

# TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

## DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL TEATRO LA CAMPIÑA

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Corona D., Diego J.  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2013

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
DEL TEATRO LA CAMPIÑA**

Prof. Guía: Ing. Wilmer Malpica  
Tutor Industrial: Ing. Euclides Gelder

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Corona D., Diego J.  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 20

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

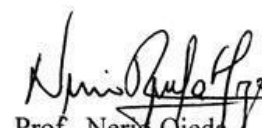
Caracas, 11 de noviembre de 2013

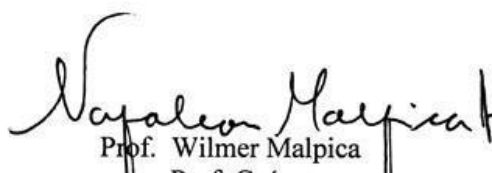
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Diego J. Corona D., titulado:

### “DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL TEATRO LA CAMPIÑA”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención Potencia, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

  
Prof. Rafael Malpica  
Jurado

  
Prof. Nerio Ojeda  
Jurado

  
Prof. Wilmer Malpica  
Prof. Guía

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres, abuelos, tíos, y más cercanos amigos, quienes siempre han creído en mí, brindándome su apoyo incondicional.

## **RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS**

La realización de este trabajo fue posible gracias a la colaboración en diferentes ámbitos de distintas personas e instituciones.

Primeramente agradezco la instrucción, guía y buenas recomendaciones del Prof. Ing. Wilmer Malpica quién como tutor académico siempre se mostró abierto a ayudar, especialmente en el tema de los sistemas de puesta a tierra, entre otros tópicos.

Al Ing. Euclides Gelder por brindarme apoyo e interés relacionado con el plan de trabajo, y el avance coordinado de dicho plan..

Agradezco a la Empresa Emonca Ingeniería, quién me permitió desarrollar este proyecto plena e individualmente pero siempre contando con la especial ayuda del Ing. José G. Corona y el dibujante proyectista Eduardo Gerdel, gracias a quienes logré captar e implementar metodologías de diseño.

Adicionalmente, muestro mi sincera apreciación por el Ingeniero Juan Santamaría, quién gracias a su amplia experiencia, me ayudó abiertamente en todo lo relacionado a medición de resistividad de suelos y cálculo de sistemas de puesta a tierra.

Finalmente, mi agradecimiento a la Inversora Melkim, y especialmente a la Arquitecto Loretta Llanos en conjunto con el Sr. Jaeho Kim de Pardes Av. Inc, por su consideración, y transmisión de importantes conocimientos en el ámbito teatral.

**Diego J. Corona D**

**DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
DEL TEATRO LA CAMPIÑA**

**Prof. Guía: Ing. Wilmer Malpica. Tutor Industrial: Ing. Euclides Gelder. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Mención Potencia. Emonca Ingeniería, C.A., 2013. 104 páginas.**

**Palabras claves:** Instalaciones Eléctricas, Canalizaciones Eléctricas.

**Resumen.** Con miras a un futuro próximo, se lleva a cabo una considerable remodelación del antiguo Teatro La Campiña, ubicado en el Municipio Chacao. Se requiere diseñar un nuevo sistema eléctrico, tratando de mantener y aprovechar la mayor cantidad de elementos posibles. Se realiza la planificación de la iluminación de áreas comunes, diseño de todos los tableros de distribución con sus respectivas protecciones, diagrama unifilar, y el estudio del suelo para el diseño de un nuevo electrodo de puesta a tierra. Se incorpora adicionalmente, una descripción de los elementos que conforman y permiten la realización de eventos y espectáculos en el teatro, así como algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta para estructurar todo el sistema eléctrico y garantizar el correcto funcionamiento de los elementos de control, iluminación y maquinaria teatral.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág
CONSTANCIA DE APROBACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS .....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS / GRÁFICAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
SIGLAS .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.3 METODOLOGÍA .....	4
1.4 INSPECCIÓN Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN .....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
2.1 PLANIFICACIÓN DE LA ILUMINACIÓN .....	16
2.2 DEFINICIONES .....	16
2.3 CÁLCULO MEDIANTE EL MÉTODO DEL LUMEN .....	18
2.4 CÁLCULO MEDIANTE USO DE SOFTWARE DIALUX .....	23
2.5 COMPARACIÓN FINAL ENTRE LOS DOS MÉTODOS.....	28

### **CAPÍTULO III**

3. TIPOS DE CARGA .....	29
3.1 ILUMINACIÓN GENERAL .....	29
3.2 ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA .....	30
3.3 TOMACORRIENTES .....	30
3.4 AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN .....	31
3.5 CARGAS MECÁNICAS .....	32
3.6 ELEMENTOS DE SALA DE TEATRO .....	34

### **CAPÍTULO IV**

4.1 DISEÑO DE PANEL ELÉCTRICO Y TABLA DE CARGA .....	43
4.2 TOTALIZACION DE LA CARGA .....	47
4.3 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE CONDUCTORES .....	48
4.4 CÁLCULO DE PROTECCIONES .....	55
4.5 TIPOS DE PANELES ELÉCTRICOS .....	66
4.6 TUBERÍAS .....	69
4.7 DIAGRAMA UNIFILAR .....	72

### **CAPÍTULO V**

5.1 SELECTIVIDAD .....	74
5.2 PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES .....	77
5.3 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA MOTORES .....	86
5.4 INTERRUPTORES DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA .....	86

### **CAPÍTULO VI**

6.1 DISEÑO DE UN ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA .....	88
---	----



<b>CONCLUSIONES</b> .....	101
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	103
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	104
<b>BIBLIOGRAFÍAS</b> .....	105
<b>ANEXOS</b> .....	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
<b>Figura 2.3.6</b> Detalle físico y curva fotométrica de la luminaria escogida .....	21
<b>Figura 2.4a</b> Documento CAD, con establecimiento del local en <i>DIALux</i> .....	24
<b>Figura 2.4b</b> Establecimiento del régimen de mantenimiento .....	25
<b>Figura 2.4c</b> Establecimiento de factores de reflexión de techo, paredes y suelo .....	25
<b>Figura 2.4d</b> Establecimiento del plano de trabajo .....	25
<b>Figura 2.4e</b> Arreglo de luminarias en filas y columnas .....	26
<b>Figura 2.4f</b> Visualización en 3D de iluminación en estudio de grabación .....	27
<b>Figura 3.5.2</b> Sala de máquinas y placa del motor del montacargas .....	33
<b>Figura 3.6.2.2a</b> Esquema básico de conexión Consola-Dimmer-Luminarias.....	36
<b>Figura 3.6.2.2b</b> Barras / listones (izq.) y módulos de dimmer (der.) identificados con circuitos para “patcheo” .....	37
<b>Figura 3.6.2.2c</b> Esquema de conexiones a barras mediante Panel de Conexiones .....	38
<b>Figura 3.6.2.2d</b> Esquema de conexiones para iluminación en escenario.....	38
<b>Figura 3.6.2.2e</b> Algunas luminarias comúnmente usadas en iluminación teatral.....	39
<b>Figura 3.6.4</b> Esquema de grúas motorizadas para elevación de barras de iluminación .....	41

<b>Figura 4.4.2</b> Niveles de cortocircuito desde Pringle hasta el tablero (T-EST) .....	65
<b>Figura 5.1.1</b> Selectividad Total .....	75
<b>Figura 5.1.2a</b> Selectividad Parcial .....	75
<b>Figura 5.1.2b</b> Ejemplo de adecuada coordinación de protecciones mediante la superposición de las curvas de los interruptores asociados .....	76
<b>Figura 5.2a</b> Curva de tiempo-corriente del interruptor <i>GE THQC</i> 3x60A .....	78
<b>Figura 5.2b</b> Curva de tiempo-corriente del interruptor <i>GE TEB</i> 3x70A .....	79
<b>Figura 5.2c</b> Curva de tiempo-corriente del interruptor <i>GE TJK</i> 3x350A .....	81
<b>Figura 5.2d</b> Curva de tiempo-corriente del interruptor SK1200A .....	83
<b>Figura 5.2f</b> Curva de tiempo-corriente del interruptor principal Masterpact 83 NW32 H2 con módulo de control Micrologic 2.0 .....	85
<b>Figura 6.1.1.1</b> Perforación de suelo para inserción de electrodos de medición .....	90
<b>Figura 6.1.2</b> Medición de resistencia en sótano del teatro, con equipo AEMC, modelo 4610.....	91
<b>Figura 6.1.3a</b> Adaptador transformador para acople de conductores a barra .....	92
<b>Figura 6.1.3b</b> Conector para acople de conductor de barra .....	92
<b>Figura 6.1.3c</b> Curvas de coeficiente k1 .....	94
<b>Figura 6.1.3d</b> Curvas de coeficiente k2 .....	95
<b>Figura 6.1.3e</b> Presencia de materiales y/o elementos ajenos al suelo .....	97
<b>Figura 6.1.4</b> Imágenes de lecturas obtenidas en medición de resistencias .....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
<b>Tabla 2.3.7</b> Tabla de factores de utilización de la luminaria escogida.....	21
<b>Tabla 2.4</b> Tabla resumen emitida por el programa <i>Dialux</i> .....	27
<b>Tabla 4.3.2a</b> – Tabla de caídas de tensión para el tramo de alimentación desde el transformador hasta el tablero (T-EST) .....	51
<b>Tabla 4.3.2b</b> – Tabla de caídas de tensión para el tramo de alimentación desde el transformador hasta el tablero (T-AACAM).....	52
<b>Tabla 4.3.4</b> Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos y canalizaciones .....	54
<b>Tabla 4.3.5</b> Porcentaje de corriente nominal según distintos regímenes para la selección de conductores alimentadores de cargas de motores.....	55
<b>Tabla 4.4.2a</b> $R(\Omega/\text{km})$ y $X(\Omega/\text{km})$ de conductores alimentadores de T-EST .....	61
<b>Tabla 4.4.2b</b> $R(\Omega)$ y $X(\Omega)$ para cada tramo de conductor .....	62
<b>Tabla 4.4.2c</b> $R(\text{p.u.})$ y $X(\text{p.u.})$ para cada tramo de conductor.....	63
<b>Tabla 4.4.3</b> – Régimen máximo o ajuste de los dispositivos de protección de cortocircuito y falla a tierra de los circuitos ramales de motores.....	66
<b>Tabla 6.1.3c</b> – Conductor del Electrodo de Puesta a Tierra para Sistema de Corriente Alterna .....	93
<b>Tabla 6.1.4a</b> Lecturas obtenidas en medición de resistencias.....	98

<b>Tabla 6.1.4b</b> Resistividades ( $\Omega\cdot m$ ) obtenidas a partir de valores de resistencia.....	98
<b>Tabla 6.1.4c</b> Resistividades promedio entre profundidades ( $\Omega\cdot m$ ).....	98
<b>Tabla 6.1.4d</b> Resistividades promedio entre ambas direcciones ( $\Omega\cdot m$ ) .....	99

## SIGLAS

- American Wire Gauge (AWG)
- Computer Aided Drafting (CAD)
- Centro de Control de Motores (CCM)
- Código Eléctrico Nacional (CEN)
- Digital Multiplex (DMX)
- Electrical Metallic Tubing (EMT)
- Flexible Metallic Tubing (FMT)
- General Electric (GE)
- General Telephone & Electronics Corporation (GTE)
- Horse Power (HP)
- Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
- Insulated-gate Bipolar Transistor (IGBT)
- Kilo Volt Amperes (kVA)
- Light Emitting Diode (LED)
- Mil circular mils (kcmil)
- Master Ground Bar (MGB)
- Silicon Controlled Rectifiers (SCR)
- Solid Bare Tinned Copper (SBTC)
- Thermoplastic High Heat-resistant Nylon Coated (THHN)
- Uninterrupted Power Subsystem (UPS)
- Unidad de Manejo de Aire (UMA)
- Unshielded Twisted Pair (UTP)
- Cannon X Latch Rubber (XLR)

## INTRODUCCIÓN

A partir del mes de Enero del año 2010, se produce el cierre definitivo de la televisora nacional, Radio Caracas Televisión, quedando en desuso las instalaciones de la misma. Entre estas, la sede del Teatro La Campiña, ubicado en la urbanización La Campiña, Municipio Chacao.

Meses después, el espacio es adquirido y ocupado por la *Fundación Génesis*, la cual tiene como principal objetivo, promover y difundir actividades de carácter cultural.

La Fundación Génesis ha considerado y decidido reactivar el antiguo teatro, llevando a cabo modificaciones tanto en el aspecto arquitectónico, como en el tecnológico. Se ha pensando en el futuro teatro, como un teatro moderno y acorde con las necesidades y especificaciones técnicas actuales. Por tanto, hablando del ámbito tecnológico y específicamente del área de la ingeniería eléctrica, se hace evidente la necesidad de un levantamiento y asentamiento de información referente a la situación actual del sistema eléctrico existente en el recinto; dicha información, así como algunos datos históricos, se expresan en el Capítulo I.

Posteriormente, se hace referencia en el Capítulo II, a las definiciones básicas de luminotecnica, así como al cálculo estimado del número de luminarias, tipos y ubicación, utilizando el software *Dialux*, como herramienta de cálculo.

En el Capítulo III, se clasifican y describen cada una de las cargas que tendrá el teatro, sin pasar por alto, algunas características importantes a considerar en cuanto al diseño y planificación de los elementos de audio e iluminación de la sala principal.

En el siguiente capítulo se aborda todo lo relacionado a la ubicación y diseño de todos los tableros eléctricos, clasificación según el tipo de servicio (general o preferencial), así como el planteamiento de un diagrama unifilar.

En el Capítulo V se describen características de las protecciones asociadas a cada circuito, siendo la principal, el nivel de corto circuito (Icc) que podría producirse para el caso de un cortocircuito trifásico. Adicionalmente, se explica el procedimiento para la coordinación de protecciones, haciendo uso de las curvas de corriente versus tiempo para cada una de las protecciones establecidas.

En el Capítulo VI, se presentan los cálculos y consideraciones tomadas para el diseño de un sistema de puesta a tierra, en el sótano del recinto. Se explica el método utilizado para realizar la medición de resistividad del suelo y posteriormente, con el valor obtenido, realizar los cálculos pertinentes, para determinar el tipo de sistema a utilizar, las resistencias asociadas y finalmente obtener un valor de resistencia de todo el conjunto electrodo-tierra, lo suficientemente bajo para cumplir con los requerimientos.

Finalmente, por ser éste, un trabajo referente a un espacio dedicado al entretenimiento, se exponen en el Capítulo VII, los principales elementos que forman parte de toda la maquinaria y equipamiento teatral. En este, se describirán sus tableros principales, tipos de luminarias y grúas, equipos de control, así como consideraciones importantes para garantizar un funcionamiento óptimo de todos los equipos.



# CAPÍTULO I

## 1.1 Planteamiento del Problema

Posterior a la desincorporación del antiguo “Teatro París”, después llamado “Teatro La Campiña”, por parte de la televisora Radio Caracas Televisión. La *Fundación Génesis*, se convierte en la nueva propietaria de este espacio.

En un inicio se planteó la demolición completa del mismo, y levantar un nuevo teatro, sobre el mismo terreno. Sin embargo, tras la decisión de mantener las actuales instalaciones, se opta por remodelarlas, manteniendo la esencia del antiguo teatro, y se presenta la evidente necesidad de una inspección del existente sistema eléctrico, para evaluar sus condiciones y sobre el mismo, adaptar un nuevo diseño, para su posterior implementación.

En este trabajo, se presentan soluciones que permitirán aprovechar la mayor cantidad posible de elementos existentes, y así economizar costos en la incorporación de elementos que formarán parte del nuevo sistema eléctrico en el futuro *Centro Cultural Fundación Génesis*.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivos Generales

Realizar el diseño de instalaciones eléctricas en el Teatro La Campiña.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- a) Describir toda la información concerniente a las actuales instalaciones eléctricas en el teatro (canalizaciones, conductores, tableros, protecciones, etc).
- b) Estimar la demanda que existirá en todo el recinto (sótano, planta baja, mezzaninas, planta alta)
- c) Realizar una propuesta de diseño de instalaciones eléctricas, en el cual se involucra el cálculo de la carga que manejará el sistema, así como tuberías, conductores, interruptores y tableros, protecciones, tablas de carga, sistema de puesta a tierra, planos de planta, diagrama unifilar y memoria descriptiva.
- d) Realizar los cálculos de iluminación correspondiente a áreas de pasillos, taquilla, baños, camerinos, cafetería, estacionamiento, etc.

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1.3 Metodología**

Para lograr los objetivos propuestos, se realizaron los siguientes procesos:

- a) Para realizar el levantamiento de información acerca de la situación actual, se elaboró un diagrama unifilar de las instalaciones eléctricas, desde el punto de transformación hasta aguas abajo. Dicho diagrama describe la conexión entre tableros, así como las cargas principales.
- b) Tomando los planos de nueva arquitectura, se procedió a posicionar y estimar la cantidad de luminarias para cada espacio, tomando como base de estudio, el nivel de iluminación (lux) establecido para cada espacio según su uso.

- c) En el plano se establecieron los puntos de carga, iluminación, tomacorrientes, hidroneumáticos, aire acondicionado, tableros, entre otros.
- d) Se preparó una tabla de carga por cada tablero, donde se describen cada una de las cargas asociadas a cada circuito, sus protecciones contra sobrecarga y cortocircuito, conductores, demanda total, corriente, amperaje máximo de las barras principales, nivel de cortocircuito, etc.
- e) Se construyó un nuevo diagrama unifilar respectivo al nuevo diseño.
- f) Se realizó la coordinación de protecciones en cada uno de los tableros mediante la comparación de curvas corriente vs tiempo.
- g) Se realizó estudio de resistividad del suelo que posteriormente permitió realizar el diseño y cálculo de un nuevo electrodo de puesta a tierra.
- h) Finalmente se redactó la memoria descriptiva, que permitirá guiar y facilitar la instalación de todos los elementos.

#### **1.4 Inspección y levantamiento de información**

Previo a la proyección, diseño y cálculos referentes a las instalaciones eléctricas en el antiguo teatro es importante conocer el estado del mismo. Un debido recorrido e inspección del mismo, permite comparar las estructuras actuales con los planos de nueva arquitectura y tomar en cuenta la presente distribución de tableros eléctricos y cableado para el nuevo diseño.

