. 30°C(AMP)	PESO KG/KM
	N.- DE CONDUT	N.- DE HEMBRAS	DIAMET. HEBRA MM	AISLACION MM	REVEST. MM			
12	3	65	0.25	1.14	2.41	16.64	20	327

Tabla 3.3

NOTA

Los valores indicados son aproximados y de acuerdo a la tolerancia de las normas de fabricación.

- **Cálculo de la caída de voltaje:** $e = 2 I L (R \cos \phi + X \sin \phi)$
 $e\% = (e/V_{nominal}) * 100$

$$R = \rho \cdot L/S$$

$$\rho = 1.724137E-6 \text{ (}\Omega \cdot \text{Km)}$$

$$L = 1 \text{ Km.}$$

$$S = 3.31 \text{ mm}^2 = 3.31 \text{ E}^{-12} \text{ Km}$$

$$R = 5.2088 \text{ (}\Omega/\text{Km.)}$$

I (A)	Longitud(Km)	R(Ohm/Km)	X(ohm/Km)	Cos ϕ
4.54	0.016	5.21	0	1

Tabla 3.4

$$e = 0.7569 \text{ V}$$

$$e\% = 0.34 \%$$

- **Dispositivo de protección**

Disyuntor Termo magnético 10 A

(B) MÁQUINA DE DAR LATEX SAREMA 5000

Tipo de carga: Resistencias calentadoras, circuitos electrónicos, válvulas electro Neumáticas.

Potencia 1350 W

Voltaje 220 VAC

Alimentación trifásica.

$$I_n = 1350 / \sqrt{3} * 220 = 3.54$$

$$\text{Capacidad del conductor } 1.25 * 3.54 = 4.43 \text{ A}$$

Conductor seleccionado: Cable "Sucre" 3x12 AWG

- **Cálculo de la caída de voltaje:** $e = \sqrt{3} I L (R \cos \phi + X \sin \phi)$

I (A)	Longitud(Km)	R(Ohm/Km)	X(ohm/Km)	Cos ϕ
4.43	0.015	5.21	0	1

Tabla 3.5

e= 0.6 V

e% = 0.27%

- **Dispositivo de protección**

Disyuntor Termo magnético 10 A

- **ÁREA DE ARMADO**

(C) MÁQUINA MIVER HFP

Tipo de carga: Motor trifásico de inducción jaula de ardilla, circuitos electrónicos, válvulas neumáticas.

Motor:

Potencia 1 HP
 Voltaje 220 VAC
 I_{pc} 4.2 A
 Cos ϕ 0.86

Resto de carga:

Potencia 2000W
 $I_n = 2000 / \sqrt{3} * 220 = 5.248 \text{ A}$

Capacidad del conductor = $1.25 * 4.2 \text{ A} + 5.23 \text{ A} = 10.48^a$

Conductor seleccionado: Cable “Sucre”3x10 AWG (Tabla 3.6)

CALIBRE	NUMERO DE CONDUCT.	DIAMETRO DEL CONDUCTOR MM	ESPESOR		DIAMETRO TOTAL MM	PESO KG/KM	CAPACIDAD DE CORRIENTE AMB. 20°C(AMP)	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO K AMP. 0,1 SEG	RADIO DE CURVATURA MM
			AISL MM	REV MM					
10 AWG 7X0,98MM 5,26 MM2	4	2,95	0,76	1,14	13,72	343,9	44	2,4	55

Tabla 3.6

NOTA

Estos conductores también se fabrican bajo normas IEC-502, milímetros y AWG, para tensiones de 0,6 a 1,0 KV. Los valores indicados son aproximados y de acuerdo a la tolerancia de las normas de fabricación.

- **Cálculo de la caída de voltaje:** $e = \sqrt{3} I L (R \cos \phi + X \sin \phi)$

I (A)	Longitud(Km)	R(Ohm/Km)	X(ohm/Km)	Cos ϕ
10.48	0.005	5.21	0	0.86

Tabla 3.7

$$e = 0.41 \text{ V}$$

$$e\% = 0.18\%$$

- **Dispositivo de protección**

Disyuntor Termo magnético 20 A

Para el resto de máquinas se utilizo el mismo procedimiento de cálculo, obteniéndose los valores indicados en la tabla 3.8.

Máquina	Alimentación	Voltaje	In	e%	conductor	Disyuntor
Miver sang	3F+T	220	0.65	0.10	3X14	5A
Conformadora	3F + T	220	5.9	0.12	3X12	10A
Trap T20	3F + T	220	3.28	0.22	3X12	5A
Miver GR	3F+N+T	220	6.0	0.33	4X12	20A
IC 200	3F + T	220	3.28	0.30	3X12	5A
Pasanqui	3F + T	220	0.5	0.026	3X14	5A
Compresor	3F + T	220	9.6	0.54	3X12	30A

Tabla 3.8

3.4 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES PARA ALIMENTADORES

3.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Para el dimensionamiento de los alimentadores a los dos tableros de distribución TD1 y TD2, se consideran los siguientes factores.

- Voltaje máximo aplicado; en este caso menor a 600 voltios.
- La corriente del alimentador calculada con base a factores de demanda
- La caída de voltaje en el alimentador, calculada con base a la fórmula anterior descrita.

3.4.2 ALIMENTADOR DEL TABLERO TD1

- Cargas incorporadas al tablero TD1

DESCRIPCION DE CARGAS – TABLERO TD1

Circuito	Descripción	P[VA]	In[A]	Fd
1	NORBA N-88 CF	800.00	4.5	0.8
2	TRAP T-20	1000.00	3.28	0.8
3	IORDE IC-200	1000.00	3.28	0.8
4	PASAQUI S-501	150.00	0.5	0.8
5	MIVER SANG	200.00	0.65	0.8
6	EVAPORIZADOR RP20	1800.00	9.7	0.8
7	EMBEJESEDOR	1000.00	9.76	0.8
8	COMPRESOR	3000.00	9.6	0.8
9	COMPRESOR 2	3000.00	9.6	0.8
21	ILUMINACION Y TOMACORRIENTES	3777	34.34	-

Tabla 3.9

PT3 $\phi = 125\% \times \text{Carga mas grande} + \Sigma \text{resto cargas}$

PT3 $\phi = 18437 \text{ VA}$

$I = 18437 / \sqrt{3} * 220 = 48.38 \text{ A}$

Conductor seleccionado: Cable "Sucre" 4 AWG

- **Cálculo de la caída de voltaje:** $e = \sqrt{3} I L (R \cos \phi + X \sin \phi)$

I (A)	Longitud(Km)	R(Ohm/Km)	X(ohm/Km)	Cos ϕ
48.38	0.025	4.01	0	0.86

Tabla 3.10

$e = 4.18941 \text{ V}$

$e\% = 1.90\%$

- **Dispositivo de protección**
Disyuntor Termo magnético 75A

3.4.3 ALIMENTADOR DEL TABLERO TD2

DESCRIPCION DE CARGAS – TABLERO TD2

Circuito	Descripción	P[KW]	In[A]	Fd
10	POPPI BRASILEÑA	1.500	5.24	0.8
11	REACTIVADOR	1.000	8.92	0.8
12	MIVER GR	1.200	6.0	0.8
13	ATOM	0.500	3.0	0.8
14	MIVER HFP	3.000	10.48	0.8
15	CERIM K-68	5.700	15.00	0.8
16	SAREMA 5000	1.350	4.43	0.8
17	SABAL S-300	0.100	0.3	0.8
18	CARDADORA	0.500	3.71	0.8
19	TROQUELADORA	1.000	4.72	0.8
20	SACADOR DE ARRUGAS	0.500	6.56	0.8

Tabla 3.11

Cálculo de la corriente del alimentador ²⁸

PT3 $\cos \phi = 125\% \times \text{Carga mas grande} + \Sigma \text{resto cargas}$

PT3 $\cos \phi = 22370 \text{ VA}$

$I = 22370 / \sqrt{3} * 220 = 58.70 \text{ A}$

Conductor seleccionado: Cable "Sucre" 4 AWG

- **Cálculo de la caída de voltaje:** $e = \sqrt{3} I L (R \cos \phi + X \sin \phi)$

I (A)	Longitud(Km)	R(Ohm/Km)	X(ohm/Km)	Cos ϕ
58.70	0.015	4.01	0	0.86

Tabla 3.12

$e = 6.11 \text{ V}$

$e\% = 2.77 \%$

- **Dispositivo de protección**

Disyuntor Termo magnético 75A

Los dispositivos de protección y bornes de conexión de los tableros de distribución se las puede apreciar en la figura 3.6 y 3.7, que son los tableros que alimentan a los diferentes procesos de producción de calzado de la fábrica.

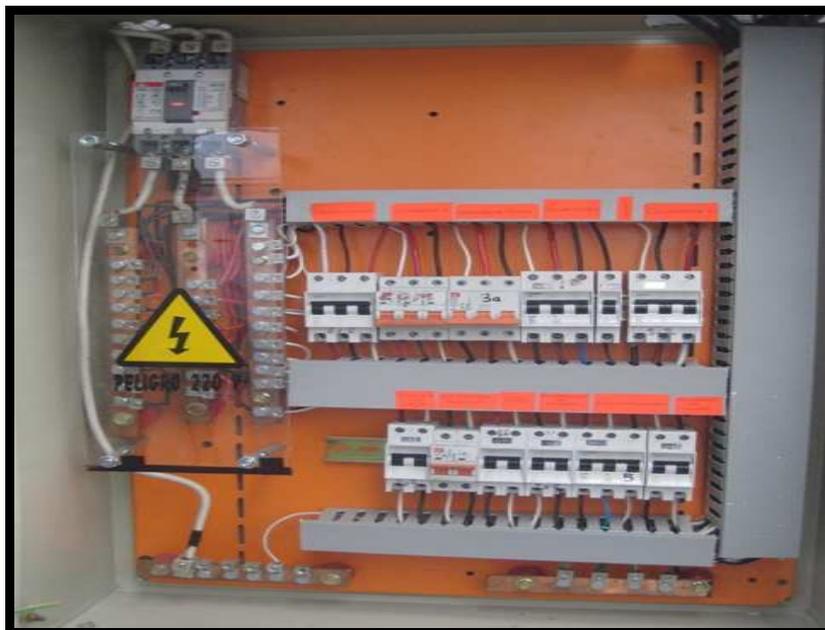


Figura No. 3.6 Tablero TD1

^{28 28} Código Eléctrico Nacional, capítulo 2, equipo para uso general, sección 430, artículo 430-24, página 367

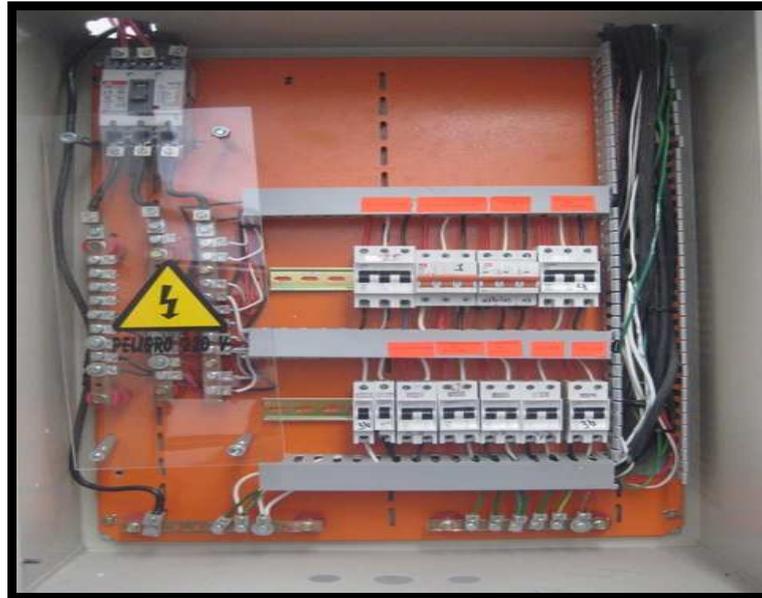


Figura No. 3.7 Tablero TD2

3.5 DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR DE ACOMETIDA

La corriente que circulará por las líneas de la acometida será:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \Rightarrow I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L}$$

$$I = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 78.82 A$$

La acometida será trifásica, aérea a cuatro hilos, aérea con cable cuádruple antihurto de aluminio calibre #4 para las fases y el neutro, la misma que llegará hasta la parte exterior de la construcción, sitio en el cual se instalará la caja con el medidor nuevo.

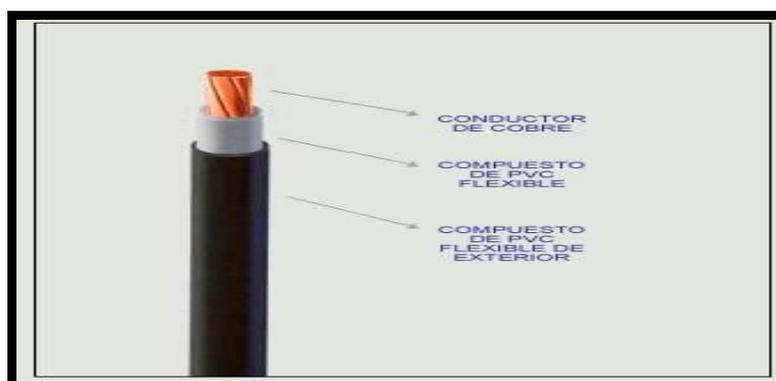


Figura No. 3.8 Conductor Antihurto

Para seleccionar el cable se utiliza la tabla 3.13 en la cual constan las características más importantes; vale mencionar que la capacidad de corriente de cada uno de los conductores está reflejada a una temperatura ambiente de 25°C.

CABLE 7 HILOS 750/1000V BWF ANTILLANA							
Cod.	Descripción	Formación	Espesor Aislam (mm)	Diámetro Externo (mm)	Peso rollo/100m (Kg)	Cap. corriente	
						A	B
CTW 902	Cable 7 hilos 2/0 MCM	19X2.13	2.00	14.65	73.80	175	265
CTW 901	Cable 7 hilos 1/0 MCM	19X1.90	2.00	13.45	59.70	150	230
CTW 702	Cable 7 hilos 2 AWG	CONDUCTOR	1.60	10.50	37.40	85	125
CTW 704	Cable 7 hilos 4 AWG	7X1.93	1.60	9,35	24.80	85	125
CTW 706	Cable 7 hilos 6 AWG	7X1.53	1.60	7.80	16.63	65	95
CTW 708	Cable 7 hilos 8 AWG	7X1.20	1.20	6.15	10.24	45	65
CTW 710	Cable 7 hilos 10 AWG	7X0.97	0.80	4.50	6.70	30	40
CTW 712	Cable 7 hilos 12 AWG	7X0.77	0.80	4.00	4.13	20	25
CTW 714	Cable 7 hilos 14 AWG	7X0.61	0.80	3.30	2.83	15	20

Tabla 3.13

CAPITULO 4

PRUEBAS DE MEDIDA DE VARIABLES ELÉCTRICAS

Este capítulo trata sobre las mediciones eléctricas realizadas en los puntos de carga (maquinaria) y en los dos alimentadores, referentes a potencia activa, corriente, factor de potencia, voltaje en terminales y caídas de voltaje, lo que permitirá comprobar si los cálculos realizados para el dimensionamiento de conductores de circuitos ramales y alimentadores fueron correctos; y garantizar de cierta forma, la seguridad y el buen desempeño de las máquinas en lo que a energía eléctrica se refiere.

4.1 EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO

El equipo de prueba utilizado fue un analizador industrial marca NANOVIP, que es un instrumento de medición portátil que permite obtener medidas de tensión (Volt. rms), corriente (Amp. rms), factor de potencia ($\text{Cos } \phi$), potencia activa (Watt), frecuencia (Hz), entre otras. En la figura 4.1 se presenta el analizador industrial empleado.



Figura No. 4.1 Equipo de medida

Este analizador permite realizar mediciones en sistemas monofásicos y trifásicos de acuerdo a la conexión que se realice en el equipo. En la figura 4.2 se muestran las conexiones para redes monofásicas y trifásicas.

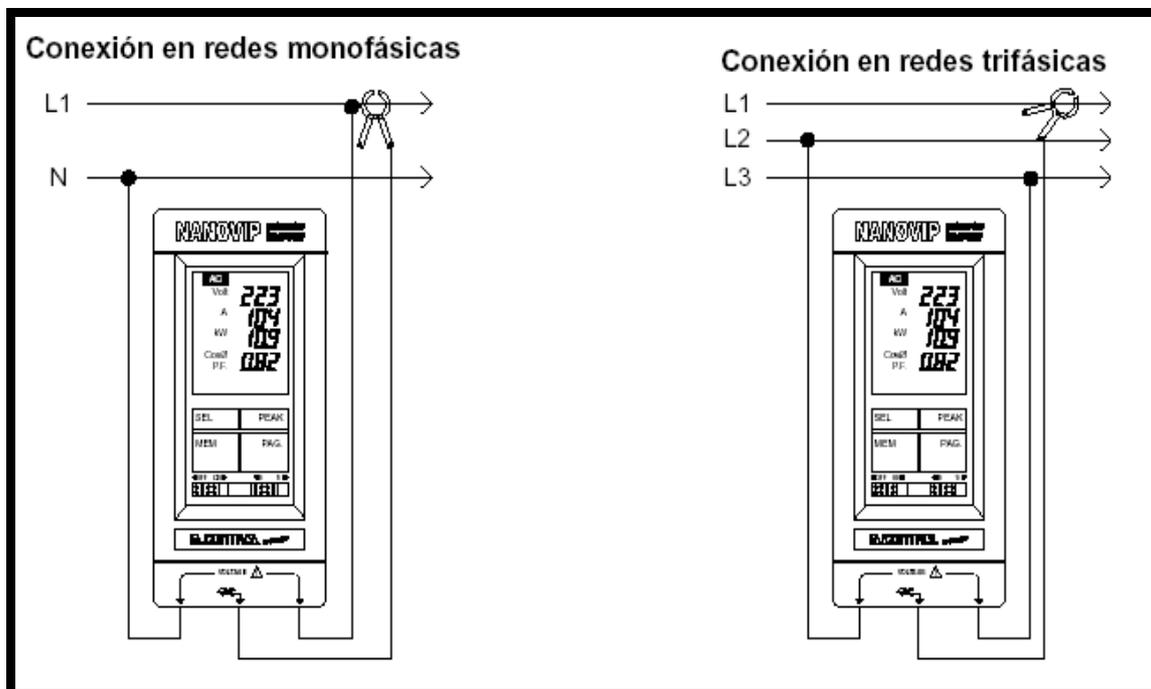


Figura No. 4.2 Conexiones monofásicas y trifásicas

4.2 PROCEDIMIENTO UTILIZADO

Siendo el analizador industrial un equipo de medición muy completo pero muy delicado fue necesario previamente seguir paso a paso las instrucciones del manual de operación para realizar las mediciones de cada una de las variables.

Luego de superar este paso, se procedió a conectar el equipo y la pinza amperimétrica en cada uno de los circuitos ramales y alimentadores, configurando al equipo para el caso monofásico o trifásico. Muchas de las lecturas fueron almacenadas en la memoria interna del propio aparato para su posterior tabulación y análisis. Las figuras 4.3 y 4.4 muestran las pruebas realizadas en campo.