El teatro consta de cuatro plantas principales y una planta techo. En todo el recinto se pudieron encontrar diferentes tipos de instalaciones, tales como, sistema de aire acondicionado, iluminación y fuerza. El teatro ha estado bajo un lento proceso de desmantelamiento desde el retiro de la televisora, se infiere que muchos aparatos y equipos fueron desconectados y retirados, quedando unicamente en uso una pequeña oficina para el desarrollo del proyecto. Entre los elementos que han sido puestos fuera de servicio, se toman en cuenta algunos pequeños tableros que alimentaban zonas

muy específicas del antiguo teatro, así como unidades de aire acondicionado, sistema de iluminación y sonido profesional.

El levantamiento fue realizado en tres distintas fases:

- Identificación de tableros y sus respectivos circuitos. Para llevar a cabo esta tarea, fue necesario renombrar todos los tableros con nombres “lógicos” de manera de poder hacer seguimiento a los tableros ubicados aguas abajo de los tableros principales. El método principalmente usado para identificar los circuitos fue mediante el uso de un rastreador de circuitos, el cual permite hacer la identificación sin necesidad de interrumpir el servicio. También se identificaron circuitos mediante los métodos convencionales; uno consiste en hacer un rastreo visual del cableado desde el tablero fuente hasta el tablero destino, haciéndose necesario en muchos casos destapar cajas de paso.
- Identificación de los calibres de cables y sus respectivas canalizaciones para cada circuito independiente, así como la capacidad nominal de los interruptores involucrados.
- Construcción del diagrama unifilar con los datos obtenidos, mediante el uso del software de dibujo *AutoCAD* 2012.

A continuación se muestra la información recopilada para cada tablero existente en el teatro. Dicha información contiene datos como calibre y longitud aproximada del alimentador, cantidad de circuitos, interruptores presentes, diámetro de la tubería, entre otros. La tensión que se maneja en todo el teatro es 208V / 120V.

### 1.4.1 Levantamiento de Tableros

- **Pringle o Interruptor Principal:** Consta de una celda con metro y medio de profundidad aproximadamente. En la misma se ubica el interruptor principal Masterpact NW32 H2 con módulo de control Micrologic 2.0. Posee (7) conductores #500 kcmil p/f canalizados en tubería tipo CONDUIT de 4". A un lado se ubica el compartimiento de medidores.
- **Tablero Principal A:** Tablero trifásico tipo celda, ubicado en las escaleras principales, nivel sótano. 36 circuitos, alimentación con (3) cables #500 kcmil p/f mediante tubería tipo CONDUIT de 4", con una longitud aproximada de 15 m desde Pringle. Interruptor principal Cutler Hammer *ND50k* de 1200 A. Se ubican 8 interruptores tripolares *Fi*: 225 A, 175 A, 150 A (x3), 100 A, 70 A, 60 A.
- **Tablero A1:** Interruptor tripolar de 70A *Westinghouse*, contenido en caja superficial, ubicada en el cuarto de bombas contra incendio, nivel sótano. Alimentación con cable #4 AWG p/f en tubería tipo CONDUIT de 2" con una longitud de 35 m aproximadamente desde tablero principal A.
- **Tablero A3:** Tablero trifásico embutido en pared. Ubicado en oficinas, planta baja. 36 circuitos. Alimentado con cable #2 AWG p/f mediante una tubería tipo CONDUIT de 2" con 12 m de longitud. Interruptor principal de 100 A *Westinghouse*. Posee 20 interruptores monopolares de 20 A *General Electric* y un (1) interruptor bipolar de 30 A *General Electric*.
- **Tablero A4:** Tablero trifásico embutido en pared. Ubicado en el vestíbulo, planta baja. 12 circuitos. Alimentación directa a barra con cable #4 AWG p/f en tubería tipo EMT de 1½" con 17m de longitud aproximadamente. Se

ubican 2 interruptores bipolares de 40 A *General Electric* y un (1) interruptor bipolar de 30 A *General Electric*.

- **Tablero A5:** Tablero trifásico embutido en pared, ubicado al lado de escaleras, ala oeste, nivel sótano. 36 circuitos. Alimentado con cable 4/0 AWG p/f mediante tubería tipo EMT de 3" con una longitud de 34m. Interruptor principal *Fi* 225 A. Posee dos interruptores tripolares: *General Electric EHB* de 60 A y *Cutler Hammer Fi* de 50 A.
- **Tablero A5-A:** Tablero trifásico embutido en la pared. Ubicado al lado de los sanitarios, ala oeste, planta baja. 18 circuitos. Alimentado directamente a la barra con cable #6 AWG p/f, mediante tubería tipo CONDUIT de 1½" con una longitud de 17m. Posee 12 interruptores monopolares de 20 A *BTicino* y uno (1) *Westinghouse*, un (1) interruptor bipolar *Westinghouse* de 50 A y un (1) interruptor tripolar *Westinghouse* de 40 A.
- **Tablero A7:** Tablero trifásico superficial, ubicado al lado del montacarga, en el nivel sótano, comprendido de 12 circuitos. Alimentado con cable 4/0 AWG p/f canalizados en tubería tipo EMT de 2" con una longitud aproximada de 46m. Interruptor principal *ED 65K* de 175 A. Posee dos interruptores tripolares: *ED65K 125A* y *Fi 100 A*.
- **Tablero A7-X1:** Tablero trifásico superficial, situado en la planta techo. 18 circuitos. Con alimentación directa a barra con cable 1/0 AWG p/f en 20m de tubería tipo CONDUIT de 2". Posee 3 interruptores tripolares *Fi* de 30 A, 50 A y 60 A.

- **Tablero A7-X2:** Tablero trifásico superficial, situado en la planta techo. Alimentado con cable #8 AWG p/f mediante tubería de 2" con una longitud de 17m y 3m de tubería tipo CONDUIT de 1". Interruptor principal de 30 A.
- **Tablero A8:** Tablero trifásico superficial, situado al lado del foso de la orquesta, en el nivel sótano, comprendido de 12 circuitos. Alimentado con cable 3/0 AWG p/f en tubería tipo EMT de 3", con una longitud aproximada de 53 metros. Interruptor principal *Fi* 175 A. Se ubican dos interruptores tripolares modelo *Fi* de 100 A y 70 A
- **Tablero A8-A:** Tablero trifásico embutido en pared, ubicado en el pasillo de camerinos, nivel mezzanina. Cuenta con 30 circuitos. Se encuentra alimentado con cable 1/0 AWG p/f mediante tubería tipo CONDUIT de 2" con una longitud aproximada de 10 m. Interruptor principal *Fi* 100 A. Posee dos interruptores tripolares *GE* de 60 A, un (1) interruptor bipolar *GE* de 40 A, 10 interruptores monopolares *GE* de 20 A, 4 interruptores monopolares *GE* de 40 A y 2 interruptores monopolares *GE* de 50 A.
- **Tablero A8-B:** Tablero trifásico embutido en pared, ubicado en ala sur, nivel sótano. Cuenta con 36 circuitos. Posee su alimentación directamente en la barra, mediante cable #4 AWG p/f, en tubería tipo EMT de 1½" con una longitud de 10m. Posee 23 interruptores monopolares de 20 A (20 *Westinghouse* y 3 *General Electric*), 2 interruptores monopolares *Westinghouse* de 50 A, un (1) interruptor bipolar *Westinghouse* de 30 A y un (1) interruptor tripolar *BTicino* de 50 A.
- **Tablero Principal B:** Definido como interruptor tripolar *Westinghouse* de 2000 A en celda, ubicado en las escaleras principales, nivel sótano, su alimentación consta de 5 ternas de cable #500 kcmil, en 15 m de tubería tipo

CONDUIT de 4". Este interruptor alimenta una barra a partir de la cual son alimentados los tableros, principal B1 y principal B2.

- **Tablero Principal B1:** Tablero trifásico tipo celda, ubicado en el cuarto de electricidad, nivel sótano. Cuenta con 6 circuitos. Su alimentación consta 3 ternas de conductores #500 kcmil, canalizadas mediante escalerilla. Interruptor principal *Westinghouse* de 1200 A. Posee dos interruptores tripolares *Westinghouse* de 600 A.
- **Tablero B1-P:** Representado por un interruptor tripolar *General Electric* de 600 A, situado en caja superficial, ubicado en cuarto de electricidad de escenario, con acceso por escaleras de caracol. Alimentado con (2) cables #350 kcmil p/f mediante tubería tipo CONDUIT de 4", con una longitud de aproximada de 36m. Este tablero alimenta al tablero "B1-Padj" situado a un lado y al tablero B1-P-2, ubicado en escenario.
- **Tablero B1-Padj:** Tablero trifásico superficial ubicado en cuarto de electricidad en escenario. Cuenta con 30 circuitos. Alimentado directamente en barra, con (2) conductores #350 kcmil p/f en 1m de tubería tipo CONDUIT de 3". Posee (2) interruptores tripolares de 100 A (*Fi* y *Westinghouse*) y un interruptor bipolar *Fi* de 60 A.
- **Tablero B1-P-1:** Tablero trifásico superficial ubicado en cuarto de electricidad con acceso por escaleras de caracol en escenario. Comprendido de 18 circuitos. Alimentado directamente en barra con conductor 1/0 AWG p/f en tubería tipo EMT de 2" con una longitud de 2m. Posee 2 interruptores tripolares *General Electric* (50 A y 70 A), 1 interruptor bipolar *General Electric* de 30 A y 3 interruptores monopolares *General Electric* de 20 A.



- **Tablero B1-P-2:** Tablero trifásico superficial ubicado en el escenario. Comprende de 18 circuitos. Alimentado con cable #350 kcmil p/f canalizado en tubería tipo EMT de 3" con 4m de longitud aprox. Tiene un interruptor principal *General Electric* de 225 A. Posee 2 interruptores tripolares *Fi* de 100 A y uno (1) bipolar *Fi* de 50 A.
- **Tablero B1-P-2A:** Tablero trifásico superficial ubicado en escenario. 42 circuitos. Alimentado con conductor 2/0 AWG p/f en tubería tipo EMT con diámetro de 2" y una longitud de 2m. Cuenta con un interruptor principal *Fi* 100 A. Posee los siguientes interruptores de circuitos ramales:  
*General Electric:* 15 monopoles de 20 A – 1 monopolar de 30 A – 1 monopolar de 50 A – 1 monopolar de 60 A – 2 bipolares de 50 A – 3 tripolares de 60 A – 1 tripolar de 100 A.  
*Westinghouse:* 5 interruptores monopoles de 20 A.  
*BTicino:* 2 interruptores monopoles de 20 A.
- **Tablero B1-P-2A-5:** Tablero trifásico superficial ubicado en el área de carga, en nivel escenario. 12 circuitos. Alimentación con cable #4 AWG p/f en tubería tipo EMT de 1½" con una longitud de 2m aproximadamente. Contiene un (1) interruptor tripolar *BTicino* de 50 A, un (1) interruptor bipolar *GE* de 40 A, 3 interruptores monopoles de 20 A (2 *BTicino* y 1 *GE*), 3 interruptores monopoles *GE* de 50 A.
- **Tablero Principal B2:** Tablero tipo celda, ubicado en el cuarto de electricidad principal, nivel sótano. Cuenta con 24 circuitos. Alimentado con 3 ternas de conductor #500 kcmil, canalizado por escalerilla. Interruptor principal *Westinghouse* de 1200 A. Este tablero se encuentra sobrecargado en cuanto al número de circuitos disponibles e interruptores conectados. Posee los siguientes interruptores tripolares: *KD35k* 400 A, *Westinghouse* 300 A,

*Westinghouse* 250 A, 200 A (2 *Cutler Hammer CA225*, 1 *GE*, 1 *Westinghouse*), *Cutler Hammer CA225* 150 A, 3 *Westinghouse* de 100 A, *GE* 60 A, *Mitsubishi* 70 A.

- **Tablero B2-A:** Tablero trifásico embutido en pared, ubicado en el antiguo estudio (CCTV) en nivel sótano. 24 circuitos. Se encuentra alimentado con cable #4 AWG p/f en tubería tipo CONDUIT de 1½” con una longitud aproximada de 17m. Interruptor principal *GE* de 60 A. Cuenta con 13 interruptores monopolares *GE* de 20 A.
- **Tablero B2-C:** Tablero trifásico superficial, ubicado en la planta alta. 36 circuitos. Alimentado con cable #500 kcmil p/f mediante tubería tipo CONDUIT de 4” con una longitud de 57m aproximadamente. Interruptor principal *Fi* de 400 A. Posee 12 interruptores tripolares *Fi*. 9 de 100 A, 2 de 60 A, 1 de 150 A.
- **Tablero B2-E:** Tablero bifásico embutido en pared, ubicado en el antiguo estudio (CCTV), nivel sótano. Cuenta con 24 circuitos. Alimentado directamente en barra, con cable #2 AWG p/f mediante tubería tipo CONDUIT de 2” con una longitud de 9m aproximadamente. Posee un (1) interruptor bipolar *Mitsubishi* de 30 A, 13 interruptores monopolares de 20 A (7 *GE*, 5 *BTicino*, 1 otro), 3 interruptores monopolares de 30 A (2 *BTicino* y 1 *Mitsubishi*) y 2 interruptores monopolares *Westinghouse* de 50 A.
- **Tablero B2-F1:** Interruptor tripolar *GE* de 100 A, contenido en caja superficial. Alimentado con cable 1/0 AWG p/f en 3m de tubería CONDUIT de 3”, más 1m de tubería tipo CONDUIT de 2”.

- **Tablero B2-F2:** Tablero bifásico superficial ubicado en la planta alta. Cuenta con 12 circuitos, alimentado directamente en barra con cable #4 AWG p/f, mediante 3m de tubería tipo CONDUIT de 3” y 23m de tubería de 2”. Se ubican 4 interruptores monopolares *Westinghouse* de 30 A y un (1) interruptor bipolar *Westinghouse* de 40 A
- **Tablero B2-H:** Tablero bipolar superficial, ubicado en cámara debajo de la sala de control, planta baja. 12 circuitos. Alimentado con cable 1/0 AWG p/f mediante tubería tipo CONDUIT de 3” con 25m de longitud aproximada. Interruptor principal *Westinghouse FD25k* de 70 A. Posee 11 interruptores monopolares *Westinghouse* de 20 A y uno (1) *GE* de 50 A.
- **Tablero B2-I-1:** Interruptor tripolar *Westinghouse* de 100 A, contenido en caja superficial, ubicada en la platabanda de A/A, ala este. La mayor parte del tramo (26m), posee cable 4/0 AWG p/f, adicionalmente en puntos de empate, se localizan aproximadamente 3 m de cable 350 kcmil p/f y 7m de cable #4 AWG p/f. La tubería utilizada hasta la caja de paso identificada como B2-I resulta de tipo EMT con diámetro de 3”.
- **Tablero B2-I-2:** Interruptor tripolar *Westinghouse* de 100 A, contenido en caja superficial, ubicada en la platabanda de A/A, ala este. Alimentado la mayor parte del tramo (26m) con cable 4/0 AWG p/f, adicionalmente se localizan aproximadamente 3m de cable 350 kcmil p/f y 3m de cable #2 AWG p/f sin canalización aparente.
- **Tablero B2-I-3:** Interruptor tripolar *Fi* de 100 A, contenido en caja superficial, ubicada en la platabanda de A/A, ala este. Alimentado la mayor parte del tramo (28m) con cable 4/0 AWG p/f, adicionalmente se localizan aproximadamente 3m de cable 350 kcmil p/f sin canalización aparente.

- **Tablero B2-M:** Tablero trifásico superficial ubicado en cuarto de electricidad, nivel sótano. 12 circuitos. Alimentado directamente en barra con cable 2/0 AWG p/f en tubería tipo CONDUIT de 2½” con una longitud de 2m. Cuenta con 4 interruptores tripolares *Westinghouse* de 30 A, 60 A (2), 125 A.
- **Tablero de Servicios Preferenciales:** Tablero trifásico embutido y compartido con el interruptor de transferencia automática. Ubicado en las escaleras principales de acceso a sótano, nivel sótano. 24 circuitos, alimentación con cable #500 kcmil p/f mediante tubería tipo CONDUIT de 4” con una longitud de 11m aproximadamente. Interruptor principal *DK65k* de 400 A. Posee 2 interruptores tripolares: *ED65k* 125 A y *Fi* 100 A.
- **Tablero UPS:** Tablero trifásico superficial ubicado en el cuarto principal de electricidad, nivel sótano. 24 circuitos. Alimentado directamente en barra mediante cable 3/0 AWG p/f y canalizado en tubería tipo CONDUIT de 2” con una longitud aproximada de 6m. Posee 3 interruptores tripolares *Fi* de 100 A, 60 A y 20 A.
- **Tablero UPS-A:** Tablero trifásico embutido, ubicado en la sala de control, planta alta. 24 circuitos. Alimentado con cable 1/0 AWG p/f en 14m de tubería tipo CONDUIT de 3” y posteriormente en 13m de tubería CONDUIT de 2”. Interruptor principal *Westinghouse* de 150 A. Posee 24 interruptores monopolares: 21 *Westinghouse* de 20 A, 2 *Westinghouse* 30 A, 1 *Bticino* de 40 A.

- **Tablero UPS-C:** Tablero trifásico embutido en pared, ubicado en el antiguo estudio (CCTV). 18 circuitos. Alimentado directamente en barra, con cable #4 AWG p/f mediante tubería tipo CONDUIT de 2" con longitud de 17m. Cuenta con 6 interruptores monopolares *GE* de 20 A.

## CAPÍTULO II

### 2.1 Planificación de la Iluminación

El primer paso que se ha considerado para la elaboración del diseño del sistema eléctrico perteneciente a la actual edificación, es realizar los cálculos referentes a iluminación. En este capítulo se presentan todos los pasos, variables y datos que permitieron calcular y obtener un estimado de distribución, tipo y cantidad de luminarias para cada espacio definido en la nueva arquitectura del teatro. Dichos resultados arrojaron a su vez, valores estimados de potencia que fueron vinculados a circuitos pertenecientes a un tablero eléctrico.

Los cálculos presentes en este capítulo, excluyen los relacionados a la iluminación escénica o teatral. Su planificación quedará a cargo de profesionales en el área. Sin embargo, para el diseño de iluminación base o de ambiente, dentro de la sala, pueden ser aplicados estos métodos. Este tipo de iluminación (*House Lighting*), es utilizada principalmente en el preludio y conclusión de un evento u obra teatral, así como en labores de mantenimiento.