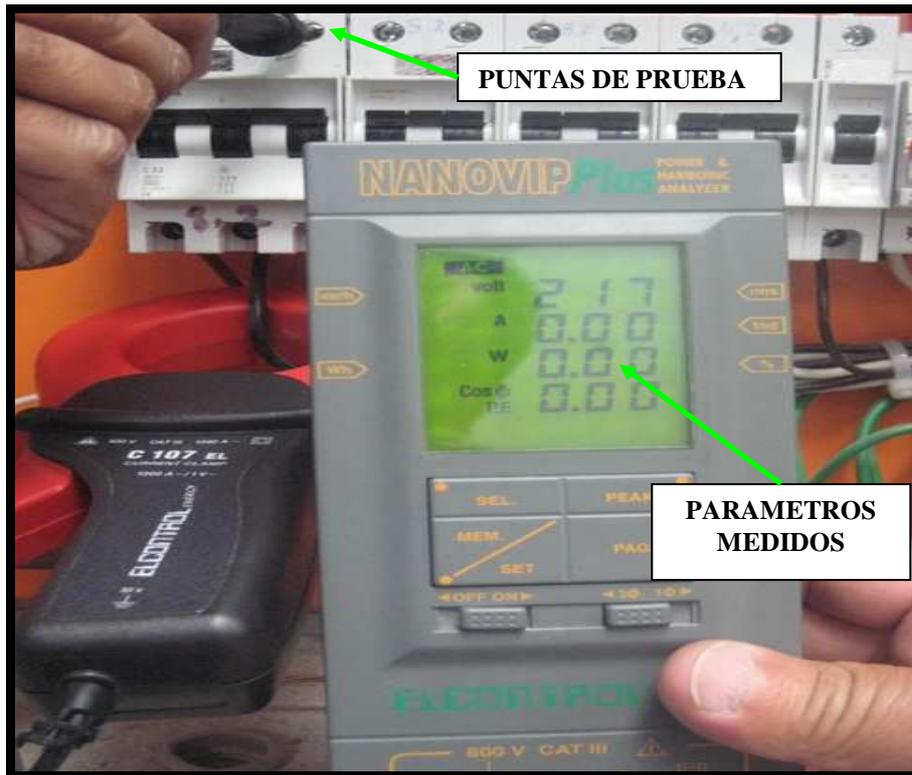


Figura No. 4.3 Analizador Industrial



Figura No. 4.4 Medición de Parámetros

4.3 MEDICIONES REALIZADAS EN LOS CIRCUITOS DERIVADOS

En las tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 se tabulan los valores de voltaje, corriente, potencia y factor de potencia, obtenidos mediante el analizador industrial, en los circuitos que alimentan cada una de las máquinas que intervienen en el proceso de elaboración de calzado y circuitos adicionales.

4.3.1 ÁREA DE CONFORMADO DEL CALZADO

Máquina	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	fp
Atom	218	2.37	496	0.76
Conformadora de talones Norba	218	3.28	716	0.99
Máquina de dar látex	218	3.26	1296	0.85
Máquina de timbrar	217	0.5	185	0.89

Tabla 4.1

4.3.2 ÁREA DE ARREGLO DEL CALZADO

Máquina	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	fp
Conformadora de huecos	219	0.49	150	0.98

Tabla 4.2

4.3.3 ÁREA DE ARMADO DEL ZAPATO

Máquina	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	fp
Vaporizador de puntas RP 20	220	8.1	1680	0.88
Armadora de puntas Cerim K68	217	12.66	5.230	0.73
Armadora Trap T20	215	2.49	950	0.80
Poppi brasileña	218	3.35	1320	0.88
Envejecedor	217	2.45	960	0.9
Rebatidor	217	2.86	1110	0.9
Máquina Marcar la caja	218	2.43	980	0.73
Máquina de Cardar	218	1.20	476	0.89
Prensa Talamonti	218	2.51	980	0.85
Horno reactivador	219	7.46	2850	1
Desarrugador	218	1.18	490	0.95
Máquina para sacar las pegas	217	2.48	950	0.92
Sabal S-300	218	0.3	100	1

Tabla 4.3

4.3.4 CIRCUITOS ADICIONALES (TABLA 4.4)

Circuito ramal	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	fp
Iluminación	125	8.25	1050	0.93
C1 y C2	125	10.53	1260	0.93
Compresor 1	218	7.73	2950	0.80
Compresor 2	218	7.77	2969	0.80

Tabla 4.4

- Breve comentario.

Si se comparan los valores de demanda determinados teóricamente en el capítulo 2, con las mediciones obtenidas en la prueba de campo se podría decir que los valores de potencia y corriente son bastante similares

4.4 MEDICIONES PARA DETERMINAR LA CAÍDA DE VOLTAJE

En las tablas 4.5, 4.6 y 4.7, se tabulan las mediciones de voltaje que se obtuvieron en los tableros TD1 Y TD2, y a la entrada de cada una de las máquinas. Con estos datos se obtienen las caídas de voltaje para cada caso y que también se tabulan tanto en valor absoluto como en porcentaje.

4.4.1 ÁREA DE CONFORMADO DEL CALZADO (TABLA 4.5)

MAQUINA	VOLTAJE EN TABLERO (V)	VOLTAJE EN MAQUINA (V)	e	e%
Atom	219	218	1	0.45
Conformadora de talones Norba	219	217	2	0.91
Máquina de dar látex	218	217	1	0.45
Máquina de timbrar	219	217	2	0.91

Tabla 4.5

4.4.2 ÁREA DE ARREGLO DE CALZADO (TABLA 4.6)

MÁQUINA	VOLTAJE EN TABLERO (V)	VOLTAJE EN MÁQUINA (V)	e	e%
Conformadora de huecos	219	217	2	0.91

Tabla 4.6

4.4.3 TABLA 4.7

MÁQUINA	VOLTAJE EN TABLERO (V)	VOLTAJE EN MÁQUINA (V)	e	e%
Vaporizador de puntas RP 20	220	217	3	1.36
Armadora de puntas Cerim K68	218	217	1	0.45
Armadora de talones Trap T20	219	217	2	0.91
Poppi brasileña	218	216	2	0.91
Envejecedor	217	216	1	0.45
Rebatidor	217	215	2	0.91
Máquina para Marcar la caja	220	218	2	0.91
Máquina de Cardar	220	219	1	0.45
Prensa Talamonti	218	217	1	0.45
Horno reactivador	219	217	2	0.91
Desarrugador	218	216	2	0.91
Máquina para sacar las pegas	217	216	1	0.45
Sabal S-300	218	216	2	0.91

Tabla 4.7

- Breve comentario.

Como se puede observar en todos los casos, el porcentaje real de caída de voltaje está muy por debajo del 3% de caída que establece la norma como límite. Esto permite comprobar que los parámetros eléctricos que podrían de alguna forma afectar el funcionamiento de la máquina, son aceptables.

4.5 MEDICIONES REALIZADAS EN LOS ALIMENTADORES

De igual forma se realizó la medición de todos los parámetros con el analizador industrial en cada uno de los alimentadores de TD1, TD2 y en la acometida principal de la fábrica. En la tabla 4.8 y 4.9 se tiene la medición de voltaje, corriente, potencia y factor de potencia y en la tabla 4.10 los valores de caída de voltaje, mientras que en la figura 4.5 se aprecia la medición realizada con el analizador industrial.

TD	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	fp
TD1	223	34.96	12558	0.93
TD2	223	39.57	13144	0.86

Tabla 4.8

Circuito ramal	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	fp
Acometida Principal	223	75.03	25795	0.89

Tabla 4.9

- Caída de voltaje

TD	e	e%
TD1	3	1.36
TD2	3	1.36

Tabla 4.10

- Breve comentario.

Las mediciones obtenidas en los alimentadores fueron satisfactorias debido a que en su mayoría los parámetros medidos se encontraban dentro de los rangos previstos. La caída de voltaje en los alimentadores principales están muy por debajo del 3% que establece la normativa correspondiente como límite.

Nota:

Las mediciones fueron realizadas el día miércoles 02 de marzo del presente año a las 14:30 cuando la planta operaba a plena capacidad.



Figura No. 4.5 Medición en los alimentadores.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los valores de caída de voltaje, determinadas mediante las pruebas de campo, permiten concluir que el dimensionamiento de conductores, tanto para circuitos derivados como para alimentadores, fueron correctos.
- Las mediciones de potencia y corriente obtenidas en las pruebas de campo, para cada circuito derivado, fueron similares a la demanda calculada teóricamente, lo que demuestra que los criterios de estimación de carga fueron adecuados.
- Se concluye que los objetivos planteados en este proyecto se cumplieron en gran medida, al haberse finalizado el montaje e instalación de la maquinaria en la planta de calzado “ARMANDINY”, que actualmente se encuentra en plena operación.
- Mediante esta experiencia práctica se pudo conocer de cerca un proceso de producción real y comprobar la importancia que tienen la incorporación de nuevas tecnologías en el proceso de manufactura para lograr una mayor productividad.
- Si bien el uso de una norma o código determina estándares y valores normalizados para este tipo de proyectos, los conocimientos técnicos adquiridos en la universidad constituyen la base fundamental para aplicar con mejor criterio y con mayores elementos de juicio la normativa utilizada.
- La demanda total calculada para establecer la capacidad del transformador, se considera que tuvo un error aproximado de 10% ya que las mediciones de campo demuestran que el transformador de 30 KVA

instalado, trabaja aproximadamente a un 95% de su capacidad nominal, lo que permite a futuro una expansión en la carga solamente del 5%.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la estimación del factor de demanda para los diferentes procesos de producción existentes, esté correctamente sustentado por las normativas correspondientes en el caso que existan o por experiencias reales de otras plantas similares.
- Se recomienda que la empresa considere el remplazo de la máquina Cerim K-68 ya que consume demasiada energía; y se ha visto que la distribuidora que provee este tipo de maquinaria cuenta con equipos similares de menor consumo de energía.
- Se recomienda que antes de cualquier medición de parámetros eléctricos (voltaje, corriente, potencia, $\cos\Phi$) , el equipo de medición este correctamente configurado de acuerdo al sistema eléctrico que se vaya a medir (monofásico ,trifásico)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