### 2.2 Definiciones

Antes de entrar en detalle, es importante conocer algunos conceptos básicos y variables que facilitarán la comprensión del tema. [1] - [2]

**Flujo luminoso:** Es la energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa. Se representa con la letra griega ( $\Phi$ ) y su unidad es el lumen.

**Iluminancia o Iluminación:** Es la relación entre el flujo luminoso y la extensión en metros cuadrados ( $m^2$ ) de una superficie irradiada por dicho flujo luminoso. Se expresa mediante la letra (E), y tiene como unidad el (lux).

**Iluminancia media ( $E_m$ ):** es un valor establecido de acuerdo a la actividad a desarrollar. Representa un nivel de iluminación recomendado en función del tipo de uso que se le dé al área en cuestión.

**Factor de uniformidad:** Mide la homogeneidad o uniformidad de la iluminación presente en un espacio. Es determinado por la relación entre la iluminancia mínima y la iluminación media ( $E_{mín} / E_m$ ). Dicha iluminancia mínima es arrojada por el programa de cálculo.

**Factor de reflexión:** representado por la letra griega ( $\rho$ ) y se define como la relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente sobre cierta superficie.

**Índice del local:** Es un valor que se obtiene a partir de las dimensiones de largo (L), ancho (A) y alto (h) de un local.

$$K = \frac{L \times A}{h \times (L + A)} \quad (1)$$

**Rendimiento del local ( $\eta_R$ ):** Es un valor que se obtiene a partir del índice del local, el tipo de luminaria escogida y los diferentes factores de reflexión de techo, suelo y paredes en una tabla suministrada por el fabricante de la luminaria, usualmente denominada “Rendimientos del local” o “Factores de utilización”.

**Factor de conservación ( $f_c$ ):** determinado por la pérdida del flujo luminoso de las lámparas, debido a su envejecimiento natural, polvo y a las pérdidas de reflexión o transmisión de la luminaria por los mismos motivos.

**Flujo luminoso total necesario ( $\Phi_T$ ):** Es el flujo luminoso requerido para cumplir con cierto nivel de iluminancia media solicitado para un espacio específico.

**Número de puntos de luz (N):** Representa el número de luminarias a ubicar en el área bajo estudio. Se calcula mediante la relación entre el flujo luminoso total necesario y el flujo luminoso emitido por cada punto de luz.

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} \quad (2)$$

### 2.3 Cálculo mediante el método del lúmen

Existen diversas opciones para realizar el cálculo relacionado a la iluminación de cierto espacio. Comúnmente en la actualidad, estos cálculos se hacen utilizando herramientas digitales y programas diseñados para tal fin. Sin embargo, por tratarse de iluminación de interiores, se hace referencia al método del flujo luminoso a modo de presentar parte de la teoría detrás del diseño.

#### 2.3.1 Determinación del área a iluminar

El primer paso consiste en determinar el espacio a iluminar, tomar las dimensiones, ancho, largo y altura. En caso de tratarse de un espacio con forma irregular, será necesario calcular el área y bien sea mediante la raíz cuadrada o la multiplicación de dos valores que arrojen el valor obtenido para el área, se tomará nota de estos para el posterior cálculo del índice del local.

Se toma como ejemplo para el cálculo, el área que será ocupada por un estudio de grabación de audio, en nivel sótano. El estudio tiene una superficie triangular, con una ancho de 8,71m y largo de 10,25m. El área total de la sala, es determinado por la multiplicación de las dos dimensiones dadas, dividido por dos.



Posteriormente tomamos la raíz cuadrada del valor obtenido y se tiene un valor medio para las dos dimensiones a utilizar.

$$A_T = \frac{A}{2} = \frac{8,71\text{m} * 10,25\text{m}}{2} = \frac{89,27 \text{ m}^2}{2} = 44,635 \text{ m}^2 \quad (3)$$

Denominaremos luego, por la letra “b”, a la raíz cuadrada del área total ( $A_T$ )

$$b = \sqrt{A_T} = \sqrt{44,635} = 6,68 \text{ m} \quad (4)$$

La altura “H” de la sala se estima en 2,4 metros.

### **2.3.2 Plano de trabajo**

Normalmente para el cálculo de interiores, se toma en cuenta una distancia sobre el suelo, en la cual se ubica el llamado plano de trabajo y es donde se requiere tener el nivel de iluminación recomendado. Dicha altura por lo general se ubica en el rango de 0,7 – 0,85 metros. En este caso, se tomará un valor de 0,7m. Para el cálculo del índice de local se utiliza la diferencia entre la altura H y el plano del trabajo, representándose con la letra “h”.

$$h = H - 0,7\text{m} = 2,4\text{m} - 0,7\text{m} = 1,7\text{m} \quad (5)$$

### **2.3.3 Factores de reflexión**

Las texturas y colores que forman parte de las paredes, techo y suelo del espacio a iluminar juegan un papel importante, ya que, a partir de estos, se establecen niveles de reflexión de luz estimados, que modifican el ambiente generado por la iluminación, así como el nivel de iluminación en lux, requerido sobre el plano de trabajo.

Usualmente, en los estudios de audio, se tienen paneles acústicos cubiertos con telas de colores oscuros; para el suelo, suele usarse piso de madera ya sea clara u

oscura, o también se utilizan alfombras. En este caso, hasta el momento, no se tienen detalles por parte de los arquitectos en cuanto a los colores y materiales que se escogerán para acondicionar el estudio. Por lo tanto, se utilizarán valores promedios y posteriormente podrán ser ajustados según los acabados previstos para cada una de las superficies. Los factores de reflexión tomados para techo, paredes y plano de trabajo son 0,8; 0,5 y 0,3 respectivamente.

### **2.3.4 Iluminación media**

Existen diferentes referencias que exponen valores recomendados de iluminación media según el espacio y el uso que el mismo vaya a tener. Para proceder, tomaremos como referencia principal la NORMA COVENIN 2249-1993. En dicha norma, no se presenta el caso específico de un estudio de grabación de audio, por lo tanto tomaremos el valor de iluminancia media establecido para una sala de música con lectura de partituras, el mismo es, 300 lux.

### **2.3.5 Índice del local (K)**

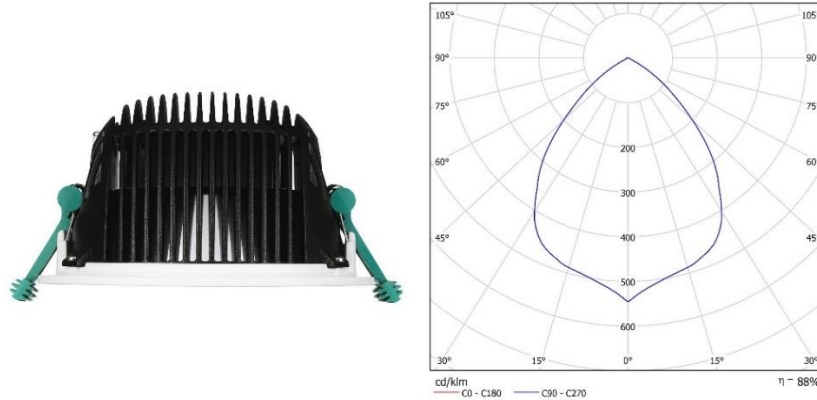
Se toman los valores obtenidos en los puntos 2.3.1 y 2.3.2, y se procede a calcular mediante la siguiente expresión.

$$K = \frac{L \times A}{h \times (L + A)} = \frac{6,68 \times 6,68}{1,7 \times (6,68 + 6,68)} = 1,96 \quad (6)$$

### **2.3.6 Selección de la luminaria**

La selección del tipo de luminaria que se utilizará para calcular el número de luminarias es de crucial importancia; el fabricante debe suministrar datos como, flujo luminoso de la luminaria, la cantidad de lámparas que la misma contiene y de ser posible, una curva fotométrica de la misma. Para este caso se tomará una luminaria circular, tipo *Downlight* con una lámpara de 18 Watt y flujo luminoso de 1114

lumens. En la figura 2.3.6 se muestra un detalle físico de la luminaria y una curva fotométrica con distribución lumínica intensiva.



**Figura 2.3.6** Detalle físico y curva fotométrica de la luminaria escogida

### 2.3.7 Rendimiento del local o Coeficiente de utilización ( $\eta_R$ )

Tomando en cuenta los factores de reflexión, los datos de la luminaria y el índice del local obtenido, se debe hacer referencia a una tabla de factores de utilización que en todo caso, debe suministrar el fabricante.

**Tabla 2.3.7** Tabla de factores de utilización de la luminaria escogida

Índice de Local K	Reflectancias para techo, paredes y plano de trabajo										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.60	0.57	0.55	0.57	0.55	0.54	0.49	0.49	0.46	0.49	0.46	0.44
0.80	0.67	0.62	0.66	0.64	0.62	0.57	0.57	0.54	0.56	0.53	0.52
1.00	0.74	0.69	0.73	0.70	0.68	0.64	0.63	0.60	0.62	0.60	0.58
1.25	0.81	0.74	0.79	0.76	0.73	0.69	0.69	0.66	0.68	0.65	0.64
1.50	0.85	0.78	0.84	0.80	0.77	0.73	0.72	0.70	0.72	0.69	0.68
2.00	0.93	0.83	0.91	0.86	0.82	0.79	0.78	0.76	0.77	0.75	0.74
2.50	0.97	0.86	0.95	0.90	0.85	0.83	0.81	0.80	0.80	0.79	0.77
3.00	1.00	0.88	0.98	0.92	0.87	0.85	0.84	0.82	0.83	0.81	0.79
4.00	1.04	0.90	1.01	0.94	0.89	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.82
5.00	1.06	0.91	1.03	0.96	0.90	0.89	0.87	0.86	0.86	0.85	0.83

Para valores de K iguales a 1,5 y 2, se tienen coeficientes de 0,85 y 0,93 respectivamente. Por tanto, interpolando para K = 1,96, obtenemos un coeficiente de utilización igual a 0,9236

### 2.3.8 Rendimiento de la Iluminación ( $\eta$ )

El rendimiento de la iluminación viene dado por el producto del rendimiento del local y el rendimiento de la luminaria. El rendimiento de la luminaria debe ser brindado por el fabricante, sin embargo, en la mayoría de los casos, es difícil obtener este dato, por tanto se asume un valor de 0,85.

$$\eta = \eta_R \times \eta_L = 0,9236 \times 0,85 = 0,7850 \quad (7)$$

### 2.3.9 Flujo Luminoso total ( $\Phi_T$ )

Para el cálculo del flujo luminoso total, interfieren varias variables. La iluminancia media (lux), superficie del estudio, el rendimiento de la iluminación y finalmente un factor de conservación, que sí se considera un buen régimen de limpieza, el mismo puede establecerse en 0,8

El flujo luminoso total se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\Phi_T = \frac{E_m \times S}{\eta \times f_c} = \frac{300 \text{ lux} \times 44,64 \text{ m}^2}{0,785 \times 0,8} = 21324,84 \text{ lm} \quad (8)$$

### 2.3.10 Número de luminarias

Finalmente se puede calcular el número necesario de luminarias, que garantizarán el nivel de iluminación deseado para el estudio de grabación.

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{21794,04 \text{ lm}}{1114 \text{ lm}} = 19,24 \rightarrow 20 \text{ luminarias} \quad (9)$$

Se tomarán 20 luminarias, equitativamente espaciadas entre sí y distanciadas al menos 50 cm de las paredes.

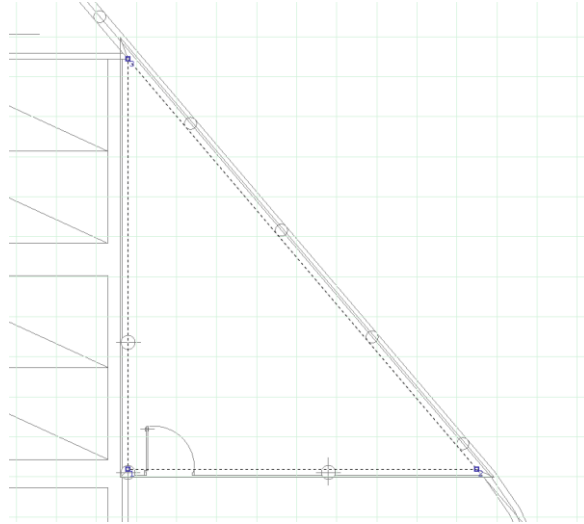
Después de obtener el resultado mediante este método, se evidenciaron algunos obstáculos como el desconocimiento del rendimiento de la luminaria y tabla de factores de utilización. La falta de información técnica por parte del fabricante resulta muy común, lo cual obliga a asumir valores que pudieran incurrir en errores. Adicionalmente se presenta el inconveniente referente al índice del local; para locales de extensa superficie y poca altura, la ecuación arroja valores muy superiores a los mostrados en la tabla de factores de utilización, obligando de esta manera a realizar extrapolaciones o dividir el área en varias secciones similares y realizar el cálculo por separado.

Tomando en cuenta estas dificultades, se ha explorado la opción del cálculo mediante una herramienta o software digital. Comparativamente con el método antes mostrado, el uso de un programa diseñado para tal fin, facilita y agiliza un proceso que suele ser reiterativo, cuando es necesario calcular el número y tipo de luminarias para diferentes espacios. Además presenta otras ventajas como, la posibilidad de importar desde *Autocad* el plano de planta y determinar cada área a ser trabajada, posee una numerosa base de datos de luminarias de diferentes casas de iluminación, permite incluir diferentes tipos de iluminación en un mismo espacio (general y localizada), brinda una percepción y visualización en 3D de la iluminación del espacio, entre otras.

#### **2.4 Cálculo mediante el uso de software *DIALux***

A continuación se explican y describen los pasos a seguir para llevar a cabo el cálculo de iluminación mediante el uso del software *DIALux 4.1*. Al igual que con el método descrito previamente, lo primero antes de proceder, es conocer las dimensiones del espacio. *DIALux* permite elaborar el espacio o “local” con medidas dadas, pero, si se

dispone de un plano de planta a escala, puede importarse el archivo desde *Autocad* y seleccionarse en el mismo, los puntos que delimitan el área bajo estudio.



**Figura 2.4a** Documento CAD, con establecimiento del local en *DIALux*

Posteriormente, se procede a establecer todos los parámetros referentes al local, tales como factor de conservación, factores de reflexión y plano de trabajo. De igual manera al cálculo previo, se asume un régimen de mantenimiento frecuente, lo cual se traduce en un factor de conservación elevado, se toman factores de reflexión estándares y se establece el plano de trabajo a una altura de 0.7 metros.

General **Método del plan de mantenimiento**

Global

Factor de degradación: 0.80

Valores de referencia:  
Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual

Seleccione un ejemplo de aplicación.  
 Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual.  
 Local limpio, ciclo de mantenimiento de 3 años.  
 Instalación exterior, ciclo de mantenimiento de 3 años.  
 Instalación interior o exterior, alta contaminación.  
 Normal

Intervalo de mantenimiento:  
Anual

**Figura 2.4b** Establecimiento del régimen de mantenimiento (factor de conservación)

el plan de mantenimiento **Superficies del local**

Grado de reflexión	Material	Color:
Techo: 70 %		
Paredes: 50 %		
Suelo: 20 %		

Estándares: 70/50/20

**Figura 2.4c** Establecimiento de los factores de reflexión de techo, paredes y suelo

**Nombre**

Nombre: Plano de trabajo

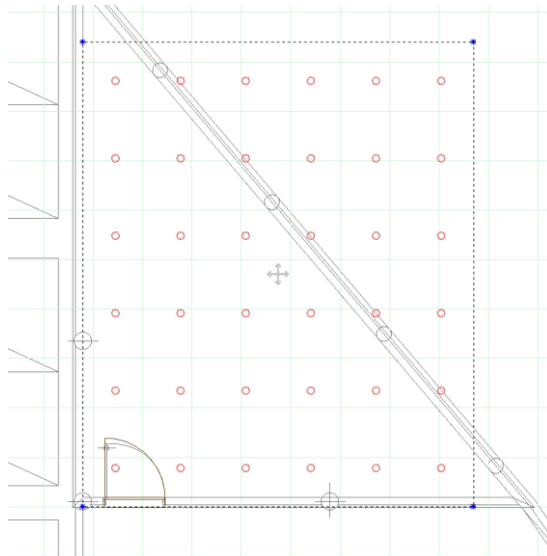
Altura: 0.700 m

Zona marginal: 0.200 m

**Figura 2.4d** Establecimiento del plano de trabajo

Una vez seleccionados los parámetros referentes al local, se elige la fuente de luz. El software *DIALux* posee una numerosa variedad de catálogos de diferentes casas de iluminación a nivel mundial. Se elige una luminaria igual a la utilizada en el cálculo previo, marca Philips tipo Downlight con foco LED, consumo de 18W, adosada con sócate E27 y emisión de flujo luminoso de 1114 lumens.

El paso siguiente consiste en establecer la distribución deseada para iluminar el espacio. El software ofrece la posibilidad de hacer un arreglo de filas y columnas que se determinan en función del nivel de iluminación requerido (300 lux). Adicionalmente se tiene la posibilidad de insertar luminarias individuales, o arreglos lineales. Esto permite colocar las luminarias mejor espaciadas entre sí e incorporar otro tipo de luces dentro del mismo local. Posterior a esto, el software realiza el cálculo final y muestra un modelo en 3D del espacio iluminado.