LIBROS Y MANUALES

1. MIVER SANG. S.P.A. Costruzioni Meccaniche Inchiodacchi Fissatacchi Pneumatche.
2. CERIM K-68. Catalogo Instruccionen.
3. PASANQUI.S.I. Construcciones de Maquinas para el Calzado
4. TRAP T20. Manual Operativo Version: 5000i14s.
5. MIVER GR. S.P.A. Costruzioni Meccaniche Inchiodacchi Fissatacchi Pneumatche
6. IC - 200. Catalogo Instruccionen.
7. Codigo Electrico Nacional, Primera Edicion. 2001
8. MOLINA, Jorge; Control Industrial; EPN; Quito.
9. AVILÉS, Fausto; Curso de Instalaciones de Bajo Voltaje; EPN; Quito.
10. ProCobre – Chile, Manual Tecnico. Primera edicion 1999

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

1. LVH. Irrigation wires. <http://www.lvhsa.com.ar>,2010
2. MONOGRAFIAS.COM. Elaboración de Calzado
<https://www.monografias.com> 2010
3. WIKIPEDIA. Fabricación de Calzado. <http://es.wikipedia.org> 2010

ANEXOS

ANEXO A

Artículos del Código Eléctrico Nacional tomados de referencia en este proyecto

370-23. Soportes.- Los encerramientos a los que se refiere la Sección 370 deben estar rígidamente sujetos, de acuerdo con los siguientes apartados a) hasta g)

a) **Montaje en superficie.**- Los encerramientos deben ir bien sujetos a la superficie sobre la cual van montados, a no ser que dicha superficie no ofrezca un soporte adecuado, en cuyo caso se deben sujetar según lo establece en b).

b) **Montaje sujeto a la estructura.**- Los encerramientos se deben sujetar rígidamente a un miembro de la estructura del edificio, directamente en el suelo o mediante abrazaderas de metal, polímeros o madera. No se permite utilizar como único soporte los cables de soporte que no ofrezcan un soporte rígido.

- 1) Si se utilizan clavos como medio de sujeción, se debe permitir que pasen a través del interior del encerramiento si están sujetos a menos de 6,4 mm de la parte posterior o de los extremos del encerramiento.
- 2) Las abrazaderas metálicas deben estar protegidas contra la corrosión y tener un espesor no inferior a 0,5 mm sin recubrir. Las abrazaderas de madera deben tener una sección nominal no inferior a 25 mm x 50 mm. Las abrazaderas de madera en locales húmedos se deben tratar de acuerdo con esa circunstancia. Las abrazaderas de polímeros deben estar identificadas para utilizarlas en ese uso.

c) **Montaje no estructural.**- Se permite instalar a nivel de las superficies cubiertas existentes cuando ofrezcan soporte adecuado por medio de abrazaderas, anclajes o accesorios. Se permite utilizar los miembros del armazón de los techos suspendidos como soporte, si esos miembros están adecuadamente soportados y bien sujetos entre sí y a la estructura del edificio. Los encerramientos así apoyados se deben sujetar al armazón por medios mecánicos como pernos, tornillos o remaches. También se permite usar sujetadores identificados para sus uso con ese tipo de armazón de techo y encerramiento.

d) **Encerramiento(s) sujetos(s) a canalizaciones, sin artefactos ni dispositivos.**- Los encerramientos que no tengan más de 1640 cm³ de volumen y tengan entradas a rosca o conectores identificados para ese uso y que no contengan dispositivos ni artefactos de soporte, se deben considerar adecuadamente apoyados como lleven conectados al cerramiento a las entradas dos o más tubos roscados bien apretados con llave y cuando cada uno de los tubos esté apoyado a menos de 0,9 m del encerramiento a dos o más lados, de modo que presente un conjunto rígido y seguro como establece esta Sección del Código.

Excepción: Como soporte de las conduletas se permite utilizar tubos conduit metálicos rígidos, metálicos intermedios, no metálicos rígidos o tuberías eléctricas metálicas, siempre que las conduletas no sean de mayor sección transversal que el tubo conduit o tubería eléctrica metálica de mayor sección.

Se debe considerar que dichos encerramientos están adecuadamente apoyados si cumplen con lo establecido en el Artículo 370-23.e).

e) **Encerramientos sujetos a canalizaciones con artefactos o dispositivos.**- Los encerramientos que no tengan más de 1640 cm³ de tamaño y tengan conectores a rosca o identificados para ese uso y que contengan dispositivos, artefactos o ambos, se deben considerar adecuadamente apoyados cuando lleven conectadas al encerramiento o a los conectores dos o más tubos roscados bien apretados con llave y cuando cada uno de los tubos esté apoyado a menos de 0,5 m del encerramiento a dos o más lados, de modo que presente un conjunto rígido y seguro como establece esta Sección del Código.

Excepciones:

- 1) Se permite utilizar como soporte de las conduletas tubos metálicos rígidos o intermedios, siempre que las conduletas no sean de mayor sección transversal que la del tubo o tubería eléctrica metálica de mayor sección.
- 2) Se permite utilizar como soporte de las cajas utilizadas a su vez como soporte de artefactos, un tramo continuo de tubo metálico rígido o semirrígido o apoyar un encerramiento de cables en un artefacto en vez de una caja, de acuerdo con el Artículo 300-15d), cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

- a. Que el tubo esté sujeto a un punto de modo que la longitud del tubo después del último punto de soporte del mismo, no sea superior a 0,9 m.
- b. Que la longitud del tubo antes del último punto de soporte sea de 0,3 m o mayor.
- c. Que, cuando sea accesible a personas no calificadas, el artefacto esté como mínimo a 2,4 m por encima del suelo o zona de paso, medidos hasta su punto más bajo, y como mínimo a 0,9 m, medidos en horizontal, de la elevación de 2,4 m desde las ventanas, puertas, porches, salidas de incendios o elementos similares.
- d. Que un artefacto soportado por un solo tubo no tenga más de 0,3 m en cualquier dirección desde el punto de entrada del tubo.
- e. Que el peso soportado por cualquier tubo aislado no supere los 9 kg.
- f. Que el tubo o tubos estén alcantarillados y apretados con llave por sus extremos a la caja o encerramiento de los cables o a los conectores identificados para ese fin.

f) Encerramiento sobre concreto o mampostería.- Se permite apoyar los encerramientos empotrándolos.

g) Cajas colgantes.- Se permite que las cajas estén apoyadas en colgantes, de acuerdo con las siguientes condiciones:

- 1) Cable flexible.- Se permite que las cajas estén apoyadas en un cable o cordón flexible de varios conductores, de manera aprobada y que proteja a los conductores contra esfuerzos, por ejemplo mediante una abrazadera roscada a la caja y sujeta con una tuerca.
- 2) Tubos.- Se permite que las cajas que soporten portabombillas o elementos de alumbrado o los encerramientos con artefactos utilizados en lugar de cajas de acuerdo con el Artículo 300-15.d), estén soportadas por tubos conduit metálicos rígidos o intermedios en tramos superiores a 450 mm, si los tramos están conectados a la instalación mediante accesorios flexibles adecuados para el lugar en cuestión. En el extremo del artefacto el tubo o tubos deben estar sujetos a rosca y apretados con llave al encerramiento o a conectores identificados para ese uso. Cuando estén soportadas por un solo tubo, hay que evitar que las juntas a rosca se aflojen utilizando tornillos pasantes u otro medio eficaz o el artefacto debe estar en cualquier punto a un mínimo de 2,4 m sobre el suelo o zona de paso y a un mínimo de 0,9 m medidos horizontalmente de la elevación de 2,4 m de las ventanas, puertas, porches, salidas de incendios o elementos similares. Un artefacto apoyado en un tubo no debe estar a más de 0,3 m en cualquier dirección horizontal del punto de entrada del tubo.

300-15. Cajas, conduletas o accesorios: cuando son necesarios

d) Equipos.- En una salida se permite utilizar una caja de conexiones integral o compartimiento de alambrado, como parte del equipo certificado, en vez de una caja.

110-16. Espacio alrededor de los equipos eléctrico (para 600 V nominales o menos).- Alrededor de todos los equipos eléctricos se proveerá y mantendrá suficiente espacio de acceso y trabajo alrededor de todo equipo eléctrico, para así permitir la operación segura y la conservación del equipo.

a) **Espacio de trabajo.**- Excepto si se exige o se permite otra cosa en este código, la medida del espacio de trabajo para equipos que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que pueden requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras están energizados, deben cumplir con:

1) **Profundidad del espacio de trabajo.**- Las dimensiones del espacio de trabajo, en la dirección del acceso a las partes energizadas que operan a 600 V o menos a tierra y que pueden necesitar inspección, ajuste, servicio o conservación estando energizadas, nunca serán menores que las indicadas en la Tabla 110-16.a). Las distancias se medirán desde las partes energizadas si estas se hallan expuestas; o desde el frente de la caja o cubierta o la abertura, si dichas partes están encerradas o cubiertas.

Art. 220-4 Circuitos ramales necesarios.- Se deben instalar circuitos ramales para alumbrado y artefactos, incluidos artefactos a motor, para las cargas calculadas.

Además se deben instalar circuitos ramales para las cargas que no estén cubiertas, si así lo exige este código; para pequeños artefactos tal como se especifica en los siguientes apartados.

a) **Número de circuitos ramales.**- El número mínimo de circuitos ramales se debe establecer a partir de la carga total calculada y la capacidad nominal de los circuitos utilizados. En todas las instalaciones, el número de circuitos debe ser suficiente para alimentar la carga conectada.

En ningún caso la carga de un circuito debe superar el máximo fijado en el Art. 210-22 a) para lo que nos amerita (Ver Anexo A).

d) **Equilibrio de cargas entre ramas.**- Cuando se calcule la base de VA por metro cuadrado, la instalación del panel o paneles de distribución de los circuitos ramales (Inclusive) debe estar prevista para alimentar cargas no menores a las calculas. Esta carga se debe distribuir uniformemente entre los distintos ramales con varias salidas que arranquen del mismo tablero. Solo se deben instalar circuitos y dispositivos de protección contra sobre corriente de los circuitos ramales para alimentar la carga conectada.