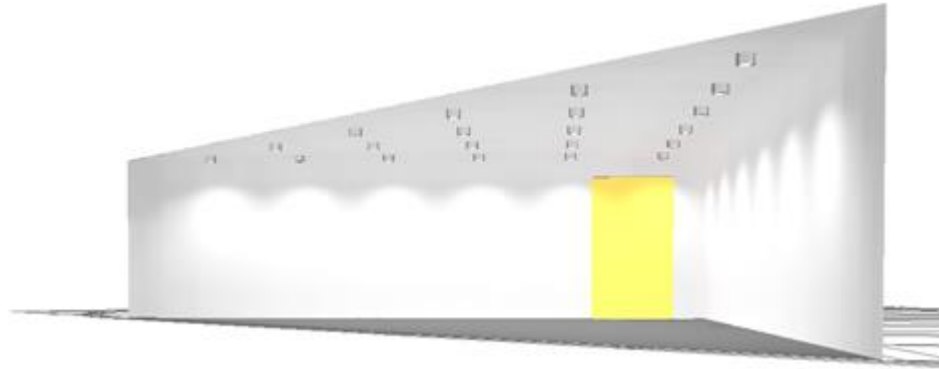


**Figura 2.4e** Arreglo de luminarias en filas y columnas

Como se muestra en la figura 2.4.e, se ha utilizado un arreglo en campo, de 6 filas por 6 columnas. Para mantener una distribución uniforme, se ha guardado una distancia



entre luminarias y paredes de 0.6 metros aproximadamente. Las luminarias externas al área establecida no serán tomadas en cuenta para el cálculo final.



**Figura 2.4f** Visualización en 3D de iluminación en estudio de grabación

Finalmente el programa *DIALux*, emite una hoja resumen donde se aprecian los detalles del cálculo. Los mismos comprenden, nivel de iluminación medio a la altura del plano de trabajo y suelo, las iluminancias mínimas y máximas, factor de uniformidad, flujo luminoso total, área de trabajo, total de luminarias y la potencia en Watt.

**Tabla 2.4** Tabla resumen emitida por el programa *DIALux*.

Altura del local: 2.400 m, Altura de montaje: 2.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	342	51	433	0.150
Suelo	20	310	61	412	0.198
Techo	70	59	26	69	0.438
Paredes (3)	50	112	19	255	/

**Plano útil:**

Altura: 0.700 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	21	Philips BBS480 1xDLED-3000/- NO (1.000)	980	1114	18.4
			Total: 20574	Total: 23394	386.4

Valor de eficiencia energética:  $8.66 \text{ W/m}^2 = 2.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $44.64 \text{ m}^2$ )

La iluminancia media alcanzada a la altura del plano de trabajo en este caso bajo estudio resultó en 342 lux, con un total de 21 luminarias. Como se puede observar, el valor de iluminación obtenido se encuentra por encima del valor recomendado. Con un menor número de luminarias, igualmente se cumpliría el requisito de iluminancia, sin embargo, para mantener un arreglo de luminarias coherente y equidistante, que mantuviera la mayor homogeneidad posible en la iluminación, se adoptó este arreglo de 6 filas por 6 columnas.

## **2.5 Comparación final entre los dos métodos**

Posterior a la exposición de ambos métodos, se tiene como punto principal, el número de luminarias obtenido mediante cada método, el cuál solo difiere en una (1) unidad, lo que permite comprobar los resultados y validar el uso del software *DIALux* como herramienta de cálculo de iluminación. Adicionalmente es importante recalcar que, el software, al momento de calcular la iluminancia en cierto espacio y proponer un arreglo de M filas por N columnas, es posible que, según la geometría del local, la propuesta no sea la mejor, y quedará de parte del diseñador evaluar otro tipo de distribución que permita alcanzar una mayor uniformidad lumínica en todo el espacio. De manera análoga, en el método del lúmen, después de obtener el número de luminarias necesarias, se debe encontrar una distribución apropiada de las mismas y de ser necesario verificar el nivel de iluminación en un punto específico. Para calcular iluminación localizada debe llevarse a cabo un cálculo adicional mediante un método llamado, “método del punto por punto”. Por tanto, la alternativa de cálculo mediante un software refiere considerables ventajas, como la emisión de datos específicos de iluminancia en el punto que se desee, además de rapidez y confiabilidad.

## **CAPÍTULO III**

En este capítulo se procede a describir todo lo referente al diseño de distribución y alimentación de todas las cargas eléctricas que estarán presentes en el teatro, como lo son, tomacorrientes monofásicos en 120 y 208 Volt, iluminación general, aire acondicionado, sistema contra incendio, ascensores y montacargas, cargas de iluminación profesional y maquinaria de escenario, etc.

El actual teatro cuenta, con cinco (5) plantas o niveles, estos son Sótano, Nivel Camerinos, Planta Baja, Mezzanina y Planta Techo.

Tal como se describe en el Capítulo I, la intención es mantener y aprovechar la mayor cantidad de elementos existentes en el teatro, por tanto, el primer paso consiste en analizar los planos de proyecto de nueva arquitectura, observar las distintas áreas, previamente destinadas para actividades específicas y determinar los tableros existentes que pudieran ser conservados y posteriormente asociar las cargas a cada tablero, según la función del espacio y el tipo de carga.

### **3. Tipos de cargas**

#### **3.1 Iluminación General**

La iluminación, representa una de las cargas más importantes en el teatro, debido a que debe existir una iluminación óptima, no sólo por motivos estéticos, sino también por motivos de seguridad, especialmente al momento de la realización de un evento. Todos los niveles del teatro tendrán considerables cargas de iluminación a pesar de que se prevee la instalación de luminarias con lámparas de bajo consumo, como lo son, los bombillos con tecnología de inducción con amalgama de aleación de mercurio, y las ya bien conocidas LEDs. Las luminarias con tecnología de inducción

serán utilizadas en el área de estacionamiento en donde existe una considerable distancia (7m) entre el suelo y la placa del nivel superior. En otras áreas similares, como las rampas de acceso al estacionamiento, depósitos, etc, se hará uso de luminarias convencionales tipo industrial con aislamiento contra el polvo y la humedad, que podrán ser equipadas con lámparas tipo LED, bien sean, tipo tubular T8, tipo LED con sócate E27, permitiendo así, también, la incorporación de bombillos fluorescentes en caso de no contar con los de bajo consumo. En cuanto a la iluminación correspondiente a otras áreas como el lobby, pasillos, cafetería, etc, se planifica la colocación de luminarias tipo downlight, con focos PAR30 con haz de apertura entre 30° y 40°. Las oficinas, como es común, tendrán luminarias de 1,20 x 0,6 metros, embutidas en cielo raso, con tres (3) tubos T8, tipo LED. La mayoría de las cargas de iluminación estarán alimentadas a través de cable tipo THHN 90°, #12 AWG o #10 AWG, según sea el caso.

### **3.2 Iluminación de emergencia**

Como es de carácter obligatorio, todo recinto público debe tener la debida señalización de salidas de emergencia. El CEN indica en el artículo 700.17 que los circuitos ramales que alimentan iluminación de emergencia, se instalarán de tal manera que, cuando se interrumpa el suministro de la iluminación normal, reciban servicio de una fuente de emergencia. Por tanto, en todas las áreas comunes, se prevee la ubicación de un punto de alimentación (o tomacorriente) proveniente del tablero de servicios generales, que alimentará una caja provista de una batería, y uno o dos focos tipo PAR.

### **3.3 Tomacorrientes**

Mediante el uso de la herramienta de dibujo *Autocad*, una vez adquiridos los planos de arquitectura del proyecto, se sitúan en plano, tomacorrientes dobles, del Tipo con Terminal de Tierra, para conexión a 125 Volt, y tomacorrientes especiales a 208 Volt,

cumpliendo con las simbologías de dibujo expresas en la Norma COVENIN 398:1984. En cuanto a su instalación, el CEN indica en el artículo 406.4 que los tomacorrientes serán montados en cajas firmemente sujetadas, bien sean empotradas o sobresalientes.

Se debe considerar el tipo de actividad para el cual estará dispuesta cada área y ubicar en tablas referenciales, los valores promedios de consumo de cada artículo a ser conectado en dichos tomacorrientes. En función de esto, y de las dimensiones del espacio, se coloca un determinado número de tomacorrientes. Para labores de mantenimiento, pasillos, áreas comunes, estacionamiento y planta techo, se disponen tomacorrientes dobles con terminal de puesta a tierra, a 120 Volt.

### **3.4 Aire acondicionado y Ventilación**

Al igual que con los tomacorrientes, se representaron en el plano los diferentes elementos que conforman el sistema de aire acondicionado. El tipo de sistema elegido es de “agua helada” y las cargas estimadas fueron suministradas por el ingeniero mecánico encargado. Los elementos que forman parte del sistema de aire acondicionado se ubican principalmente en el nivel Planta Techo, donde se disponen tres (3) bombas de agua de 10 Hp, dos (2) Chillers de 100 toneladas de refrigeración (TR), cuatro (4) Unidades de Manejo de Aire (UMA) con potencia de 7,5 Hp para distribución de aire en la sala principal, cuatro (4) UMA con potencia de 0,75 Hp y dos (2) UMAs con potencia de 5 Hp, para áreas comunes y pasillos. Adicionalmente, en el resto de los niveles, se colocarán Fan Coils, con potencias menores a un (1) Hp. En cuanto a la selección del conductor del circuito ramal que alimentará cada unidad de Chiller, el CEN indica en el artículo 440.31 que, los conductores de los circuitos ramales a los que se conecte un solo motocompresor, tendrán una ampacidad no menor al 125% de la corriente de carga nominal.

En cuanto a la ventilación, se proyecta un extractor de 10 HP para el área de estacionamiento y los extractores correspondientes a los sanitarios, suelen asociarse con los circuitos de iluminación para un funcionamiento conjunto.

### **3.5 Cargas Mecánicas**

Las cargas mecánicas están conformadas principalmente por hidroneumáticos de aguas blancas, bombas de aguas negras, bombas contra incendio, montacargas y ascensores.

#### **3.5.1 Hidroneumáticos**

El teatro cuenta con un cuarto de bombas donde se instalarán hidroneumáticos de 7.5 Hp, para la reserva y propulsión de un caudal de agua suficiente para abastecer todos los sanitarios, cocina, etc. El uso de dichos hidroneumáticos (2) será alternado, arrojando así, un factor de demanda de 50%. Su alimentación y etapa de control depende de un tablero pequeño, diseñado para cubrir ciertas necesidades a través de la disposición de interruptores, contactores y sensores. Adicionalmente, en el nivel sótano se contará con un tanque séptico para la recolección de aguas negras. Este tanque tendrá dos (2) bombas sumergibles de 1.5 Hp de uso alternado y que serán controladas en un tablero en función de las necesidades.

##### **3.5.1.1 Sistema contra incendio**

Formando parte del sistema de extinción de incendio, en el nivel sótano se tomará en cuenta una (1) bomba de 30 Hp y una (1) bomba de presurización de 4 Hp. El CEN dicta en el artículo 695.3 (A2) que, se permitirá la alimentación por medio de una derivación tomada aguas arriba del tablero de distribución. Por tanto, la bomba contra incendio se clasifica como carga preferencial y será controlada a través del tablero de control de incendio.

En cuánto a la selección de conductores que alimentan motores de bombas contra incendio y otros equipos, el CEN dicta en el artículo 695.6 (C)(1) que, los conductores alimentadores de la bomba de incendio, las bombas de presurización y equipos y accesorios asociados, tendrán un régimen no menor al 125% de la suma de las cargas de todos los motores de las bombas y el 100% de la carga de todos los equipos auxiliares asociados al sistema de la bomba de incendio.

Adicionalmente, en el artículo 695.6 (C)(3) se estipula que, no se instalará protección de sobrecarga automática a los circuitos de potencia de los motores.

### 3.5.2 Ascensor y Montacarga

Respecto a los elevadores, se dispone de un montacarga, el cual se encuentra existente en el nivel Planta Techo. Debido a la falta de información en la placa principal del motor, el mismo se estima con una potencia de 10 Hp. En la sección 610.14(E)(1) del CEN se indica que para un solo motor se toma el 100% de la capacidad de corriente a plena carga indicada en la placa de características del motor.



**Figura 3.5.2** Sala de Máquinas y placa del motor del montacargas.

Por otro lado se toma en cuenta la instalación de un ascensor para el traslado de personas, con un consumo eléctrico estimado de 20 kVA; el mismo debe ser considerado como carga preferencial.

Ambos elevadores reciben su alimentación mediante un tablero CCM, ubicado en el último piso (Planta techo), con resguardo frente a tempestades, usualmente conocido como “sala de máquinas”.

### **3.6 Elementos de la Sala de Teatro**

Dentro de una sala de teatro existen dos importantes factores que permitirán llevar a cabo de manera acorde, cualquier evento a realizarse dentro de la misma; iluminación y audio.

#### **3.6.1 Consideraciones relacionadas a las cargas presentes en escenario**

Hasta el momento de la culminación de este trabajo, no se tienen datos exactos acerca de que tipo ni cantidad de dimmers, luminarias, grúas y equipos de audio, se instalarán en la edificación, por tanto, la planificación de las tablas de cargas respectivas debe realizarse posteriormente.

Los valores de carga utilizados para la estimación de la demanda total del teatro, fueron parte de algunos datos entregados por los especialistas a cargo de la planificación de iluminación y audio profesional, sin embargo, posteriormente la propuesta fue rechazada impidiendo así obtener detalles claros de la distribución de las cargas.

Los datos referentes a algunas luminarias, grúas y equipos de audio mostrados en este capítulo son solo parte de algunos equipos que posiblemente pudieran instalarse.



## 3.6.2 Iluminación

### 3.6.2.1 Dimmers

Uno de los elementos que hace posible tener diferentes intensidades lumínicas en una sala de teatro es el dimmer. A continuación se describen los dos tipos de dimmer mayormente utilizados en instalaciones de entretenimiento audio visual.

- **Dimmer SCR:** Por años, los dimmers mayormente utilizados en aplicaciones de teatros, han sido los del tipo tiristor, con rectificador controlado por silicio (SCR); estos cortan o dividen la forma de onda de la señal de entrada usando una técnica conocida como control de fase. Cuando el sistema de dimmer funciona en un régimen inferior al de máxima carga, el dimmer distorsiona la corriente, creando armónicos triples. Esto significa que las corrientes de fase de un sistema trifásico, no se cancelan sino que opuestamente se suman, teniéndose en el peor de los casos una corriente circulante en el neutro, 73% mayor a la corriente de una fase. Estos armónicos representan un sobrecalentamiento en conductores de alimentación y adicionalmente son causantes de interferencias acústicas y ruido en las señales de audio.
- **Dimmer Sine Wave:** Alternativamente a los dimmers de tipo tiristor, en el mercado de iluminación profesional recientemente se ha empezado a considerar el uso de dimmers tipo *Sine Wave*, los cuales están basados en el uso de transistores bipolares de puerta aislada (IGBT), que permiten mediante la técnica de modulación de ancho de pulso, controlar la amplitud de la señal de alimentación, siendo así, más silenciosos y eficientes que los de tipo SCR.

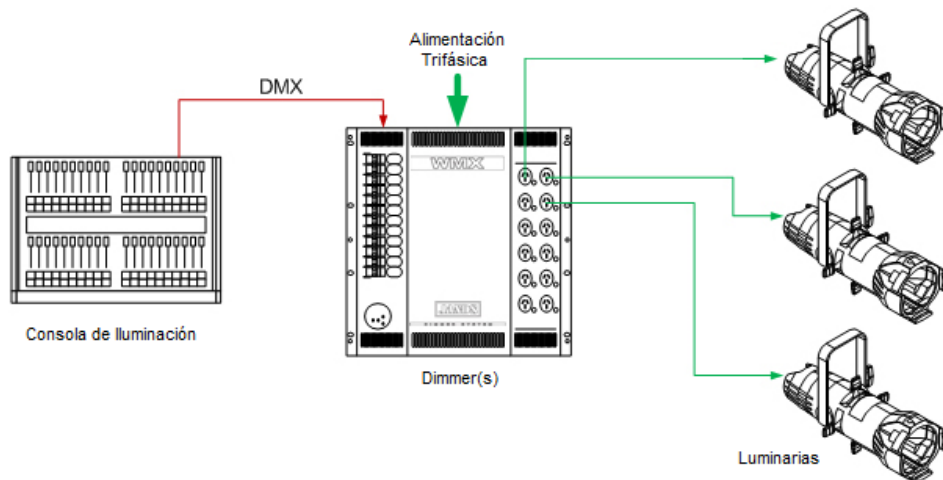
En esta clase de dimmer, los IGBT funcionan como rápidos conmutadores, a frecuencias entre 30 y 50 kHz, emitiendo un mínimo ruido que es posteriormente eliminado por un filtro mucho más pequeño y eficaz que los necesarios en dimmers SCR. En los dimmers tipo SCR, la efectividad del filtrado de armónicos y otras interferencias puede variar

considerablemente según la calidad de la señal de entrada, mientras que los dimmers *Sine Wave*, tienen la capacidad de manejar fluctuaciones y condiciones inestables presentes en la señal de alimentación. [8]

### 3.6.2.2 Iluminación de escenario

La iluminación teatral se caracteriza por ser la responsable de crear ambientes y situaciones, así como la coordinación, secuencia y transición de escenas, a través de la variación de intensidades luminosas. La iluminación teatral se comprende de varios elementos, tales como el dimmer, las consolas de iluminación, las luminarias, entre otros.

En teatros, los dimmers son conformados por racks contenedores de pequeños módulos de dimmer. Normalmente, a un lado del rack de dimmers se ubica lo que se conoce en inglés como “Patch Bay” o Panel de conexiones. Este elemento permite la asociación rápida de los diferentes circuitos canalizados en barras y listones ubicados en la parte superior del escenario, a cada a uno de los canales presentes en el rack de dimmers, facilitando de esta manera los arreglos y preparación de la iluminación respectiva a cada evento.