B Alimentadores y acometidas

Art. 220-10 Disposiciones generales

- a) Capacidades de corriente y cargas calculadas.- Los conductores del alimentador deben tener una capacidad de corriente suficiente para alimentar las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada para un alimentador debe ser menor a la suma de las cargas de los ramales conectados, tal como se establece en la parte "a" de esta sección y después de aplicar el factor de demanda.
- b) Cargas continuas y no continuas.- Cuando un alimentador suministra corriente a cargas continuas o a una combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad de corriente del dispositivo de protección contra sobre corriente no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del alimentador, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una corriente máxima igual o mayor que la de la carga no continua mas el 125% de la carga continua.

TABLA 110-16.a).- Espacios libres de trabajo

Voltaje a tierra. nominal (V)	Distancia libre (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0 - 150	0,9	0,9	0,9
151 - 600	0,9	1,1	1,2

230-22

Excepción: Está permitido que el conductor puesto a de puesta a tierra de un cable de varios conductores esté desnudo.

230-30

Excepción: Se permite que haya un conductor puesto a tierra sin aislar, en las siguientes circunstancias:

- a. Un conductor de cobre desnudo en una canalización.
- b. Un conductor de cobre desnudo directamente enterrado, si se estima que el cobre es adecuado a las condiciones del suelo.
- c. Un conductor de cobre desnudo directamente enterrado independientemente de las condiciones del suelo, si forma parte de un cable identificado para su uso enterrado.
- d. Un conductor de aluminio o de aluminio recubierto de cobre sin aislante o cobertura individual, si forma parte de un cable identificado para su uso enterrado directamente o en una canalización.

230-41.

Excepción: Se permite que haya un conductor de puesta a tierra sin aislar, en las siguientes circunstancias:

- a. Un conductor de cobre desnudo en una canalización o parte de un conjunto de cables de acometida.
- b. Un conductor de cobre desnudo directamente enterrado, si se estima que el cobre es adecuado para las condiciones del suelo.
- c. Un conductor de cobre desnudo directamente enterrado independientemente de las condiciones del suelo, si forma parte de un conjunto de cables identificado para su uso enterrado.
- d. Un conductor de aluminio o aluminio recubierto de cobre sin aislante o cubierta individual, si forma parte de un conjunto de cables identificado para su uso enterrado directamente o en una canalización.

250-23. Puesta a tierra de sistemas de c.a. alimentados desde una acometida.

a) Conexiones de puesta a tierra del sistema.- El sistema de alambrado de un predio que arranque desde una acometida de c.a. puesta a tierra, debe tener en cada acometida un conductor del electrodo de puesta a tierra conectado a un electrodo de puesta a tierra que cumpla lo establecido en la Parte H de la Sección 250. El conductor del electrodo de puesta a tierra debe estar conectado al conductor de la acometida puesto a tierra en cualquier punto accesible entre el lado de la carga de la acometida aérea o subterránea y el terminal o el bus al que esté conectado el conductor de la acometida puesto a tierra en el medio de desconexión de la acometida, inclusive. Cuando el transformador de alimentación de la acometida esté situado fuera de la edificación, se debe hacer como mínimo otra conexión de puesta a tierra desde el conductor de la acometida puesto a tierra hasta el electrodo de puesta a tierra, en el transformador o en cualquier otro punto fuera de la edificación. No se debe hacer ninguna conexión de puesta a tierra con ningún conductor del circuito puesto a tierra en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida.

H. Instalación del electrodo de puesta a tierra del sistema

250-81. Instalación del electrodo de puesta a tierra del sistema.- Si en un predio, en cada edificio o estructura perteneciente al mismo, existen todos los elementos a) a d) que se indican a continuación y algún electrodo instalado de acuerdo con el Artículo 250-83.c) y d), se deben conectar equipotencialmente entre sí para formar la instalación del electrodo de puesta a tierra. El puente o puentes de conexión equipotencial se deben montar de acuerdo con los Artículos 250-92.a) y b) y deben tener un calibre según lo establecido en el Artículo 250-94 e ir conectados como se indica en el Artículo 250-115. Se permite que el conductor del electrodo de puesta a tierra sin empalmes llegue hasta cualquier electrodo de puesta a tierra del sistema convenientemente situado en la instalación. Debe tener un calibre suficiente tomando el mayor conductor del electrodo de puesta a tierra exigido entre todos los electrodos disponibles.

Excepciones:

- 1) *Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra mediante conectores irreversibles a presión certificados para este fin o mediante proceso de soldadura térmica.*

Las tuberías metálicas interiores para agua situadas a más de 1,50 m del punto de entrada a la edificación, no se deben utilizar como parte de la instalación del electrodo de puesta a tierra o como conductor para interconectar electrodos que formen parte del sistema del electrodo de puesta a tierra.

- 2) *En las edificaciones industriales y comerciales, cuando sus condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que la instalación sólo sea atendida por*

a) **Tuberías metálicas subterráneas de agua.-** Una tubería metálica subterránea para agua en contacto directo con la tierra a lo largo de 3,0 m o más (incluidos los forros metálicos de pozos efectivamente conectados equipotencialmente a la tubería) y con continuidad eléctrica (o hecha eléctricamente continua mediante la conexión equipotencial alrededor de juntas aislantes, o de secciones o tubería aislante) hasta los puntos de conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra y de los conductores de conexión equipotencial. La continuidad de la trayectoria de la puesta a tierra o de la conexión equipotencial de la tubería interior, no se debe hacer a través de medidores de agua o filtros y equipos similares. Una tubería metálica subterránea para agua se debe complementar con un electrodo adicional del tipo especificado en los Artículos 250-81 o 250-83. SE permite que este electrodo complementario vaya conectado equipotencialmente al conductor del electrodo de puesta a tierra, al conductor de acometida puesta a tierra, a la canalización de la acometida puesta a tierra o a cualquier encerramiento de la acometida puesta a tierra.

Cuando el electrodo complementario sea fabricado, como se establece en el Artículo 250-83.c) o d), no se requiere que la parte del puente de conexión equipotencial que se constituya la única conexión con dicho electrodo complementario, sea mayor que un alambre de cobre de $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG) o aluminio de $21,14 \text{ mm}^2$ (4 AWG).

Excepción: Se permite que el electrodo complementario vaya conectado a la tubería metálica interior para agua en cualquier punto que resulte cómodo, como se explica en el Artículo 250-81 Excepción No. 2.

b) **Estructura metálica de la edificación.-** La estructura metálica de la edificación, cuando esté eficazmente puesta a tierra.

c) **Electrodo empotrado empotrado en concreto.-** Un electrodo empotrado como mínimo 50 mm en concreto, situado dentro y cerca del fondo de un cimiento o zapata de concreto, que esté en contacto directo con la tierra y que consista como mínimo en una barra o varilla de 6 m de acero desnudo, galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no menos de 12,7 mm de diámetro, o como mínimo en un conductor de cobre desnudo de 6 m y de calibre no menor a $21,14 \text{ mm}^2$ (4 AWG).

d) **Anillo de puesta a tierra.-** Un anillo de puesta a tierra que rodee la edificación o estructura, en contacto directo con la tierra y a una profundidad bajo la superficie no menor a 0,75 m, que consista como mínimo en un conductor de cobre desnudo de 6 m y calibre no menor a $33,62 \text{ mm}^2$ (2 AWG).

250-83. Electrodo fabricados y otros electrodos.- Cuando no se disponga de ninguno de los electrodos especificados en el Artículo 250-81, se debe usar uno o más de los electrodos especificados en los apartados b) a d) a continuación. Cuando sea posible, los electrodos fabricados se deben enterrar por debajo del nivel de humedad permanente (nivel freático). Los electrodos fabricados, deben estar libres de recubrimientos no conductores, como pintura o esmalte. Cuando se use más de un electrodo para la instalación de puesta a tierra, ninguno de ellos (incluidos los que se utilicen como barras de pararrayos) debe estar a menos de 1,80 m de cualquier otro electrodo o sistema de puesta a tierra. Dos o más electrodos de puesta a tierra que estén eficazmente conectados equipotencialmente entre sí, se deben considerar como un solo sistema de electrodo de puesta a tierra.

a) **Instalación subterránea de tuberías metálicas de gas.-** No se debe usar como electrodo de puesta a tierra la instalación subterránea de tuberías metálicas de gas.

b) **Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos.-** Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos, como tuberías y depósitos subterráneos.

c) **Electrodos de barras y tuberías.**- Los electrodos de barras y tuberías, no deben tener menos de 2,40 m de longitud y deben ser de los materiales que se especifican a continuación y estar instalados del siguiente modo:

- 1) Los electrodos consistentes en tuberías o conductos, no deben tener una sección transversal menor al tamaño comercial de 19 mm y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.
- 2) Los electrodos de barras de hierro o acero, deben tener como mínimo un diámetro de 15,87 mm. Las barras de acero inoxidable, deben ser al menos de 15,87 mm de diámetro, las de metales no ferrosos o sus equivalentes, deben estar certificadas y tener un diámetro no menor a 12,7 mm.
- 3) El electrodo se debe instalar de modo que tenga un contacto con el suelo como mínimo 2,40 m de su longitud. Se debe clavar a una profundidad no menor a 2,40 m, excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo se debe clavar con un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical o enterrarse horizontalmente en una zanja que tenga como mínimo 0,75 m de profundidad. El extremo superior del electrodo debe quedar al nivel del suelo o por debajo, excepto si el extremo superior del electrodo que quede por encima del suelo y la conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra están protegidos contra daños físicos, como se especifica en el Artículo 250-117.

d) **Electrodos de placa.**- Los electrodos de placa deben tener una área mínima de 0,2 m² que esté en contacto directo con el suelo. Los electrodos de placas de hierro o acero deben tener un espesor mínimo de 6 mm. Los electrodos de metales no ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,5 mm.

e) **Electrodos de aluminio.**- No está permitido utilizar electrodos de aluminio.

250-84. Resistencia de los electrodos fabricados.- Un electrodo único que consista en una barra o varilla, tubo o placa y que no tenga una resistencia a tierra de 25 ohmios o menos, se debe complementar con un electrodo adicional de cualquiera de los tipos especificados en los Artículos 250-81 o 250-83. Cuando se instalen varios electrodos de barras, tuberías o placas para cumplir los requisitos de este Artículo, deben tener entre sí una separación mínima de 1,80 m.