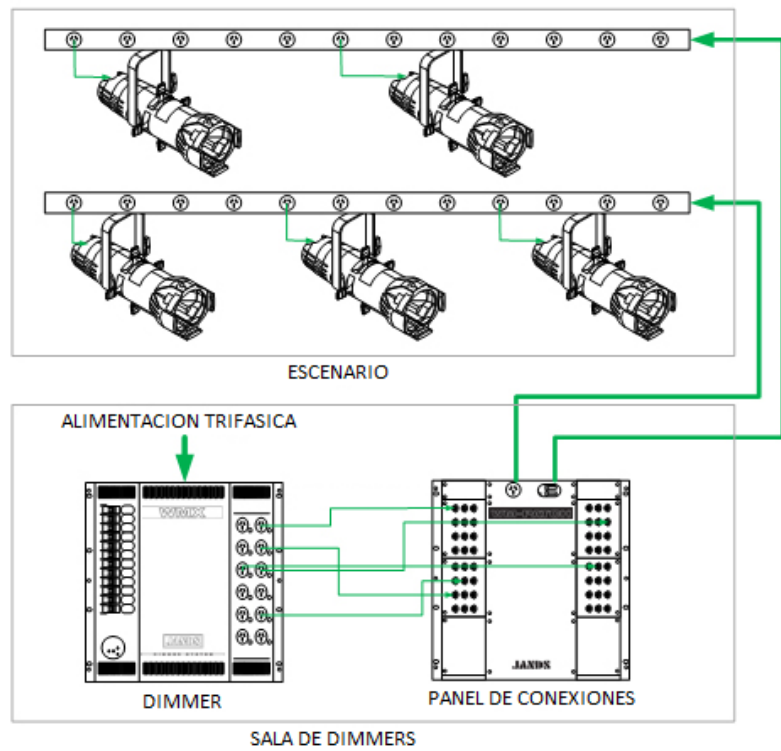
**Figura 3.6.2.2a** Esquema básico de conexión Consola-Dimmer-Luminarias



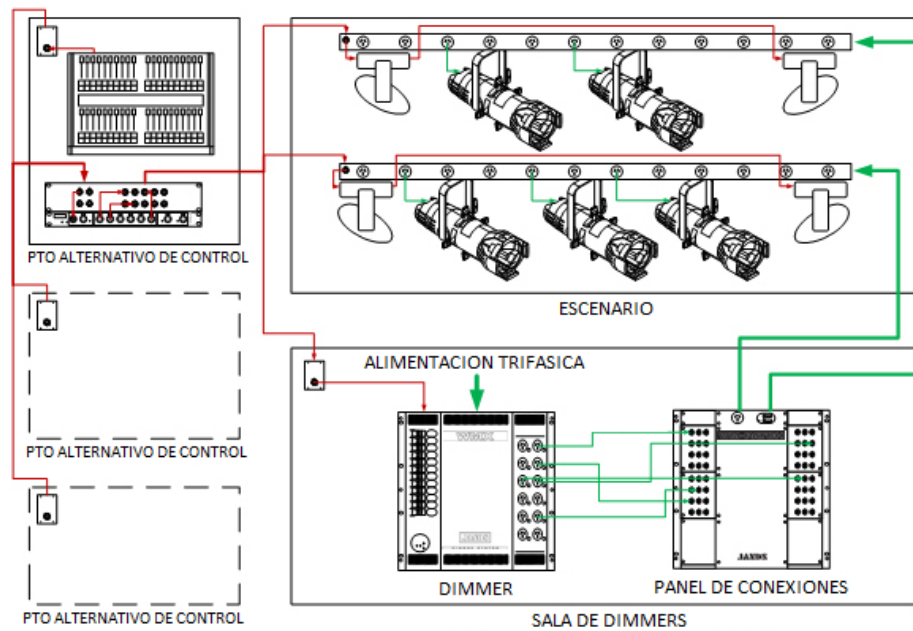
**Figura 3.6.2.2b** Barras / listones (izq.) y módulos de dimmer (der.) identificados con circuitos para “patcheo”

Cada módulo de dimmer es manejado en consola desde la sala de control, a través de un moderno protocolo electrónico denominado “Digital Multiplex” (*DMX512*), utilizando cables con conector XLR de 5 pines (XLR-5) o cable UTP de categoría 5e o superior, con conector tipo RJ-45.

También es común encontrar luminarias móviles y de efectos, usualmente previstas de una entrada para su control mediante señales DMX provenientes de la sala de control. De igual manera, el protocolo DMX permite el control desde diferentes puntos, bien sea, el escenario o la sala de control, brindando así mayor flexibilidad y versatilidad al sistema.



**Figura 3.6.2.2c** Esquema de conexiones a barras mediante Panel de Conexiones



**Figura 3.6.2.2d** Esquema de conexiones para iluminación en escenario

Los técnicos encargados de la planificación de la iluminación preven la incorporación de cuatro filas de listones y barras. Estas barras permitirán el anclaje de diferentes luminarias a través de conectores “tipo galleta”. Entre las luminarias se destacan luces tipo PAR, elipsoidales, Fresnel y móviles, con consumos máximos de 750W por unidad.



**Figura 3.6.2.2e** Algunas luminarias comúnmente usadas en iluminación teatral

### 3.6.2.3 Iluminación de sala

Al igual que la iluminación de escenario, el *house lighting*, debe ser manejado desde la sala de control, para poder sincronizar ambas iluminaciones, al momento de inicio y cierre de una obra o concierto. Por tanto, como es muy común en teatros, las luminarias localizadas en el techo, y paredes de la sala, seguirán el mismo patrón de conexión a utilizar para la iluminación del escenario.

La iluminación de pasillos y rampas es otro tipo de iluminación a considerar dentro de la sala. Esta sirve de guía para la movilización de personas, antes, durante y después de un evento y va usualmente colocada a ras del suelo. Este tipo de iluminación puede ser manejada también desde la sala de control, sin embargo, no requiere una conexión mediante dimmers dado que emite un flujo lumínico fijo.

### 3.6.3 Audio y Video

Además de una iluminación adecuada, el sonido representa otro elemento necesario e imprescindible en cualquier sala teatral. El sistema de audio, está conformado principalmente por altavoces, bajos o *subwoofers*, micrófonos, preamplificadores, compresores, mezcladores, etc.

Previendo el peor de los casos, en relación a la selección de dimmers del tipo SCR, se dispondrá de un tablero único para manejar las cargas de audio, así como cámaras y pantalla LED para proyecciones audio visuales, a modo de evitar interferencias o ruido en las señales de audio y video.

En los laterales del escenario, se prevee la ubicación de racks preamplificadores, compresores y ecualizadores controlados desde la sala de control y alimentados a través de tomacorrientes en 120 Volt, identificados para uso exclusivo de equipos de audio.

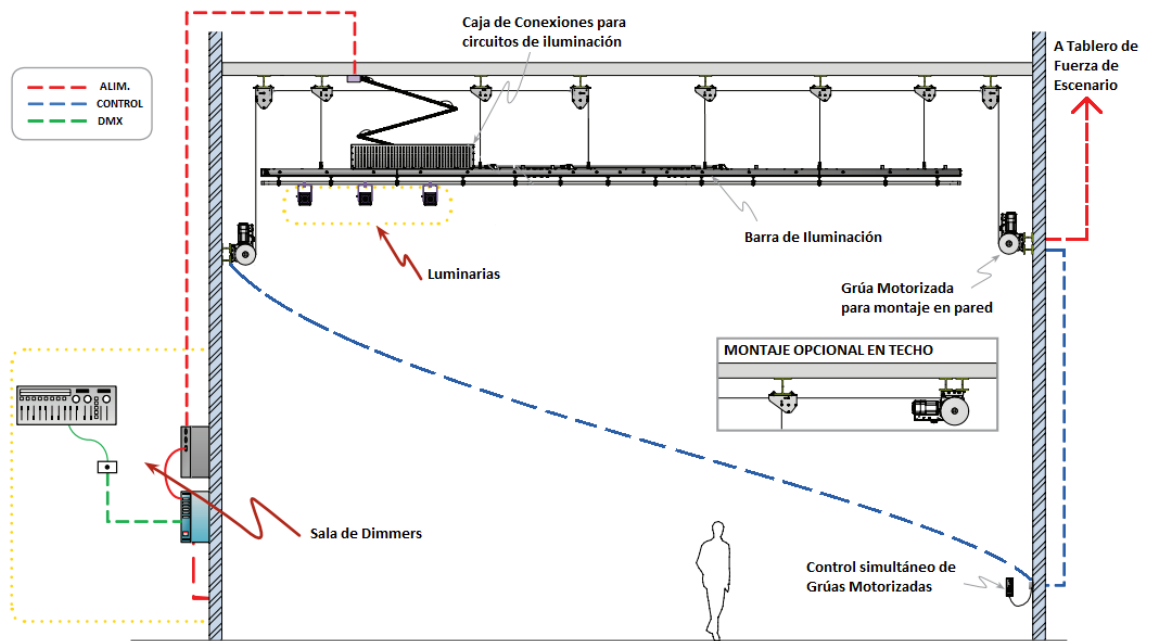
Como parte del sistema de sonido a ser instalado en la sala, se toma en cuenta un arreglo vertical de altavoces (Vertical Array), con doce altavoces y dos subwoofers, por cada lado del escenario, así como un arreglo central con tres altavoces. La disposición de estos equipos se ubica en la parte alta del proscenio, haciéndose necesaria, la incorporación de winches elevadores, ubicados en la plataforma superior. Dichos elevadores estarán alimentados desde el tablero diseñado para suplir todas las cargas de motores en el área de escenario.

En cuanto a la instalación del cableado respectivo a los sistemas de audio, el artículo 640.6 (B) del CEN indica: “Los cables de distribución de audio instalados en paredes o parte superior serán soportados en forma adecuada, adosados a los componentes estructurales de manera tal que no sufran daños debido al uso normal en la edificación. Tales cables serán asegurados a los componentes estructurales con

cintas, grapas, sujetadores de cables, colgadores o elementos similares diseñados e instalados de modo que no dañen al cable”

### 3.6.4 Motores y grúas.

Cada una de las barras de luces que iluminarán el escenario contará con un sistema de elevación que permitirá el fácil acceso a cada una de las luminarias para su debido mantenimiento y preparación frente a cada evento. El sistema elevador será motorizado y dependiendo del peso a manejar, cada barra tendrá al menos un par de motores o winches ubicados en la plataforma superior o “Catwalk”. Estos pequeños motores de aproximadamente 1 Hp, serán accionados únicamente desde el escenario, mediante control manual y estarán alimentados a través de un tablero destinado solo para cargas mecánicas ubicadas en el escenario.



**Figura 3.6.4** Esquema de grúas motorizadas para elevación de barras de iluminación

### **3.6.5 Sala de Control**

En la sala de control se concentrará el manejo de todos los elementos nombrados anteriormente a excepción de las cargas mecánicas, que serán manejadas directamente desde el escenario. Esta pequeña habitación, tendrá una sección de control de iluminación, otra para audio y otra para el control de cámaras, pantalla LED y televisores ubicados en cada uno de los accesos al teatro. Por contener gran cantidad de equipos electrónicos sensibles a eventos transitorios, la sala contará con seis (6) tomacorrientes en 120 Volt, con soporte en UPS.



## CAPÍTULO IV

Una vez obtenidos los datos referentes a las cargas, y habiendo previamente seleccionado en los planos de planta, todas aquellas áreas que requieren el posicionamiento cercano de un tablero para la distribución bien sea de tomacorrientes, iluminación, entre otros, el paso siguiente es diseñar una tabla, donde se evidencien todas las características, distribución y elementos que debe contener cada uno de los paneles eléctricos que tendrá el teatro, esta tabla se denomina “tabla de carga”.

### **4.1 Diseño del panel eléctrico y tabla de carga**

Para la preparación de un tablero eléctrico se requieren varios datos. Los principales datos que se deben conocer primeramente son, ubicación y tipo de cargas a alimentar. En función de esto, puede asociársele un nombre o nomenclatura acorde con su uso o ubicación.

Como fue explicado en previos capítulos, existen algunos escasos tableros que mantendrán su posición actual, dado que no serán afectados por cambios arquitectónicos o estructurales del edificio. Estos tableros son primordialmente tableros principales de servicios generales, servicios preferenciales y algunos tableros secundarios. A continuación se nombran todos los tableros que estarán presentes en el recinto, clasificados según la planta en la que estén ubicados.

En el nivel Sótano se ubicarán los siguientes tableros:

- Interruptor principal de Servicios generales (IP-SG) (existente)
  - Tablero principal A (TP-A) (existente)
    - Tablero Estudio de grabación (T-EG)
    - Tablero Estacionamiento (T-EST) (existente)
      - Tablero Iluminación estacionamiento (T-IE) (existente)
      - Tablero de Aguas negras (T-AN)
    - Tablero Depósito (T-DPT) (existente)
      - Tablero UPS (T-UPS)
    - Tablero Servicios (T-SERV)
  - Tablero principal B (TP-B) (existente)
    - Tablero Hidroneumáticos (T-HN)
    - Tablero Zona de Carga (T-ZC)
  - Tablero principal de Servicios preferenciales (TP-SP) (existente)
    - Tablero de Bombas contra incendio (T-BCI)
    - Tablero Extractor (T-EXT)

Los tableros que estarán presentes en el nivel Camerinos son:

- Tablero Camerinos (T-CAM) (existente)
  - Tablero Aire acondicionado Camerinos (T-AACAM)

En el nivel Planta Baja, se tendrá:

- Tablero Planta Baja (T-PB)
  - Tablero Lobby (T-LOBBY)
  - Tablero Archivo (T-ARC)
- Tablero Audio y Video (T-AV)
- Tablero principal de Iluminación escenario (TP-IE)
- Tablero principal de Fuerza escenario (TP-FE)
- Tablero de Detección de incendio (T-DI)

Para el nivel Mezzanina o Iglesia, se ubicarán los siguientes tableros:

- Tablero Nivel Mezzanina (T-NI)
  - Tablero Cafetín (T-CAFE)
  - Tablero Hall (T-HALL)
  - Tablero Iglesia (T-IG)

Finalmente, en la Planta Techo, se tendrá:

- Tablero principal de Aire acondicionado (TP-AA)
  - Tablero de Bombas Planta Techo (T-BPT)
  - Tablero Umas Escenario (T-UE)
  - Tablero Umas Planta Techo (T-UPT)
- Tablero Ascensor (T-ASC)
- Tablero Montacargas (T-MC)

Como se puede observar, la mayoría de los tableros que permanecerán en el nuevo diseño, se encuentran en el nivel sótano, debido a que es el nivel que menor cantidad de cambios sufrirá. A diferencia de este, en niveles superiores, se incorporarán nuevos tableros que alimentarán cargas en futuros espacios.

Después de tener la ubicación y nombre para cada panel eléctrico, se procedió a diseñar una tabla mediante la herramienta de cálculo Microsoft Excel. Esta tabla contiene información como el tipo de tablero, la descripción de cada una de las cargas, protección y conductores asociados a cada circuito ramal. De igual manera se exponen los factores de demanda según el tipo de carga y la consideración de una reserva entre 10% y 20% sobre la suma total de cargas, una vez aplicados los factores de demanda. También se muestran los calibres para conductores alimentadores, así como conductores para neutro y tierra, la ampacidad mínima de la barras principales, el máximo nivel de corto circuito posible en las barras principales y finalmente la selección de la protección principal.

Entonces, para empezar a construir la tabla de cargas, primeramente se distribuyen las distintas cargas, ya sean monofásicas, bifásicas o trifásicas, en las pistas a ambos lados del panel, describiéndolas y asignándoles un valor en kVA previamente obtenido como dato de la carga. Por lo general, se suele tomar un lado, por ejemplo, para cargas de tomacorrientes y otro lado para cargas de iluminación. Lo ideal es tratar de repartir la carga equitativamente entre las tres fases, a fin de evitar desbalances. Posteriormente corresponde asignar el calibre y tipo de cable a utilizar, así como la protección asociada a cada circuito. Existen distintos pasos que permiten elegir el conductor, una primera selección según la ampacidad del cable, luego, se determina la distancia máxima alcanzada por el circuito ramal, y en función de esta, se evalúa la caída de tensión en el conductor. Dichos cálculos son descritos en el punto 4.3, pero antes, es necesario describir los pasos para la totalización de la carga que manejará cada tablero, tomando en cuenta los factores de demanda y la reserva.

## 4.2 Totalización de la carga

Antes de continuar con los cálculos referentes a alimentador y protección principal en un tablero eléctrico, es imprescindible conocer la carga que manejará el mismo. Para obtener dicho número se clasifica primeramente la carga según su tipo, se totaliza y posteriormente según indique el CEN debe asignarse un respectivo factor de demanda.

El factor de demanda se define como la relación entre la demanda máxima de un sistema y la carga total conectada. El CEN muestra distintas tablas de factores de demanda para cargas de tomacorrientes, iluminación, cocinas, montacargas y ascensores, motores, iluminación de escenario, entre otros.

Para ejemplificar el cálculo, de aquí en adelante se toma el panel eléctrico “Tablero Estacionamiento” (T-EST). Este tablero se encarga de alimentar un tablero de aguas servidas, un tablero de iluminación en estacionamiento y el tablero principal de nivel camerinos. Totalizando las cargas estimadas de cada tablero y asignando un factor de 0,5 para el tablero de aguas servidas, y 0,9 para los dos restantes tableros, se obtiene un demanda de 16,4 kVA.

Posteriormente corresponde tomar en consideración un porcentaje de reserva, normalmente para permitir la futura conexión de cargas adicionales. Este margen de reserva usualmente se ubica entre 10% y 20% de la demanda. En este caso se considera un margen de reserva de 20% que se traduce en 3,28 kVA, y al sumarse con la demanda previa, se obtiene una demanda total de 19,7 kVA.

Ahora, conociendo el valor de la demanda total del tablero en cuestión, es posible calcular el alimentador y su respectiva protección de sobrecorriente.

Se conoce que cada tablero contiene cargas de distintos tipos, en los cuales se asignan factores de demanda según sea el caso. Para la estimación de la demanda

total, en el caso de tableros principales, se aplica un factor de simultaneidad, el cual describe el nivel de coincidencia entre las cargas conectadas al tablero.

Después de aplicar los respectivos factores de demanda en cada uno de los tableros y posteriormente un factor de simultaneidad entre los tableros principales (TP-A), (TP-B), (TP-AA) y (TP-SP) de 0,9, se obtiene una demanda total máxima para todo el complejo de aproximadamente 683 kVA. Dado que el transformador existente se estima con una potencia de 750 kVA, es motivo de consideración el cambio a uno de 1000 kVA, previendo un aumento de carga a futuro. No obstante, de realizarse este cambio, deberá recalcularse los niveles de cortocircuito y realizar la coordinación de protecciones nuevamente.

### **4.3 Cálculo y selección de conductores**

#### **4.3.1 Selección por capacidad de corriente**

El Código Eléctrico Nacional (CEN), en su última edición, presenta en la tabla 310.16, las ampacidades admisibles para conductores aislados, con tensiones de 0 a 2000V, con no más de tres conductores portadores de corriente en una canalización. Con el uso de esta tabla es posible seleccionar por capacidad de corriente, un cable que cumpla con el requerimiento de corriente, referente a la carga.

Lo primero que se debe conocer es el número de fases de la carga, la tensión de operación y el valor de la carga. Luego, el valor de la corriente es determinado por:

- Para cargas trifásicas:

$$I(A) = \frac{S (VA)}{\sqrt{3} \times V_L(V)} \quad (10)$$

- Para cargas monofásicas en 208V:

$$I(A) = \frac{S (VA)}{V_L(V)} \quad (11)$$

- Para cargas monofásicas en 120V:

$$I(A) = \frac{S (VA)}{V_F(V)} \quad (12)$$

Siendo,  $V_L$ , el voltaje entre fases o de línea y  $V_F$ , el voltaje fase-neutro.

Se toma como ejemplo de cálculo de capacidad de corriente, el circuito alimentador del Tablero Estacionamiento (T-EST) el cual contará con alimentación trifásica y una carga asociada de 19,7 kVA. La corriente de diseño es:

$$I = \frac{19,7 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 208V} = 54,68 \text{ A}$$

Observando el resultado obtenido y comparando con la tabla de ampacidades, el calibre que se ajusta es Cu THHN #8 AWG. La capacidad de corriente para este cable es 55 Ampere y al ser tan cercano al valor de la corriente de diseño, se elegirá el inmediato superior, Cu THHN #6 AWG, con capacidad de corriente de 75 Ampere.

#### **4.3.2 Selección por porcentaje de caída de tensión**

Es importante tener en cuenta que, mientras mayor sea la sección transversal de un conductor, la resistencia del mismo disminuye, reduciéndose consecuentemente, la caída de tensión a lo largo del conductor. Por tanto, luego de seleccionar el conductor necesario según su capacidad de corriente, es importante establecer un porcentaje de caída de tensión permisible.

Existen diferentes criterios y valores de caída de tensión permisibles según el tipo de carga. Para la mayoría de los circuitos de distribución y/o ramales de tomacorrientes y cargas de iluminación, el CEN expresa en la Nota N°4, sección 210.19 (A1), que, una caída de tensión de 3% para circuitos ramales y de 5% para el alimentador y circuitos ramales, ofrecen una adecuada eficiencia de operación.

En el caso de equipos electrónicos sensitivos, el CEN en su sección 647.4 (D1) declara “La caída de tensión en los circuitos ramales que alimente los equipos conectados (...), no excederá el 1,5%. La caída de tensión combinada entre el alimentador y el circuito ramal no excederá el 2,5 %.”

Adicionalmente, para motores de bombas contra incendio, en el artículo 695.7, el CEN reporta: “La caída de tensión bajo condiciones de arranque en los terminales del controlador no será mayor que 15% por debajo de lo normal (tensión de régimen del controlador). La caída de tensión en los terminales del motor no será mayor de 5% de su tensión nominal cuando esté operando con el 115% de la corriente de plena carga”.

Las principales variables para la obtención de la caída de tensión son, el valor de la carga y la máxima longitud hasta la misma. Al igual que con el cálculo por capacidad de corriente, es importante conocer si la carga a alimentar es trifásica o monofásica. Adicionalmente serán necesarios los valores de reactancias y resistencias de corriente alterna para los diferentes conductores canalizados en tuberías de distintos materiales, dicha información es suministrada por el CEN, en la tabla 9.

Las ecuaciones que permiten calcular la caída de tensión en conductores son:

- Para circuitos monofásicos:

$$\Delta E(\%) = \frac{2 \times \text{longitud} \times I \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi)}{E_s} \times 100 \quad (13)$$



- Para circuitos trifásicos:

$$\Delta E(\%) = \frac{\sqrt{3} \times \text{longitud} \times I \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi)}{E_s} \times 100 \quad (14)$$

Siendo la longitud medida en km, la resistencia (R) y la reactancia (X) medidas en ohms por km ( $\Omega/\text{km}$ ), “ $\varphi$ ”, el ángulo del factor de potencia y “ $E_s$ ”, la tensión de operación. También es importante calcular la corriente en función del tipo de carga, tal cual como se muestra en el cálculo de capacidad de corriente.

Para ejemplificar el cálculo, y continuando con el mismo caso tomado para el cálculo de capacidad de corriente, se conoce que la longitud estimada que tendrá el trayecto desde el tablero alimentador, Tablero Principal A (TP-A) es de 56 metros, se asumirá un factor de potencia inductivo de 0,85 y se extraen de la Tabla 9 del CEN, la resistencia ( $1,61 \Omega/\text{km}$ ) y reactancia ( $0,21 \Omega/\text{km}$ ) para el conductor previamente seleccionado, canalizado en tubería EMT.

$$\Delta E(\%) = \frac{\sqrt{3} \times 0,056 \text{ km} \times 54,68 \text{ A} \times \left(1,61 \frac{\Omega}{\text{km}} \times \cos 31,78^\circ + 0,21 \frac{\Omega}{\text{km}} \times \sin 31,78^\circ\right)}{203,3 \text{ V}} \times 100 = 3,87\%$$

**Tabla 4.3.2a** – Tabla de caídas de tensión para el tramo de alimentación desde el transformador hasta el tablero (T-EST)

TABLERO	TENSIÓN FUENTE (V)	LONGITUD DEL TRAMO DE ALIMENTACIÓN (m)	CONDUCTOR (kcmil)	% CAÍDA DE TENSIÓN	TENSIÓN RESULTANTE
PRINGLE	208	16	7#500	0,59	206,8
IP-SG	206,8	18	3#500	1,4	203,9
TP-A	203,9	6	#350	0,29	203,3
T-EST	203,3	56	#6	3,87	195,4

Observando en la tabla, las caídas de tensión aguas arriba a este tablero, más una caída de tensión de 3.87%, se obtiene un valor total de 6.06%, el cual es superior a la

máxima caída permisible de 5% establecida por el CEN. Por tanto, se selecciona un conductor alimentador de mayor calibre para el tablero bajo estudio, el mismo será Cu THHN #2 AWG. En la tabla se puede observar el nivel de tensión obtenido en el tablero más aguas abajo (T-AACAM) y una caída de tensión máxima de 4.6%

**Tabla 4.3.2b** – Tabla de caídas de tensión para el tramo de alimentación desde el transformador hasta el tablero (T-AACAM)

TABLERO	TENSIÓN FUENTE (V)	LONGITUD DEL TRAMO DE ALIMENTACIÓN (m)	CONDUCTOR (kcmil)	% CAÍDA DE TENSIÓN	TENSIÓN RESULTANTE
PRINGLE	208	16	7#500	0,59	206,8
IP-SG	206,8	18	3#500	1,40	203,9
TP-A	203,9	6	#350	0,29	203,3
T-EST	203,3	56	#2	1,72	199,8
T-CAM	199,8	12	#6	0,64	198,5
T-AACAM	198,5	2	#8	0,04	198,4

Las caídas de tensión de los conductores se calcularon basadas en la corriente a plena carga para cada tablero y asumiendo un factor de potencia inductivo de 0,85.

Al momento de seleccionar el conductor, se pueden encontrar distintos tipos de cables. Estos se clasifican con una nomenclatura según el tipo de aislamiento. En Venezuela los tipos más comunes utilizados para instalaciones residenciales y comerciales son los de tipos TTU, THW y THHN. En este proyecto, para todos los circuitos, el cableado será de tipo THHN. El mismo tiene temperatura máxima de operación de 90°C y está recubierto con aislamiento termoplástico resistente al calor y chaqueta externa de nylon; todas estas características hacen al cable tipo THHN superior en cuanto a capacidad de corriente, frente a los otros conductores antes mencionados.

### **4.3.3 Selección del conductor de neutro**

Todos los circuitos, incluyendo los trifásicos y bifásicos, van acompañados de sus respectivos neutros. En circuito ramales o alimentadores de 120 V, el conductor de neutro debe ser de las mismas características del alimentador. En casos en los que la alimentación sea en 208 V, en el artículo 220.61 (A), el CEN indica que, el conductor de neutro se calculará en función de la corriente de desequilibrio máxima de la carga, la cual viene dada por la carga máxima entre el neutro y cualquiera de los conductores activos multiplicada por 1,4. Esto se traduce normalmente en la selección de un conductor de calibre menor al de los conductores activos. En el caso de circuitos con corriente de carga mayor a 200 Ampere, se tomarán los primeros 200 A al 100% y al resto se le aplicará un factor de demanda de 0,7.

En el caso del tablero bajo estudio (T-EST), el conductor de neutro seleccionado resultará ser un calibre menor al conductor activo, siendo éste, Cu THHN #6 AWG.

### **4.3.4 Selección del conductor de tierra**

El cable que acompaña a cada circuito, respectivo a la puesta a tierra, se calcula en función de la corriente circulante en los conductores activos. En ningún caso el calibre del cable de tierra debe ser mayor que el de las fases. En la tabla 250.122 del CEN, se muestran los calibres mínimos de dichos conductores para equipos y canalizaciones.

**Tabla 4.3.4** Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de Equipos y Canalizaciones

Régimen o Ajuste máximo de Dispositivos de Sobrecorriente Automáticos Ubicado del Lado de la Alimentación (Amperios)	Calibre (AWG o kcmil)	
	Cobre	Aluminio o Aluminio Recubierto de Cobre
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800

Observando la tabla y tomando en cuenta el valor de corriente por fase correspondiente al tablero (T-EST), un calibre de cable Cu #10 AWG, se ajusta a las necesidades, sin embargo, se decide colocar un conductor Cu THHN #8 AWG.

#### **4.3.5 Consideraciones para selección de conductores alimentadores de motores**

En el teatro, se ubicarán diferentes cargas que deben regirse por lo indicado en la sección 430.22 (E) del CEN. Por tanto, para el caso de cargas con régimen de funcionamiento intermitente como hidroneumáticos de aguas blancas, aguas negras, bombeo de sistema contra incendio, elevadores y montacargas, en la tabla 430.22(E), se señala que la ampacidad de los conductores nunca será menor al porcentaje de la corriente nominal de la placa del motor.

**Tabla 4.3.5** Porcentaje de corriente nominal según distintos regímenes para la selección de conductores alimentadores de cargas de motores

<b>Servicio por Ciclos de Trabajo.</b>				
Clasificación del Servicio	Porcentaje del Régimen de Corriente en la Placa de Características de un Motor Especificado para Funcionar Durante el Tiempo de:			
	5 min.	15 min.	30 y 60 min.	Continuo
<b>Servicio de Corta Duración:</b> válvulas, rodillos para elevación o descenso, etc	110	120	150	<input type="checkbox"/>
<b>Servicio Intermitente:</b> elevadores de pasajeros y de carga, cabezales de herramientas, bombas, puentes levadizos, plataformas giratorias, etc. (para soldadores de arco, véase 630.11)	85	85	90	140
<b>Servicio Periódico:</b> rodillos, máquinas de manipulación de minerales y carbón, etc.	85	90	95	140
<b>Servicio Variable</b>	110	120	150	200

Nota: Cualquier aplicación de un motor se considerará como continua, a menos que la naturaleza del aparato movido por el motor sea tal que el motor no funcione continuamente con carga en cualquier circunstancia de uso.

De la tabla, se tomará el peor caso, lo cual indica que la ampacidad del conductor no debe ser menor que el 140% de la corriente a plena carga del motor.

#### 4.4 Cálculo de protecciones

Luego de haber seleccionado el calibre del conductor a utilizar, el siguiente paso consiste en escoger la protección adecuada para cada circuito. El primer dato necesario es la capacidad de interrupción nominal por corriente de sobrecarga. Posteriormente debe afinarse la selección del interruptor, en función del nivel de cortocircuito asociado a cada tablero.

#### 4.4.1 Cálculo de protecciones contra sobrecarga

Las protecciones a utilizarse en tableros de distribución y para circuitos ramales son del tipo termomagnético. El CEN en la sección referente a cada tipo de equipo, indica los lineamientos que deben cumplir los dispositivos de protección contra sobrecarga. Para el caso del tablero (T-EST), el CEN dicta en la sección 215.3, “Cuando un alimentador suministra una carga continua o una combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad del dispositivo de sobrecorriente será no menor que la suma de las cargas no continuas más un 125 por ciento de las cargas continuas”.

Por tanto, siguiendo lo previamente descrito y considerando las cargas referentes a lo tableros (T-IE) y (T-CAM), como cargas continuas y el tablero de aguas servidas como carga no continua.

Cargas no continuas = 1,5 kVA

Cargas continuas x 1,25 = 16.55 kVA x 1,25 = 20,69 kVA

Cargas no continuas + 1,25 (Cargas continuas) = 22,19 kVA

Habiéndose obtenido el valor de carga requerido para la selección de la protección contra sobrecarga, el nivel de corriente resulta en 61,63 Ampere; seleccionándose de esta manera, el inmediato superior de 3x70 Ampere.

Resulta muy común en subtableros, encontrar circuitos alimentadores de tomacorrientes e iluminación, donde el consumo se encuentra muy por debajo de los 20 Ampere; en este caso se asignarán interruptores con capacidad nominal de interrupción de 20 Ampere, ya que comercialmente, resultan ser los de menor denominación.

#### **4.4.2 Cálculo de niveles de cortocircuito**

Incluso las instalaciones eléctricas mejor diseñadas, nunca están exentas de experimentar cortocircuitos que resultan en corrientes anormales y extraordinariamente elevadas. Los dispositivos de protección, como interruptores y fusibles, tienen la tarea de despejar fallas en cualquier punto del sistema, con el mínimo daño posible en equipos y circuitos, y con la mínima interrupción del servicio eléctrico.

El flujo de corriente durante la ocurrencia de un cortocircuito en cualquier punto del sistema, está limitado por la impedancia de los circuitos asociados y de los elementos comprendidos en el tramo entre la fuente y el punto de falla.

Existen diferentes fuentes de corrientes de cortocircuito, entre las cuales se consideran los siguientes elementos:

- Generadores
- Motores sincrónicos y condensadores
- Motores de inducción

Otro tipo de elemento usualmente considerado como fuente de corriente de cortocircuito son los transformadores, sin embargo, estrictamente, esto no es correcto ya que el transformador solo entrega la corriente de cortocircuito producida por los generadores o motores que se encuentran aguas arriba al transformador. La cantidad de corriente que circula al momento de una falla, está determinada principalmente por: la reactancia de los generadores; la impedancia de la línea hasta los bornes del transformador; la tensión nominal en el devanado secundario del transformador y su respectiva reactancia; y la impedancia del tramo comprendido entre el transformador y el punto de falla.

En el caso de la edificación bajo estudio, se plantea una instalación eléctrica de tipo comercial, la cual es alimentada por la empresa de servicios públicos de electricidad, a través de un transformador de 750 kVA. La corriente aportada a la falla, en la subestación, solo es vista como un pequeño incremento en la corriente de carga y por lo tanto tiende a permanecer constante. Por esto, para efectos de cálculo, la subestación es usualmente representada por una impedancia equivalente referida al punto de conexión.

Existen distintos tipos de fallas, siendo las monofásicas a tierra, las de mayor ocurrencia, sin embargo, las trifásicas son las normalmente consideradas, ya que este tipo de cortocircuito es el que arroja los mayores valores de corrientes de falla y adicionalmente simplifica los cálculos.

Para proceder al cálculo de cortocircuito, se toman como referencias, *IEEE Std 141-1993* [4] y la publicación “*How to calculate fault currents*” [3], de la casa *Westinghouse*, donde se indican diferentes métodos de cálculo y algunas consideraciones importantes según el nivel de voltaje del sistema (bajo, medio o alto voltaje), así como algunas asunciones respectivas a motores.

Previamente se conoce que el voltaje del sistema es 208 Volt, siendo así, considerado como un sistema de bajo voltaje. Para el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas de bajo voltaje, generalmente no se estudia la componente asimétrica, dado que los interruptores a utilizar, en sus regímenes simétricos o permanentes, toman en cuenta los aportes de las componentes asimétricas.

Existen principalmente dos métodos para llevar a cabo el cálculo de cortocircuito. El método óhmico y el método por unidad. El método por unidad infiere mayor rapidez y comodidad, manteniendo una buena precisión en el resultado. Para ilustrar el cálculo, se tomará el mismo caso bajo estudio (T-EST), teniéndose como resultado, el nivel de cortocircuito en las barras principales de dicho tablero.



Los pasos a seguir para completar el cálculo, se enumeran a continuación:

**1. Determinar la Potencia base (kVA)**

$$\text{kVA Base} = 750 \text{ kVA} = \text{kVA nominales del Transformador}$$

**2. Determinar el Voltaje base (Volt)**

$$\text{Volts Base} = 208 \text{ Volt} = \text{Tensión nominal del sistema}$$

**3. Obtención de la Corriente base (Ampere)**

$$\text{Ampere Base} = \frac{\text{kVA Base} \times 1000}{\sqrt{3} \times \text{Volts Base}} = \frac{750000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 208 \text{ V}} = 2081,79 \text{ A} \quad (15)$$

**4. Impedancia del transformador (%)**

Este valor debe obtenerse directamente de la placa del transformador, sin embargo, por no estar disponible, se asumirá un valor de 5,5%. Este valor es el indicado en tablas para un transformador de 750 kVA.

**5. Fuente primaria (MVA)**

El teatro se ubica en una zona residencial, donde se estima que la subestación encargada de distribuir la energía eléctrica, no maneja una carga superior a los 50 MVA.