NOTA.- La eficiencia de la instalación en paralelo de barras de más de 2,40 m aumenta si se separan más de 1,80 m.

250-86. Uso de la puesta a tierra de pararrayos.- Para la puesta a tierra de los sistemas eléctricos y equipos, no se debe usar la puesta a tierra de pararrayos. Esta disposición no impide la conexión equipotencial requerida de los electrodos de puesta a tierra de distintos sistemas.

NOTAS:

1) Para la separación de las bajantes de los pararrayos, véase el Artículo 250-46. Para la conexión equipotencial de electrodos, véanse los Artículos 800-40.d), 810-21.j) y 820-40.d).

2) Si se conectan equipotencialmente todos los electrodos de puesta a tierra de distintos sistemas, se limitará la diferencia de potencial entre ellos y entre sus sistemas de alambres asociados.

J. Conductores de puesta a tierra

250-91. Materiales.- Los materiales de los conductores de puesta a tierra se especifican en los siguientes apartados a), b) y c).

a) Conductor del electrodo de puesta a tierra.- El conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre. El material elegido debe ser resistente a la corrosión que se pueda producir en la instalación o debe estar adecuadamente protegido contra ella. El conductor debe ser macizo o trenzado, aislado, forrado o desnudo, y debe ser de un solo tramo continuo, sin empalmes ni uniones.

Excepciones:

- 1) Se permiten los empalmes en los conjuntos de barras
- 2) Cuando haya una acometida con más de un encerramiento, como se permite en el Artículo 230-40
Excepción No. 2, está permitido conectar terminales o derivaciones al conductor del electrodo de puesta a tierra. Cada una de estas derivaciones debe llegar hasta el interior del encerramiento metálico. El calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra se debe dimensionar de acuerdo con el Artículo 250-94, pero los conductores de la derivación pueden tener una sección transversal de acuerdo con los conductores del electrodo de puesta a tierra especificados en el Artículo 250-94, para el conductor de mayor sección transversal de entre los respectivos encerramientos. Los conductores de las derivaciones se deben conectar al conductor del electrodo de puesta a tierra de modo que este conductor no tenga ningún empalme o unión.
- 3) Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra por medio de conectores irreversibles de presión, certificados para ese fin o mediante un proceso de soldadura exotérmica.

b) Tipos de conductores para puesta a tierra de equipos.- El conductor de puesta a tierra de equipos, instalado con los conductores del circuito o encerrado con ellos, debe ser de uno de los siguientes tipos o una combinación de varios de ellos: 1) un conductor de cobre u otro material resistente a la corrosión. Este conductor debe ser macizo o trenzado, aislado, forrado o desnudo, y formar un alambre o barra de cualquier forma; 2) un tubo Conduit de metal rígido; 3) un tubo Conduit metálico intermedio; 4) una tubería metálica eléctrica; 5) un tubo Conduit de metal flexible, si tanto el tubo como sus accesorios, están certificados para puesta a tierra; 6) la armadura de un cables de tipo AC; 7) el blindaje de cobre de un cable con recubrimiento metálico y aislamiento mineral; 8) el blindaje metálico o la combinación de blindaje metálico y conductores de puesta a tierra en cables de tipo MC; 9) las bandejas portacables, tal como se permiten en los Artículos 318-3.c) y 318-7; 10) las armaduras de los buses de cables, tal como permite el Artículo 365-2.a); 11) otras canalizaciones metálicas con continuidad eléctrica, certificadas para puesta a tierra.

Excepciones:

- 1) Cuando los conductores de un circuito contenidos en él, estén protegidos por dispositivos de protección contra sobrecorriente de 20 A nominales o menos, se permiten como medios de puesta a tierra de esos circuitos, los tubos metálicos flexibles, certificados como canalizaciones pero no para servir como puesta a tierra y la tubería metálica flexible certificada y los tubos metálicos flexibles herméticos a los líquidos certificados, de secciones comerciales entre 9,5 mm y 31,8 mm, siempre que se cumplan todas las siguientes condiciones:
 - a. Que la longitud combinada de tubo metálico flexible, tubería metálica flexible y tubo metálico flexible y hermético a los líquidos en el mismo tramo de retorno de puesta a tierra, no sea superior a 1,80 m.
 - b. Que los tubos Conduit o tuberías terminen en accesorios certificados para puesta a tierra.
- 2) Cuando los conductores de un circuito contenidos en él estén protegidos por dispositivos de protección contra sobrecorriente de más de 20 A nominales, pero que no superen los 60 A, se permite utilizar como medios de puesta a tierra de esos circuitos, los tubos metálicos flexibles y herméticos a los líquidos certificados, de

secciones comerciales entre 19 mm y 31,8 mm, siempre que cumplan todas las condiciones siguientes:

- a. Que la longitud total del tubo metálico flexible y hermético a los líquidos certificado, en el mismo tramo de retorno de puesta a tierra no sea superior a 1,80 m.
- b. Que no haya otro tubo metálico flexible, tubería metálica flexible o tubo metálico flexible y hermético a los líquidos, de secciones comerciales entre 9,5 mm a 12,5 mm que sirva como conductor de puesta a tierra de equipos en el mismo tramo de retorno de puesta a tierra.
- c. Que el tubo termine en accesorios certificados para puesta a tierra.

c) Puesta a tierra complementaria.- Se permiten electrodos complementarios de puesta a tierra para aumentar los conductores de puesta a tierra de los equipos especificados en los Artículos 250-19.b), pero la tierra no se debe utilizar como el único conductor de puesta a tierra de los equipos.

250-92. Instalación.- Los conductores de puesta a tierra se deben instalar como se especifica en los siguientes apartados a), b) y c).

a) Conductor del electrodo de puesta a tierra.- Un conductor del electrodo de puesta a tierra o su encerramiento, deben sujetarse bien a la superficie sobre la que van instalados. Un conductor de cobre o aluminio de sección transversal $21,14 \text{ mm}^2$ (4 AWG) o superior, se debe proteger si está expuesto a daños físicos graves. Se puede llevar un conductor de puesta a tierra de $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG) que esté expuesto a daños físicos, a lo largo de la superficie de la edificación sin tubería o protección metálica, cuando esté bien sujeto al edificio, si no, debe ir en un tubo Conduit metálico rígido, un tubo Conduit metálico intermedio, un tubo Conduit rígido no metálico, en tubería eléctrica metálica o en cable blindado. Los conductores de puesta a tierra de sección menor a $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG), debe ir en tubo Conduit metálico rígido, tubo Conduit metálico intermedio, tubo Conduit rígido no metálico, tubería eléctrica metálica o cable blindado.

No se deben utilizar como conductores de puesta a tierra conductores aislados o desnudos de aluminio o aluminio recubierto de cobre que estén en contacto directo de las paredes de mampostería o con tierra, o si están sometidos a condiciones corrosivas. Cuando se utilicen en el exterior, los conductores de puesta a tierra de aluminio o aluminio recubierto de cobre, no se deben instalar a menos de 0,5 m del suelo.

b) Encerramientos para conductores del electrodo de puesta a tierra.- Los encerramientos metálicos de los conductores del electrodo de puesta a tierra, deben ser eléctricamente continuos desde el punto de conexión en los gabinetes o equipos hasta el electrodo de puesta a tierra, y deben estar bien sujetos a las abrazaderas o herrajes de puesta a tierra. Los encerramientos metálicos que no sean físicamente continuos desde el gabinete o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, se deben hacer eléctricamente continuos mediante conexión equipotencial de sus dos extremos al conductor de puesta a tierra. Cuando se utilice una canalización como protección del conductor de puesta a tierra, su instalación debe cumplir los requisitos de la Sección correspondiente a canalizaciones.

c) Conductor de puesta a tierra de los equipos.- Un conductor de puesta a tierra de equipos se debe instalar como sigue:

- 1) Cuando consista en una canalización, bandeja de cables, blindaje o forro de cables o cuando sea un alambre dentro de una canalización o cable, se debe instalar cumpliendo las disposiciones aplicables a este código, usando accesorios para uniones y terminaciones que estén aprobados para usarlos con el tipo de canalización o cable utilizados. Todas las conexiones, uniones y accesorios se deben apretar con los medios adecuados.

- 2) Cuando haya un conductor independiente de puesta a tierra de los equipos, como establece la excepción del Artículo 250-50.a) y b) y el Artículo 250-57.b) Excepción No. 2, se debe instalar de acuerdo con el anterior apartado a) en lo que se refiere a las limitaciones del aluminio y a la posibilidad de daños físicos.

Excepción: No es necesario que los cables de calibre menor a $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG) vayan metidos en una canalización o armadura cuando discurren por los espacios huecos de una pared o tabique o cuando vayan instalados de modo que no puedan sufrir daños físicos.

250-93. Calibres del conductor del electrodo de puesta a tierra para corriente continua.- En los siguientes apartados a) a c), se fijan las secciones transversales de los conductores del electrodo de puesta a tierra de una instalación de c.c.

a) No debe ser de calibre menor al del neutro.- Cuando el sistema de c.c. consista en un conjunto equilibrado trifilar o un bobinado equilibrado con protección contra sobrecorriente, como establece el Artículo 445-4.d), el conductor del electrodo de puesta a tierra no debe ser de calibre menor al del neutro.

b) No debe ser de calibre menor al del conductor más grande.- En instalaciones de c.c. distintas a las del anterior apartado a), el conductor del electrodo de puesta a tierra no debe ser de calibre menor al del conductor de mayor calibre alimentado por la instalación.

c) No debe ser menor a $8,36 \text{ mm}^2$ (8 AWG).- En ningún caso, el conductor del electrodo de puesta a tierra no debe ser menor a $8,36 \text{ mm}^2$ (8 AWG) si es de cobre o $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG) si es de aluminio.