**6. Obtener la impedancia de la fuente primaria en p.u. ( $Z_{\text{FUENTE}}$ )**

El valor en por unidad de las impedancias es la relación entre el número real y la base, pero la relación de las impedancias será el inverso de la relación entre la potencia base y la potencia de la fuente primaria.

$$Z_{\text{FUENTE}}(\text{p. u.}) = \frac{\text{kVA Base}}{\text{Fuente primaria (kVA)}} = \frac{750 \text{ kVA}}{50000 \text{ kVA}} = 0,015 \text{ p. u.} \quad (16)$$

### 7. Convertir impedancia del transformador a p.u.

$$Z_{\text{T}}(\text{p. u.}) = \frac{Z_{\text{T}}(\%)}{100} = \frac{5,5\%}{100} = 0,055 \text{ p. u.} \quad (17)$$

### 8. Impedancia total hasta el devanado secundario del transformador

Resulta en la suma de la impedancia del transformador y la impedancia de la fuente primaria ( $Z_{\text{FT}}$ ).

$$Z_{\text{FT}} = Z_{\text{FUENTE}} + Z_{\text{T}} = 0,015 \text{ p. u.} + 0,055 \text{ p. u.} = 0,07 \text{ p. u.} \quad (18)$$

### 9. Contribución de motores a la corriente de falla

La consideración de un 50% de carga referente a motores sobre el total de la carga en sistemas de 208 Volt es una asunción normalmente aceptada y en este caso conservadora; ya que el uso continuo de todos los motores de manera simultánea se considera inusual. Las suposiciones hechas normalmente, debido a la falta de información precisa, están basadas en establecer un 25% de motores síncronos y un 75% de motores de inducción, manteniendo una relación de impedancias (X/R) igual a 6. Se sabe que la contribución de los motores a la corriente de cortocircuito, dependerá de la ubicación de la falla, sin embargo, considerar la contribución total, en los terminales del transformador es una práctica segura.

$$Z_{\text{m}} = 0,5 \text{ p. u.} \quad (19)$$

## 10. Impedancia de fuente y motores ( $Z_{FTm}$ )

Como se explicó anteriormente, tanto los motores como la fuente y el transformador, contribuyen a la falla. Para efectos de cálculo, ambas fuentes de corriente de cortocircuito son consideradas como una sola, obteniéndose así, el paralelo de ambas impedancias en los terminales del transformador.

$$Z_{FTm} = \frac{Z_{FT} \times Z_m}{Z_{FT} + Z_m} = \frac{0,07 \text{ p. u.} \times 0,5 \text{ p. u.}}{0,07 \text{ p. u.} + 0,5 \text{ p. u.}} = 0,0614 \text{ p. u.} \quad (20)$$

## 11. Impedancia de los conductores (p.u.)

Para obtener el nivel de cortocircuito en un punto deseado deben considerarse todos los conductores que conforman el tramo hasta el punto de falla. Será necesario disponer de los valores de resistencia y reactancia, para cada conductor.

En este caso, se requiere saber el nivel de cortocircuito que se tendría en caso de producirse una falla en las barras principales del tablero (T-EST). Desde el transformador hasta dicho tablero se toman en cuenta conductores Cu #500 kcmil, Cu #350 kcmil y Cu #2 AWG. Considerando que son canalizados en ductos de acero, las resistencias y reactancias para estos conductores, se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4.4.2a** R( $\Omega$ /km) y X( $\Omega$ /km) de conductores alimentadores de T-EST

	Cu #500 kcmil	Cu #350 kcmil	Cu #2 AWG
Resistencia ( $\Omega$ /km)	0,095	0,128	0,66
Reactancia ( $\Omega$ /km)	0,157	0,164	0,187

Posteriormente deben obtenerse los valores en ohms para cada tramo de cableado, por tanto, conocer las longitudes de los mismos será imprescindible.

Las siguientes ecuaciones permiten obtener dichas resistencias y reactancias:

$$R_{\text{tramo}}(\Omega) = \frac{R_{\text{cond}}(\Omega/\text{km}) \times \text{longitud cable}}{1000 \times \text{conductores p/f}} \quad (21)$$

$$X_{\text{tramo}}(\Omega) = \frac{X_{\text{cond}}(\Omega/\text{km}) \times \text{longitud cable}}{1000 \times \text{conductores p/f}} \quad (22)$$

Por tanto, aplicando las ecuaciones para cada uno de los tramos, se tiene:

**Tabla 4.4.2b** R(Ω) y X(Ω) para cada tramo de conductor

	#500 kcmil	#350 kcmil	#2 AWG
Tramo 1 Longitud: 16 m #conductores p/f: 7	R = 0,00036 Ω X = 0,00022 Ω	No Aplica	No Aplica
Tramo 2 Longitud: 18 m #conductores p/f: 3	R = 0,00094 Ω X = 0,00057 Ω	No Aplica	No Aplica
Tramo 3 Longitud: 6 m #conductores p/f: 1	No Aplica	R = 0,00076 Ω X = 0,00098 Ω	No Aplica
Tramo 4 Longitud: 56 m #conductores p/f: 1	No Aplica	No Aplica	R = 0,03696 Ω X = 0,01047 Ω

Posteriormente, se transforman los valores obtenidos a sistema por unidad mediante las siguientes ecuaciones:

$$R_{\text{tramo}}(\text{p. u.}) = \frac{R_{\text{tramo}}(\Omega) \times \text{kVA Base}}{(\text{kV Base})^2 \times 1000} \quad (23)$$

$$X_{\text{tramo}}(\text{p. u.}) = \frac{X_{\text{tramo}}(\Omega) \times \text{kVA Base}}{(\text{kV Base})^2 \times 1000} \quad (24)$$

**Tabla 4.4.2c** R(p.u.) y X(p.u.) para cada tramo de conductor

Tramo 1	R = 0,00622 p.u.	X = 0,00376 p.u.
Tramo 2	R = 0,01633 p.u.	X = 0,00988 p.u.
Tramo 3	R = 0,01331 p.u.	X = 0,01705 p.u.
Tramo 4	R = 0,64071 p.u.	X = 0,18154 p.u.

## 12. Impedancia total hasta el punto de falla

Posterior a la obtención de todas las impedancias, será necesario totalizarlas para calcular la corriente de cortocircuito. La resistencia total en por unidad, dependerá únicamente de la resistencia total del cableado. Para el cálculo de la reactancia total, serán tomadas en cuenta las reactancias de cada tramo. Las impedancias obtenidas del transformador, fuente y motores serán consideradas netamente reactancias, debido a que la parte resistiva es despreciada.

Resistencia Total:

$$R_T = R_{T1} + R_{T2} + R_{T3} + R_{T4} \quad (25)$$

$$R_T = 0,67657 \text{ p. u.}$$

Reactancia Total:

$$X_T = Z_{FTm} + X_{T1} + X_{T2} + X_{T3} + X_{T4} \quad (26)$$

$$X_T = 0,27363 \text{ p. u.}$$

Finalmente se debe obtener el módulo de la impedancia total. Dado que la resistencia y reactancia total tienen un ángulo de  $90^\circ$  entre ellas, la impedancia se obtiene según la siguiente ecuación:

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} \quad (27)$$

$$Z_T = \sqrt{(0,67657 \text{ p.u.})^2 + (0,27363 \text{ p.u.})^2} = 0,72981 \text{ p.u.}$$

### 13. Corriente de Cortocircuito

Una vez obtenido el valor de impedancia total hasta el punto de falla bajo estudio, solo resta un último cálculo, el cual arrojará el valor de corriente de cortocircuito. A plena carga, la corriente corresponde a la corriente base y la impedancia es 1 p.u., por tanto, se concluye que la corriente resultante es la corriente nominal del transformador. Basándose en esta afirmación, la corriente de cortocircuito es:

$$I_{cc} = \frac{\text{Corriente Base (A)}}{Z_T \text{ (p.u.)}} \quad (28)$$

$$I_{cc} = \frac{2081,79 \text{ A}}{0,72981 \text{ p.u.}} = 2852,51 \text{ A} \sim 2,85 \text{ kA}$$

El valor obtenido de corriente de cortocircuito se toma en “Ampere simétricos rms”, por lo que puede ser considerado como referencia para la selección de interruptores de caja moldeada. El interruptor seleccionado es *GE TEB 3x70A*

Después de haber obtenido los datos más importantes para la selección previa de protecciones, estos valores son incorporados en la tabla de carga,

permitiendo posteriormente hacer una selección precisa según los modelos disponibles y los requerimientos para la coordinación de protecciones.

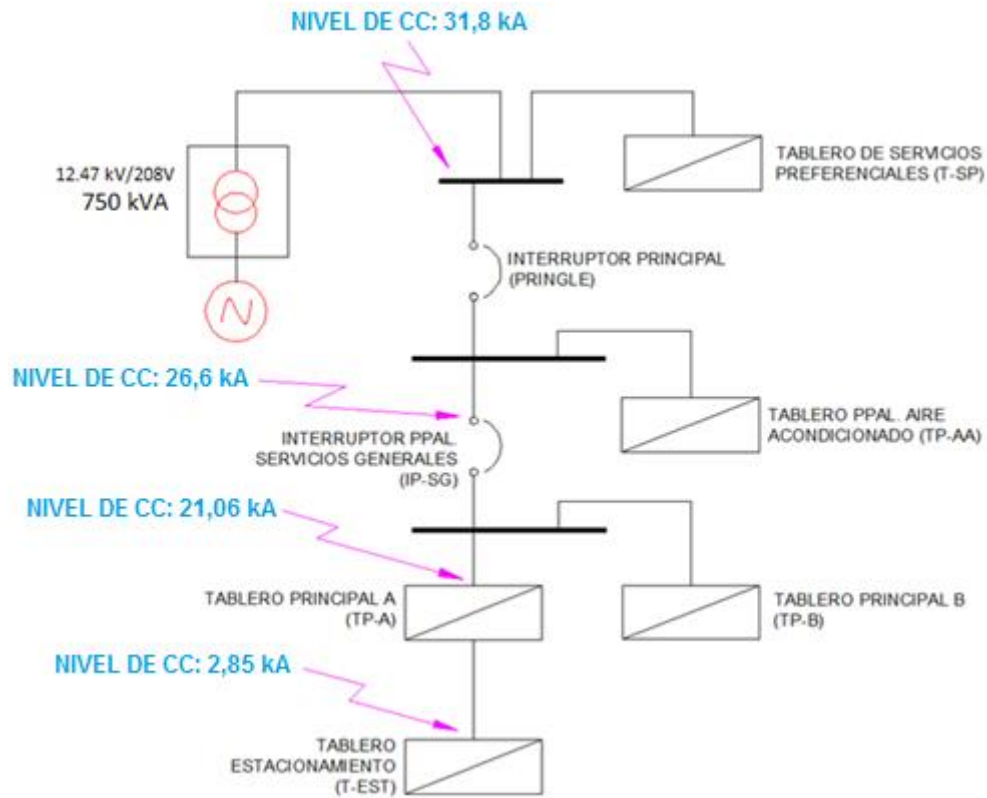


Figura 4.4.2 Niveles de cortocircuito desde el Pringle hasta el tablero (T-EST)

#### 4.4.3 Consideraciones para la selección de protecciones de cargas de motores

Para la protección de cargas de motores en servicio intermitente, el CEN señala lo siguiente:

“Se permitirá que un motor cuyas condiciones de servicio sean inherentemente de periodos cortos, intermitente, periódico o de ciclos variables, como se indica en la Tabla 430.22 (E), esté protegido de sobrecargas por el dispositivo de protección de cortocircuitos y fallas a tierra del circuito ramal, siempre que la corriente nominal o ajuste de disparo no exceda los valores indicados en la Tabla 430.52.”

**Tabla 4.4.3** – Régimen máximo o ajuste de los dispositivos de protección de cortocircuito y falla a tierra de los circuitos ramales de motores

**Tabla 430.52 Régimen Máximo o Ajuste de los Dispositivos de Protección de Cortocircuito y Falla a Tierra de los Circuitos Ramales de Motores.**

Tipo de Motor	Porcentaje de la Corriente a Plena Carga				
	Fusible No Retardado <sup>1</sup>	Fusible de Dos Elementos <sup>1</sup> (Tiempo Retardado)	Interruptor Automático		
			Disparo Instantáneo	Tiempo Inverso <sup>2</sup>	
Motores monofásicos					
Polifásicos ca., distintos de rotor bobinado:					
Jaula de Ardilla □ que no sea de Diseño E o B eficiente de energía		300	175	800	250
Diseños E o B eficiente de energía,		300	175	1100	250
Síncronos <sup>3</sup>		300	175	800	250
Rotor bobinado		150	150	800	150
Corriente continua (tensión constante)		150	150	250	150

Adicionalmente, en cuanto a la protección de cortocircuito y falla a tierra, para equipos de aire acondicionado, el CEN indica en el artículo 440.22 (A) que, el dispositivo de protección del circuito ramal será capaz de soportar la corriente de arranque del motor. Se permitirá utilizar un dispositivo de protección cuya corriente nominal o de ajuste de disparo no exceda el 175% de la corriente de carga nominal del motocompresor.

#### 4.5 Tipos de paneles eléctricos

Una vez previstas todas las cargas con su respectiva ubicación, conductores y protecciones, es necesario seleccionar el tipo de tablero a instalar. La ubicación,



tensión de trabajo, cargas a alimentar, etc, son factores que definen el tipo de tablero que debe colocarse.

A pesar de que siempre está la posibilidad de solicitar tableros especiales, con medidas y características específicas, la mayor parte de los tableros contemplados en este proyecto pueden encontrarse comercialmente. Los paneles eléctricos cumplirán con la sección 408 del CEN.

Entre los tableros a destacar, se tienen:

- **TABLERO TIPO RESIDENCIAL:** Fabricado conforme a la norma COVENIN 542-99. Son tableros pequeños bifásicos, normalmente de hasta 20 circuitos. Con barras principales con capacidad de corriente de hasta 125A. Tensiones de trabajo de 120V o 240V. Permite la conexión de interruptores secundarios entre 15A y 100A. Posibilidad para instalación embutida o superficial. Utilizado normalmente para el corte de circuitos en viviendas y en la industria, para cargas relacionadas con producción.
- **TABLERO TIPO NLAB:** Es un tablero trifásico, frecuentemente utilizado para la protección y corte de circuitos de iluminación, tomacorrientes y cargas menores, como pequeñas unidades de aire acondicionado, entre otros. Disponible hasta 42 circuitos, con barras principales de 400A. Trabaja en tensiones de 120V o 240V y puede ser instalado, empotrado, superficialmente, a la intemperie o a prueba de polvo. Fabricado conforme a la norma COVENIN 542-99
- **TABLERO TIPO NAB:** Es un tablero con las mismas características del NLAB, a diferencia de que las barras principales tienen una capacidad de corriente de hasta 600A. Permite además alimentar otros circuitos

alimentadores de subtableros. Fabricados conforme a la norma COVENIN 542-99

- **TABLERO TIPO NHB:** Es un tablero similar al NAB. LA principal diferencia es que este trabaja en 480V/277V y usualmente se utiliza para alimentar cargas de alumbrado exterior y máquinas de pequeñas potencias. Capacidad de corriente en barras principales de 600A. Fabricados conforme a la norma COVENIN 542-99
  
- **TABLERO TIPO CCB:** Es un tablero utilizado para el corte y protección de circuitos ramales de fuerza y distribución. Posee barras principales con capacidad de corriente de hasta 1200A. Apto para tensiones de operación de hasta 600 VAC, 60 Hz. Capacidad de hasta 42 circuitos. Montaje superficial o autosoportado. Capacidad de interrupción de cortocircuito de hasta 200 kA RMS. Fabricado para uso general bajo NEMA 1; a prueba de polvo y agua, bajo NEMA 12; para uso a la intemperie bajo NEMA 3R y para ambiente corrosivo bajo NEMA 4,4x.
  
- **TABLERO TIPO CCM:** Por sus siglas, es un tipo de tablero diseñado para el control de motores. Existen diferentes subclasificaciones, entre las cuales se encuentran:
  - **FIJOS ABIERTOS:** Son aquellos CCM cuyos arrancadores o protección específica para lo motores, son de protección térmica fija o ajustable.
  - **FIJOS COMPARTIMENTADOS:** Son aquellos CCM, cuyos arrancadores o protección específica para los motores se encuentran fijadas al igual que uno fijo abierto, pero separadas en compartimentos o gavetas.

- EXTRAIBLES: Son CCM dotados de gavetas extraíbles que permiten la revisión de componentes en un punto intermedio, inhabilitando la tensión de trabajo y contando solo con la tensión de control.

Entre las características principales de este tipo de tableros se destaca una capacidad de corriente en barras principales de hasta 4000A. Voltaje de trabajo de hasta 600 Vca y capacidad de interrupción de cortocircuito de 100 kA a tensión de 480 Vca. Al igual que el tablero CCB, son fabricados según norma NEMA, para funcionamiento en intemperie, ambientes con polvo y agua, y ambientes corrosivos.

En el caso del tablero (T-EST) que se ha venido usando a modo de ejemplo, según la corriente por fase obtenida de 54.7 A, podemos seleccionar un tablero tipo NAB, con capacidad de corriente en barras principales de 125A. Este tablero convenientemente, debido a su ubicación y cargas a alimentar, irá instalado de manera superficial, con su alimentador canalizado por techo.

#### **4.6 Tuberías**

Entre los últimos elementos que se deben planificar o calcular, después del diseño de un tablero eléctrico, se destacan los ductos o tuberías (también llamadas Conduit) que servirán para canalizar los diferentes conductores, bien sean alimentadores o circuitos ramales. Normalmente en edificaciones como la concerniente, se destaca principalmente el uso de tuberías metálicas tipo EMT (Electrical Metallic Tubing) tanto para canalizaciones embutidas en paredes o piso, como en canalizaciones en techo, normalmente expuestas a la vista. Los diámetros comerciales y normalizados según el (CEN, 2009) para este tipo de tuberías son:  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2, 3 y 4 pulgadas, y la longitud por cada unidad de tubería debe tener un máximo de 3 metros. Al momento de ensamblar los tramos que permitirán realizar el cableado de un punto a otro, se deben utilizar varias unidades de tuberías que estarán provistas de anillos en los extremos, con diámetro levemente superior al de la tubería y serán sujetadas con

un par de tornillos en cada extremo. En determinados casos también se considera el uso de otro tipo de tubería llamada FMT (Flexible Metallic Tubing), únicamente en diámetros de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ ". Este tipo de tubería tiene uso frecuente en circuitos de iluminación y en situaciones en las que la estructura dificulte la acomodación de codos o curvas. Para el área del escenario, es posible que se considere la utilización de bandejas portacables tipo escalera o fondo sólido, para el cableado de iluminación y fuerza, por esto, en la sección 392 del (CEN, 2009) se indican las normas a seguir para el uso de bandejas portacables, así como las áreas de ocupación máxima según la superficie de la bandeja.

El número de conductores de diferentes calibres que pueden ir canalizados en determinada tubería, deben calcularse en función del área de la sección transversal del conductor. En la Tabla 1 del (CEN, 2009) se especifica el porcentaje de ocupación de conductores dentro del tubo para los casos más comunes. Posteriormente en la Tabla 4 del (CEN, 2009), se muestran las dimensiones y área porcentual de tubos y tuberías tipo EMT y FMT, para 1, 2 o más de conductores.