Excepciones:

- a. Cuando esté conectado a electrodos fabricados como se indica en el Artículo 250-83.c) o d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo, sea superior a $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG) de cobre o $21,14 \text{ mm}^2$ (4 AWG) de aluminio.
- b. Cuando esté conectado a un electrodo embebido en concreto, como se establece en el Artículo 250-81.c), no es necesario que la parte de conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo, sea superior a $21,14 \text{ mm}^2$ (4 AWG) de cobre.
- c. Cuando esté conectado a un anillo de puesta a tierra como en el Artículo 250-81.d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo, sea de mayor calibre que el conductor utilizado en el anillo de puesta a tierra.

250-94. Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra en instalaciones de corriente continua.- El calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra en una instalación de c.c. puesta o no a tierra, no debe ser menor a los especificados en la Tabla 250-94.

TABLA 250-94.- Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de c.c.

Sección transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo				Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto		Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre	
mm ²	AWG o kcmil	Mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
33,62 o menor	2 o menor	53,5 o menor	1/0 o menor	8,36	8	13,29	6
42,2 o 53,5	1 a 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
67,44 o 85,05	2/0 a 3/0	107,21 o 126,67	4/0 a 250 kcmil	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	4/0 hasta 350 kcmil	152,01 a 253,35	300 a 500 kcmil	33,62	2	53,50	1/0
202,68 a 304,02	400 a 600 kcmil	278,68 a 456,03	550 a 900 kcmil	53,50	1/0	85,02	3/0
329,35 a 557,37	650 a 1 100 kcmil	506,70 a 886,73	1 000 a 1 750 kcmil	67,44	2/0	107,21	4/0
608,04 y más	1 200 kcmil y más	912,06 y más	1 800 kcmil y más	85,02	3/0	126,67	250 kcmil

!E

NOTA.- Para el calibre del conductor puesto a tierra de una instalación de c.c. conectado con el equipo de la acometida, véase el Artículo 250-23.b).

Excepción:

- Quando esté conectado a electrodos fabricados como se indica en el Artículo 250-83.c) o d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo, sea superior a 13,29 mm² (6 AWG) de cobre o 21,14 mm² (4 AWG) de aluminio.
- Quando esté conectado a un electrodo embebido en concreto, como en el Artículo 250-81.c), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo, sea superior a 13,29 mm² (6 AWG) de cobre o 21,14 mm² (4 AWG) de aluminio.
- Quando esté conectado a un anillo de puesta a tierra como en el Artículo 250-81.d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo, sea de mayor calibre que el conductor utilizado en el anillo de puesta a tierra.

250-95. Calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos.- El calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos, de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, no debe ser menor al especificado en la Tabla 250-95. Cuando haya conductores en paralelo en varios conductos o cables, como lo permite el Artículo 310-4, el conductor de puesta a tierra de los equipos, cuando exista, debe ser instalado en paralelo. Cada conductor de puesta a tierra de equipos instalado en paralelo, debe tener un calibre determinado sobre la base de la corriente nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja los conductores del circuito en el conducto o cable, según la Tabla 250-95.

Quando se instalen conductores de varios calibres para compensar caídas de voltaje, los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando deban instalarse, se deberán ajustar proporcionalmente según su sección transversal. Cuando un conductor sencillo de puesta a tierra de equipos vaya con circuitos múltiples en el mismo conducto o cable, su calibre se debe determinar de acuerdo con el mayor dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja a los conductores del mismo conducto o cable.

Si el dispositivo de protección contra sobrecorriente consiste en un interruptor automático de circuitos con disparo instantáneo o un protector de un motor contra cortocircuitos, como permite el Artículo 430-52, el calibre del conductor de puesta a tierra de los equipos se puede calcular de acuerdo con la corriente nominal del dispositivo de protección del motor contra sobrecarga, pero no debe ser menor al especificado en la Tabla 250-95.

Excepciones:

- 1) Un conductor de puesta a tierra de equipos, no menor a $0,82 \text{ mm}^2$ (18 AWG) de cobre ni menor que los conductores de circuito y que forme parte de cables o cordones de artefactos, según establece el Artículo 240-4.
- 2) No es necesario que el conductor de puesta a tierra de los equipos sea de mayor sección transversal que los conductores de los circuitos de suministros de equipos.
- 3) Cuando se use como conductor de puesta a tierra de los equipos un conductor o armadura o blindaje de cable, como establecen los Artículos 250-51, 250-57.a) y 250-91.b).

250-97. Iluminación de contorno.- Cuando se use como conductor de puesta a tierra de una instalación de ese tipo, un conductor que cumpla lo establecido en el Artículo 250-95, se permite que las partes metálicas aisladas no portadoras de corriente de las instalaciones de iluminación de contorno estén conectadas equipotencialmente mediante un conductor de sección transversal de $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) en cobre o $3,3 \text{ mm}^2$ (12 AWG) en aluminio protegido contra daños físicos.

250-99. Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipos

a) Conexiones separables.- Para que el contacto de puesta a tierra sea el primera en hacerse, y el último en desconectarse del conductor de puesta a tierra de los equipos, se pueden utilizar conexiones separables como las proporcionadas para los equipos extraíbles o clavijas en sus correspondientes conectores y tomacorrientes.

Excepción: Los equipos, clavijas, tomacorrientes y conectores enclavados que eviten la energización si no está conectada la puesta a tierra.

b) Interruptores.- En el conductor de puesta a tierra de los equipos de la instalación de un predio, no se deben instalar interruptores automáticos ni cortacircuitos.

Excepción: Cuando la apertura del interruptor automático o cortacircuito desconecte todas las fuentes de alimentación.

TABLA 250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos Conduit etc. (A.)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre *	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1 000	67,44	2/0	107,21	4/0
1 200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1 600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2 000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2 500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3 000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4 000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5 000	354,69	700 kcmil	608,04	1 200 kcmil
6 000	405,36	800 kcmil	608,04	1 200 kcmil

NOTA.- Para cumplir lo establecido en el Artículo 250-51, los conductores de puesta a tierra de los equipos podrían ser de mayor calibre que el especificado en esta Tabla.

K. Conexiones de los conductores de puesta a tierra.

250-112. Con el electrodo de puesta a tierra.- La conexión de un conductor del electrodo de puesta a tierra o el electrodo de puesta a tierra debe ser accesible y estar hecha de tal manera que garantice una puesta a tierra eficaz y permanente. Cuando sea necesario garantizar estas condiciones en una instalación de tuberías metálicas utilizadas como electrodo de puesta a tierra, se debe hacer una conexión equipotencial eficaz alrededor de las juntas y de las secciones aisladas y alrededor de cualquier equipo que se pueda desconectar para su separación o sustitución. Los conductores de la conexión equipotencial deben ser lo suficientemente largos como para permitir el desmontaje de dichos equipos manteniendo la integridad de la conexión.

Excepción: No es necesario que sea accesible una conexión hecha a un electrodo de puesta a tierra que esté empotrada, hundido o enterrado en concreto.

250-113. Con los conductores y equipos.- Los conductores de puesta a tierra y los cables de conexiones equipotenciales se deben conectar mediante soldadura exotérmica, conectores a presión certificados, abrazaderas u otros medios también certificados. No se debe utilizar dispositivos o accesorios de conexión que dependan exclusivamente de soldadura. Para conectar los conductores de puesta a tierra a los armarios o encerramientos no se deben usar tornillos para lámina metálica (golosos o autorroscantes).

250-114. Continuidad y conexión de los conectores de puesta a tierra. De los equipos a las cajas.- Cuando entren en una caja dos o más conductores de puesta a tierra de equipos, todos esos conductores se deben empalmar o unir dentro de la caja o unir a la caja con herrajes adecuados para ese uso. No se deben hacer conexiones que dependan únicamente de soldadura. Los empalmes se deben hacer según el Artículo 110-14 b), excepto que no se requiera de aislamiento. La instalación de las conexiones de puesta a tierra se debe hacer de tal modo que la desconexión o desmontaje de un tomacorriente, accesorio u otro dispositivo alimentado desde la caja, no impida ni interrumpa la continuidad de la puesta a tierra.

Excepción: No es necesario que el conductor de puesta a tierra de los equipos, tal como permite el Artículo 250-74 Excepción N° 4, esté conectado a otros conductores de puesta a tierra de los equipos ni a la caja.

a) Cajas metálicas.- Se debe hacer una conexión entre el conductor o conductores de puesta a tierra de equipos y la caja metálica por medio de un tornillo de puesta a tierra, al que no se debe dar ningún otro uso, o de un dispositivo de puesta a tierra certificado.

b) Cajas no metálicas.- Cuando uno o más conductores de puesta a tierra de equipos lleguen a una caja de salida no metálica, se deben instalar de manera que se puedan conectar a cualquier herraje o dispositivo dentro de la caja que se deba poner a tierra.

250-115 Conexión con los electrodos.- El conductor de puesta a tierra se debe conectar al electrodo de puesta a tierra se debe conectar al electrodo de puesta a tierra mediante soldadura exotérmica, lengüetas certificadas, conectores a presión certificados, abrazaderas u otros medios certificados. No se deben usar conexiones que dependan únicamente de la soldadura. Las abrazaderas de puesta a tierra deben estar certificadas para el material del electrodo de puesta a tierra y del conductor del electrodo de puesta a tierra y, cuando se usen en tuberías, barras u otros electrodos enterrados, deben estar bien certificadas para su uso enterradas directamente en el suelo. Al electrodo de puesta a tierra no se debe conectar más de un conductor con la misma abrazadera o herraje, excepto si la abrazadera o herraje están certificados para usarlos con varios conductores. La conexión se debe hacer por uno de los métodos explicados en los siguientes apartados a), b), c), o d).

a) **Abrazadera sujeta con pernos.-** Abrazadera certificada de latón o bronce fundido o hierro dulce o maleable.

b) **Herrajes y abrazaderas para tuberías.-** Un herraje, abrazadera u otro mecanismo aprobado, sujeto con pernos a la tubería o a sus herrajes.

c) **Abrazadera de puesta a tierra de tipo de banda metálica.-** Una abrazadera de puesta a tierra certificada de tipo banda metálica, con una base de metal rígido que encaje en el electrodo y con una banda de material y dimensiones tales que no sea probable que se estire durante o después de la instalación.

d) **Otros medios.-** Otros medios equivalentes aprobados.

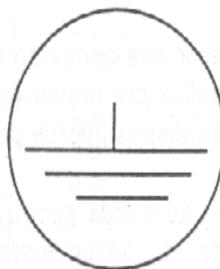
250-117 Protección de las fijaciones.- Las abrazaderas u otros herrajes de puesta a tierra deben estar aprobados para su uso general sin protección o deben protegerse contra los daños físicos, como se indica en los siguientes apartados a) y b).

a) **Sin probabilidad de daños.-** Se deben instalar en lugares donde no sea probable que sufra daños.

b) **Con una cubierta protectora.-** Dentro de una cubierta protectora metálica, de madera o equivalente.

250-118 Superficies limpias.- Se deben eliminar las capas no conductoras (como pinturas, barnices y lacas) de las roscas y otras superficies de contacto de los equipos que se pongan a tierra, para asegurar la continuidad eléctrica, o también se pueden conectar por medio de herrajes hechos de tal modo que hagan innecesaria dicha eliminación.

250-119 Identificación de los terminales de los dispositivos de alambrado.- Los terminales de conexión de los conductores de puesta a tierra de los equipos se deben identificar: 1) mediante un tornillo terminal de cabeza hexagonal o similar, pintada de color verde, que no se pueda quitar fácilmente; 2) mediante una tuerca terminal hexagonal o similar, color verde que no se pueda quitar fácilmente o 3) mediante un conector a presión pintado de verde. Si el terminal de conductor de puesta a tierra no es visible, se debe rotular el orificio de entrada del conductor de puesta a tierra con la palabra "verde" ("green") o "tierra" ("ground"), con las letras "V" o "T" o con el símbolo de puesta a tierra (véase la figura 250-119) o con las letras "G" o "GR" o identificado por un color verde visible.



Art. 250-83. Electrodo fabricados y otros electrodo.- Cuando no se dispone de ninguno de los electrodo especificados en el Art. 250-81 (Ver Anexo A), se debe usar uno o más de los electrodo especificados en los apartados b) a d), para el caso que nos amerita se cita el apartado c)

c) Electrodo de barras y tuberías.- Los electrodo de barras y tuberías, no deben tener menos de 2.40 m de longitud y deben ser de los materiales que se especifican a continuación y estar instalados en el siguiente modo:

1) los electrodo consistentes en tuberías o conductos, no deben tener una sección transversal menor al tamaño comercial de 19 mm y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.

2) Los electrodo de barras de hierro o acero deben tener como mínimo un diámetro de 15.87 mm. Las barras de acero inoxidable, deben ser al menos de 15.87mm de diámetro, las de metales no ferrosos o sus equivalentes, deben estar certificadas y tener un diámetro no menor a 12.7mm.

3) El electrodo se debe instalar de modo que tenga un contacto con el suelo como mínimo 2.40m de su longitud. Se debe clavar a una profundidad no menor a 2.40m, excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo se debe clavar con un ángulo oblicuo que no forme más de 45 grados con la vertical o enterrarse horizontalmente en una zanja que tenga como mínimo 0.75m de profundidad. El extremo superior del electrodo debe quedar al nivel del suelo o por debajo, excepto si el extremo superior del electrodo que quede por encima del suelo y la conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra están protegidos contra daños físicos, como se especifica en el Art. 250-117 (Ver Anexo A)

220-3.

b) Cargas de alumbrado para ocupaciones listadas.- La carga mínima de alumbrado por metro cuadrado de superficie del suelo, no debe ser menor a la especificada en la Tabla 220-3.b) para las ocupaciones relacionadas. La superficie del suelo de cada planta se debe calcular a partir de las dimensiones exteriores de la edificación, unidad de vivienda u otras áreas involucradas. Para las unidades de vivienda, la superficie calculada del suelo no debe incluir los porches abiertos, los garajes ni los espacios no utilizados o sin terminar que no sean adaptables para su uso futuro.

TABLA 220-3.b).- Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación

Tipo de ocupación	Carga unitaria (VA/m ²)
Cuarteles y Auditorios	10
Bancos	38**
Barberías y salones de belleza	32
Iglesias	10
Clubes	22
Juzgados	22
Unidades de vivienda*	32
Garajes públicos (Propiamente dichos)	5
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina*	22
Edificios industriales y comerciales	22
Casa de huéspedes	16
Edificios de oficinas	38*
Restaurantes	22
Colegios	32
Tiendas	2,5
Depósitos	
En cualquiera de los lugares anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
- Lugares de reunión y auditorios	10
- Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	5
- Lugares de almacenaje	2,5

210-22. Cargas máximas.- La carga total no debe superar la corriente nominal del circuito ramal y no debe superar las cargas máximas especificadas en el Artículo 210-22 a) a c) bajo las condiciones especificadas allí.

a) Cargas accionadas por motores y combinadas.- Cuando un circuito suministra corriente solo a cargas accionadas por motores, se debe aplicar la Sección 430. Cuando un circuito suministra corriente solo a equipos de aire acondicionado, de refrigeración o ambos, se debe aplicar la Sección 440. En circuitos que alimenten cargas consistentes en equipos de utilización fijos con motores de más de 95 VA (1/8 HP) junto con otras cargas, la carga total calculada debe ser el 125 % de la carga de motor más grande, más la suma de todas las demás cargas.

b) Cargas Inductivas de Alumbrado.- Para los circuitos que alimenten equipos de alumbrado con balastos, transformadores o autotransformadores, la carga calculada se debe basar en la capacidad de corriente total de dichas unidades y no en la potencia total de las bombillas (en vatios).

c) Otras cargas.- La corriente nominal de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos ramales que alimentan cargas continuas, como la iluminación de las tiendas y otras cargas similares, no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del circuito ramal. Sin aplicación de ningún factor de ajuste, deberá tener una capacidad de corriente igual o superior al de carga no continua más el 125 % de la carga continua. Se acepta aplicar factores de demanda para cargas de estufas según la Tabla 220-19 incluyendo la nota 4.

Excepción: Los circuitos alimentados por un conjunto de conductores y conectores que, junto con sus dispositivos de protección contra sobrecorriente, estén certificados para funcionamiento continuo al 100 % de su corriente nominal.

430-24. Varios motores o un motor(es) y otra(s) carga(s).- Los conductores de suministro de varios motores o un motor(es) y otra(s) deben tener una capacidad de corriente como mínimo igual a la suma de las corrientes a plena carga de todos los motores, más el 25 % de la capacidad de corriente del mayor motor del grupo, más la capacidad de corriente de todas las demás cargas de acuerdo con lo establecido en la Sección 220 y otras disposiciones aplicables de este Código.

430-25. Equipos de varios motores o de cargas combinadas.- La capacidad de corriente de los conductores que dan suministro a equipos de varios motores o de cargas combinadas, no debe ser menor que la capacidad de corriente mínima del circuito rotulada en el equipo, según establece el Artículo 430-7.d). Cuando el equipo no venga alambrado de fábrica y, las placas de características de todos los motores y otras cargas queden visibles después del montaje de los equipos, como establece el Artículo 430-7.d).2), la capacidad de corriente de los conductores se debe establecer de acuerdo con el Artículo 430-24.

430-26. Factor de demanda del alimentador.- Cuando haya un calentamiento reducido de los conductores, resultado de la operación en servicio intermitente o por que no todos los motores funcionan al mismo tiempo, la autoridad competente podrá otorgar permiso para que los conductores del alimentador tengan una capacidad de corriente menor a la especificada en el Artículo 430-24, siempre que los conductores tengan una capacidad de corriente suficiente para la carga máxima calculada de acuerdo con los tamaños y número de los motores alimentados y de las características de sus cargas y ciclo de servicio.

430-7

d) Equipos con varios motores y cargas combinadas

- 1) Los equipos con varios motores y cargas combinadas deben llevar una placa visible con el nombre del fabricante, su voltaje nominal en V, frecuencia nominal, número de fases, capacidad de corriente mínima de los conductores del circuito de suministro y la máxima corriente nominal del dispositivo de protección del circuito contra cortocircuitos y falla a tierra. La capacidad de corriente de los conductores se debe calcular según el Artículo 430-24, contando todos los motores y las demás cargas que puedan operar al mismo tiempo. La capacidad nominal del dispositivo de protección contra cortocircuitos y falla a tierra no debe ser superior a la calculada de acuerdo con el Artículo 430-53. Los equipos con varios motores que se vayan a utilizar conectados a dos o más circuitos, deben llevar rotulada toda la información dada anteriormente para cada uno de los circuitos.
- 2) Cuando el equipo no venga alambrado de fábrica y las placas de características individuales de los motores y otras cargas queden visibles después del montaje de los equipos, se permite que las placas de cada motor y equipo sirvan como los rótulos exigidos.

Rotulado en controladores.- Un controlador debe llevar rotulado el nombre o identificación del fabricante, el voltaje, la corriente o potencia nominales y todos los demás datos necesarios que indiquen adecuadamente los motores para los que son adecuados. Un controlador que incluya un dispositivo de protección de los motores contra sobrecargas, adecuado para aplicaciones a varios motores, debe ir rotulado con la protección de los motores contra sobrecarga y la máxima protección contra cortocircuitos y falla a tierra del circuito ramal para dichas aplicaciones.

Los controladores combinados que utilicen interruptores automáticos ajustables de disparo instantáneo, deben ir claramente rotulados indicando los valores de ajuste de corriente para elemento de disparo ajustable.

Cuando un controlador vaya incorporado a un motor, formando parte integral del mismo o de un grupo motogenerador, no es necesario que el controlador vaya rotulado si los datos necesarios están en la placa de características del equipo. Para controladores que formen parte integral de equipos aprobados como una sola unidad, se permite que los rótulos anteriores aparezcan en la placa de características del equipo.