Para mostrar un ejemplo del cálculo y selección del diámetro de tubería, se toma el caso del tramo correspondiente al tablero (T-EST); dicha tubería deberá ir por techo, suspendida y sujeta con soportes de acero galvanizado. El tramo desde el Tablero Principal A (TP-A) hasta (T-EST) tiene una longitud aproximada de 52 metros.

Para el cálculo del diámetro de tubería, se consideran, la Tabla 1, Tabla 4, correspondiente a la sección 358 (Tuberías tipo EMT), y la Tabla 5 "Dimensiones de conductores aislados y de cables de aparatos", mostradas en el (CEN, 2009). Previamente se sabe que el conductor que alimentará el tablero corresponde a Cu THHN #2 AWG por fase; el conductor correspondiente al neutro será Cu THHN #6 AWG y el de tierra, CU THHN #8 AWG. Entonces, observando la Tabla 1, se indica que para tuberías alojando más de 2 conductores, el porcentaje de ocupación no debe

sobrepasar el 40% de la sección total de la tubería. Posteriormente, de la Tabla 5 se obtienen las secciones aproximadas de cada uno de los calibres de cable tipo THHN.

- Cu THHN #2 AWG tiene una sección aproximada de 0,1158 pulgadas<sup>2</sup>

Como el circuito alimentador es trifásico, el valor de la sección equivalente resulta en 0,3474 pulgadas<sup>2</sup>

- Cu THHN #6 AWG tiene una sección aproximada de 0,0507 pulgadas<sup>2</sup>
- Cu THHN #8 AWG tiene una sección aproximada de 0,0366 pulgadas<sup>2</sup>

Luego, sumando las secciones de todos los cables en consideración se obtiene una sección total equivalente de 0,4347 pulgadas<sup>2</sup>. En la Tabla 4, en la sección de tuberías tipo EMT, en la columna correspondiente a más de 2 conductores, se puede apreciar que un diámetro de tubería de 1½” posee el espacio suficiente para los conductores, siendo 0,814 pulgadas<sup>2</sup>, el 40% de la sección total de la tubería.

En muchos textos como por ejemplo la publicación de (Oswaldo Penissi, 2010), “Canalizaciones Eléctricas Residenciales”, e incluso en el (CEN, 2009) se indica que en ciertos casos puede ser conveniente seleccionar tuberías de mayor diámetro a manera de evitar atascamientos. Esto, en muchos casos viene también sujeto a la longitud del tramo de tubería; por tanto, para tramos largos, es recomendable considerar una tubería de mayor diámetro. En este caso, por tratarse de un tramo de notable distancia, para facilitar el cableado, se tomará un ducto de 2” de diámetro, con una sección total de 3,356 pulgadas<sup>2</sup>.

#### **4.7 Diagrama Unifilar**

Después de haber contemplado todos los tableros que serán necesarios, se plantea un diagrama unifilar, donde se puede ubicar cada panel eléctrico; además brinda información referente a la fuente de alimentación de cada tablero, sus conductores asociados e interruptor principal. Este diagrama se anexa al final de este trabajo.

## CAPITULO V

Como fue visto anteriormente, existen dos principales variables para la selección de dispositivos de protección asociados a cada circuito; éstos son: corrientes de sobrecarga y corrientes de cortocircuito. Es contra estos tipos de corrientes que el dispositivo elegido deberá actuar, para proteger los conductores y equipos.

En el mercado existen diferentes tipos y clases de interruptores. Son clasificados principalmente según número de polos, capacidad nominal de interrupción, capacidad de interrupción de corriente de cortocircuito y tensión de operación. Todas estas variables deben ser tomadas en cuenta, así como el tipo de tablero en el cual estará alojado. El tablero eléctrico, según la carga a manejar, tendrá barras principales y secundarias con cierta capacidad de corriente, por esto, todo interruptor posee una característica llamada “Frame”, por la cual es clasificado principalmente según sus dimensiones máximas de terminales de entrada y salida. Adicionalmente, el fabricante emite una hoja de especificaciones con todos los datos, según el tipo de interruptor. Entre estos datos se ubica también lo que se conoce como curva de tiempo-corriente o tiempo inverso; dicha curva describe la actuación o disparo de la protección.

Existen dos principales tipos de interruptores automáticos, los termomagnéticos que resultan los más comúnmente usados en instalaciones residenciales y comerciales, y los de protección electrónica, los cuales poseen diferentes controles de ajuste para modificar las características de la curva de tiempo-corriente. Normalmente, dos protecciones independientes están asociadas en un solo dispositivo de protección para garantizar:

- Protección contra sobrecargas, llamado también largo retardo. Su característica de disparo es a tiempo inverso, lo que indica que a mayor valor de corriente, menor es el tiempo de actuación.
- Protección contra cortocircuitos, también llamado corto retardo o instantáneo. La característica de disparo es independiente del tiempo. Esto quiere decir que a partir de cierto valor de corriente de falla, la protección actúa siempre en el mismo tiempo.

La continuidad de servicio es una exigencia en una instalación moderna, por lo que la falta de una adecuada selectividad puede provocar la apertura simultánea de más de un elemento de protección, posicionado aguas arriba del punto de falla; siendo esto así, la selectividad es un concepto esencial que debe tenerse en cuenta como parte de todo buen diseño de instalaciones eléctricas.

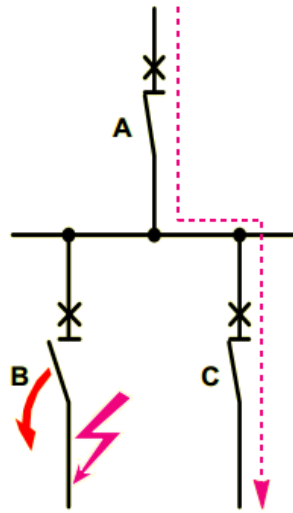
## **5.1 Selectividad**

La selectividad se consigue por medio de dispositivos de protección automáticos cuando se presenta una condición de defecto en cualquier punto de la instalación y el dispositivo de protección situado inmediatamente aguas arriba del defecto se encarga de eliminar el mismo, asegurando la continuidad del servicio en el resto de la instalación. Existen dos tipos de selectividad, selectividad total y selectividad parcial.

### **5.1.1 Selectividad Total**

Teniendo como ejemplo, dos interruptores A y B. La selectividad entre los interruptores automáticos A y B es total si el valor máximo de la corriente de cortocircuito en el circuito B no supera el ajuste de disparo por cortocircuito del interruptor automático A. En esta condición sólo disparará el interruptor automático B.

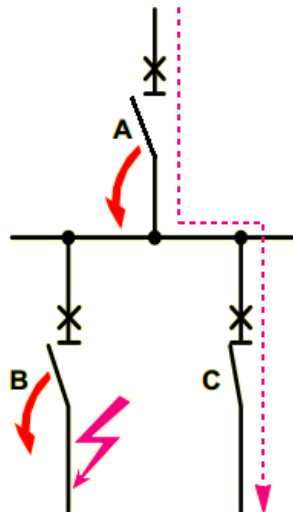




**Figura 5.1.1** Selectividad Total

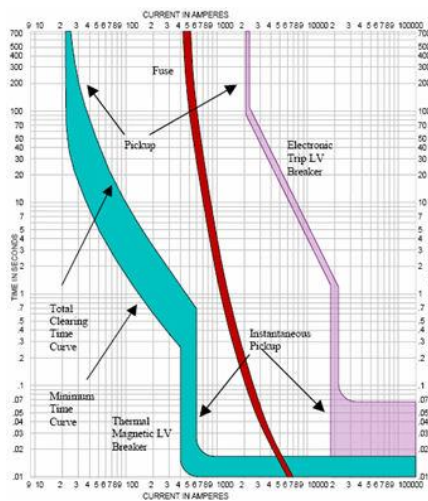
### 5.1.2 Selectividad Parcial

La selectividad es parcial si la máxima corriente de cortocircuito posible en el circuito B es superior al ajuste de la corriente de disparo por cortocircuito del interruptor automático A. En esta condición dispararán los interruptores automáticos A y B, implicando así una mala coordinación de las protecciones asociadas.



**Figura 5.1.2a** Selectividad Parcial

En el caso de protecciones en baja tensión, la mayoría de los interruptores y principalmente aguas abajo, son interruptores termomagnéticos enchufable o atornillables para uso residencial y/o comercial. Los mismos son interruptores normalmente usados para circuitos de tomacorrientes e iluminación y debido a que aguas abajo, el nivel de corto circuito es reducido, su capacidad de interrupción máxima de 10 kA simétricos RMS resulta suficiente. En el caso de tableros alimentadores y de distribución, usualmente se ubican interruptores de caja moldeada, muchos de estos, debido a los requerimientos, son interruptores sencillos con cierto nivel de interrupción de corriente de falla y en la mayoría de los casos tampoco disponen de un control de ajuste de disparo. Conociéndose esto, se revisaron las curvas de corriente-tiempo proporcionadas por el fabricante y se corroboró la selectividad total. Lo más recomendable es verificar la selectividad total a través de la superposición de las curvas de los interruptores bajo estudio, sin embargo, la diferencia de escalas y tamaños entre las curvas representa una dificultad; por esto se compararon los tiempos de disparo de cada interruptor para un mismo nivel de cortocircuito específico, tomándose en cuenta la ocurrencia de un nivel de corto circuito inferior, garantizándose así, una adecuada coordinación de protecciones.



**Figura 5.1.2b** Ejemplo de adecuada coordinación de protecciones mediante la superposición de las curvas de los interruptores asociados

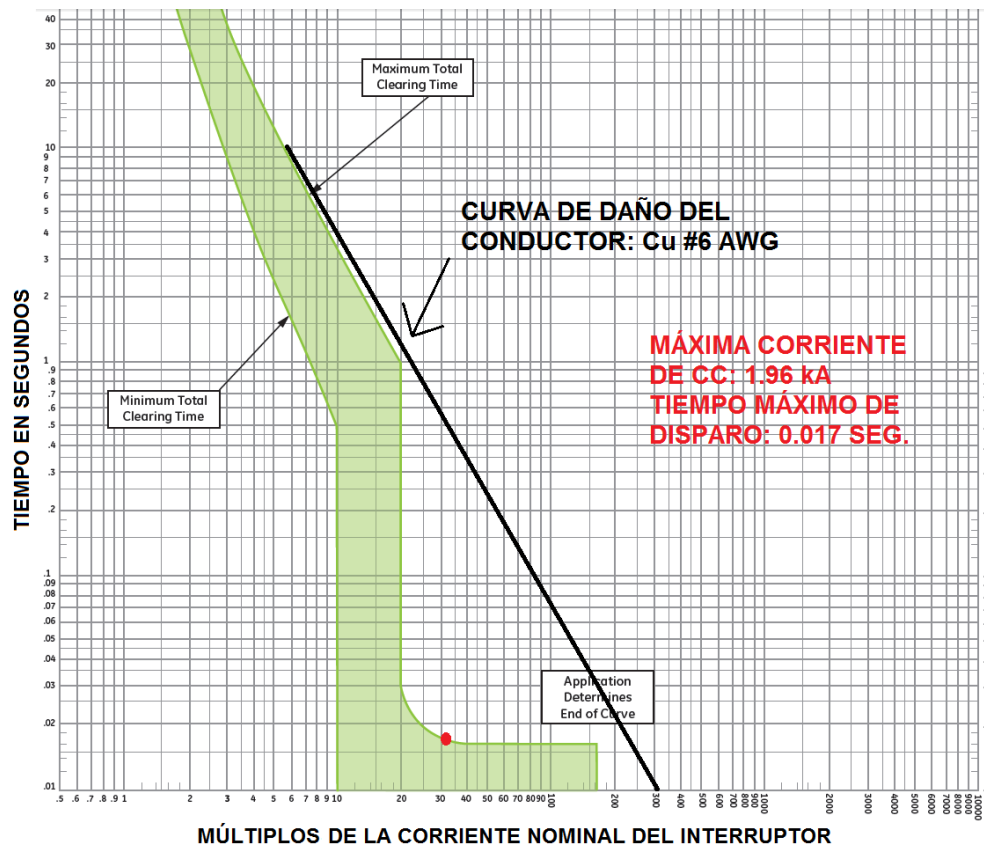
Finalmente para los tableros principales de alimentación del teatro, se considerarán interruptores capaces de manejar mayores cargas, adicionalmente tendrán mayor capacidad de corte o interrupción de corrientes de falla y también contarán con controles ajustables para el tiempo de disparo; por esto, será necesario observar las curvas de los interruptores de circuitos ramales y ubicar el ajuste de disparo del interruptor aguas arriba, con un tiempo superior al evaluado en las curvas antes mencionadas.

Existen en la actualidad diversos softwares computacionales que permiten realizar simulaciones referentes al estudio y coordinación de protecciones, tomando bases de datos de diferentes fabricantes. Sin embargo, en este trabajo se ejemplifica todo el procedimiento manualmente a modo de explicar cada paso del proceso. Se tomó como caso de estudio, la coordinación de protecciones desde el tablero (T-CAM) hasta el tablero principal del teatro (PRINGLE), evaluando cada una de las curvas de los interruptores involucrados.

## **5.2 Planificación y coordinación de protecciones**

- **Tablero Camerinos (T-CAM)**

El máximo nivel de cortocircuito previamente calculado para este tablero resulta en 1,96 kA rms simétricos. El dispositivo trifásico de protección principal ubicado en este tablero corresponde a un interruptor tipo THQC con valor nominal de interrupción por sobrecarga de 60A. Según los datos emitidos por el fabricante, la protección tiene una capacidad de interrupción de corriente de cortocircuito de hasta 10 kA. A continuación se muestra la característica corriente-tiempo para el interruptor seleccionado.

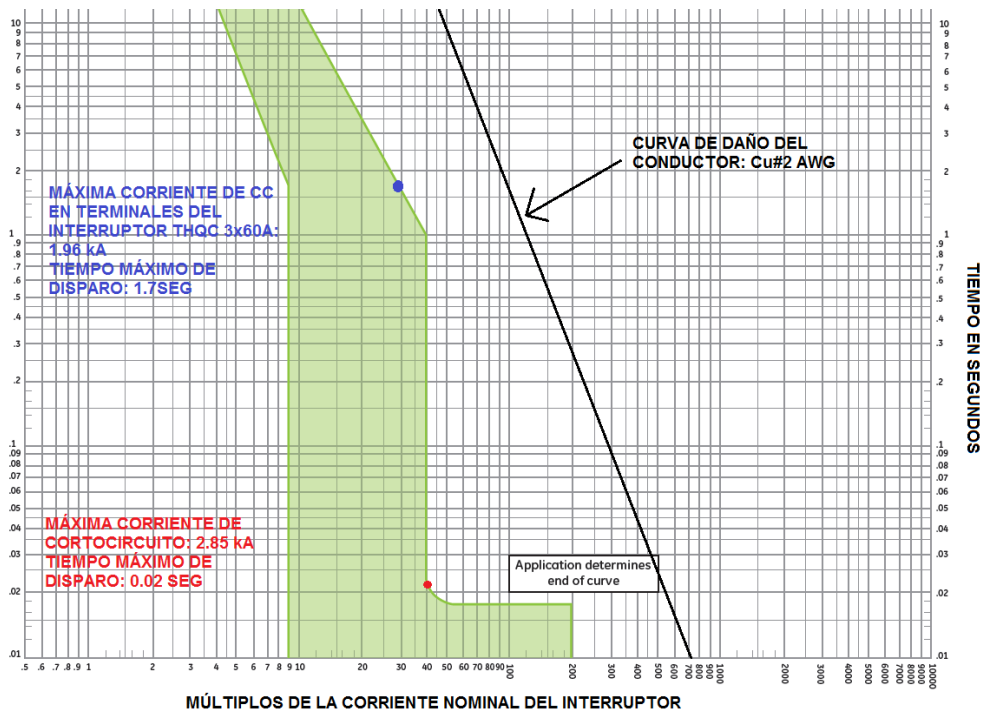


**Figura 5.2a** Curva de tiempo-corriente del interruptor *GE THQC 3x60A*

De presentarse el máximo nivel de cortocircuito en algún punto cercano, aguas abajo a este interruptor, la corriente resultante sería aproximadamente 33 veces el valor nominal de interrupción del interruptor, siendo despejada en un tiempo máximo de 0,017 segundos.

- **Tablero Estacionamiento (T-EST)**

Diseñado para poseer una protección trifásica de 70 Amperes, tipo TEB, con capacidad de interrupción de corriente de falla de 10 kA rms simétricos, la cual será suficiente para interrumpir el flujo de corriente de falla máximo, calculado en 2,85 kA rms simétricos.



**Figura 5.2b** Curva de tiempo-corriente del interruptor *GE TEB 3x70A*

La corriente de cortocircuito máxima calculada en este punto es aproximadamente 41 veces la corriente nominal de interrupción del dispositivo; esto ubica el tiempo de disparo máximo en aproximadamente 0,02 segundos. A modo de asegurar la selectividad, se debe evaluar en esta curva, la corriente de cortocircuito máxima en el Tablero Camerinos (T-CAM). La corriente de 1,96 kA, llevada al gráfico en cuestión representa aproximadamente, la corriente nominal del interruptor, multiplicada por 28, arrojando así un valor de tiempo de disparo de 1,7 segundos. Esto demuestra que, al momento de presentarse un defecto, actuará el interruptor ubicado inmediatamente aguas arriba al punto de falla, asegurando así la continuidad del servicio en el resto de los circuitos.

- **Tablero Principal A (TP-A)**

El tablero principal A es uno de los dos tableros que se encargarán de alimentar las cargas clasificadas como servicios generales. Destinado a manejar una carga de 104 kVA aproximadamente. El nivel máximo de cortocircuito calculado es de alrededor de 21 kA, por esto, será necesario incorporar un interruptor mas robusto, con una capacidad de interrupción de sobrecorriente de al menos 22 kA. La capacidad nominal del mismo debe ser de 350 Ampere por fase. Revisando los modelos disponibles en el mercado, se ha elegido un interruptor tipo TJK, con capacidad de interrupción de cortocircuito de 42 kA.

El interruptor seleccionado tiene un capacidad de corte nominal de 350 Ampere, con la posibilidad de hacer ajustes en el disparo instantáneo. En función de este ajuste o configuración, se determina el comportamiento de la curva. En la gráfica se pueden observar los diferentes bloques que definen cada uno de los ajustes posibles.

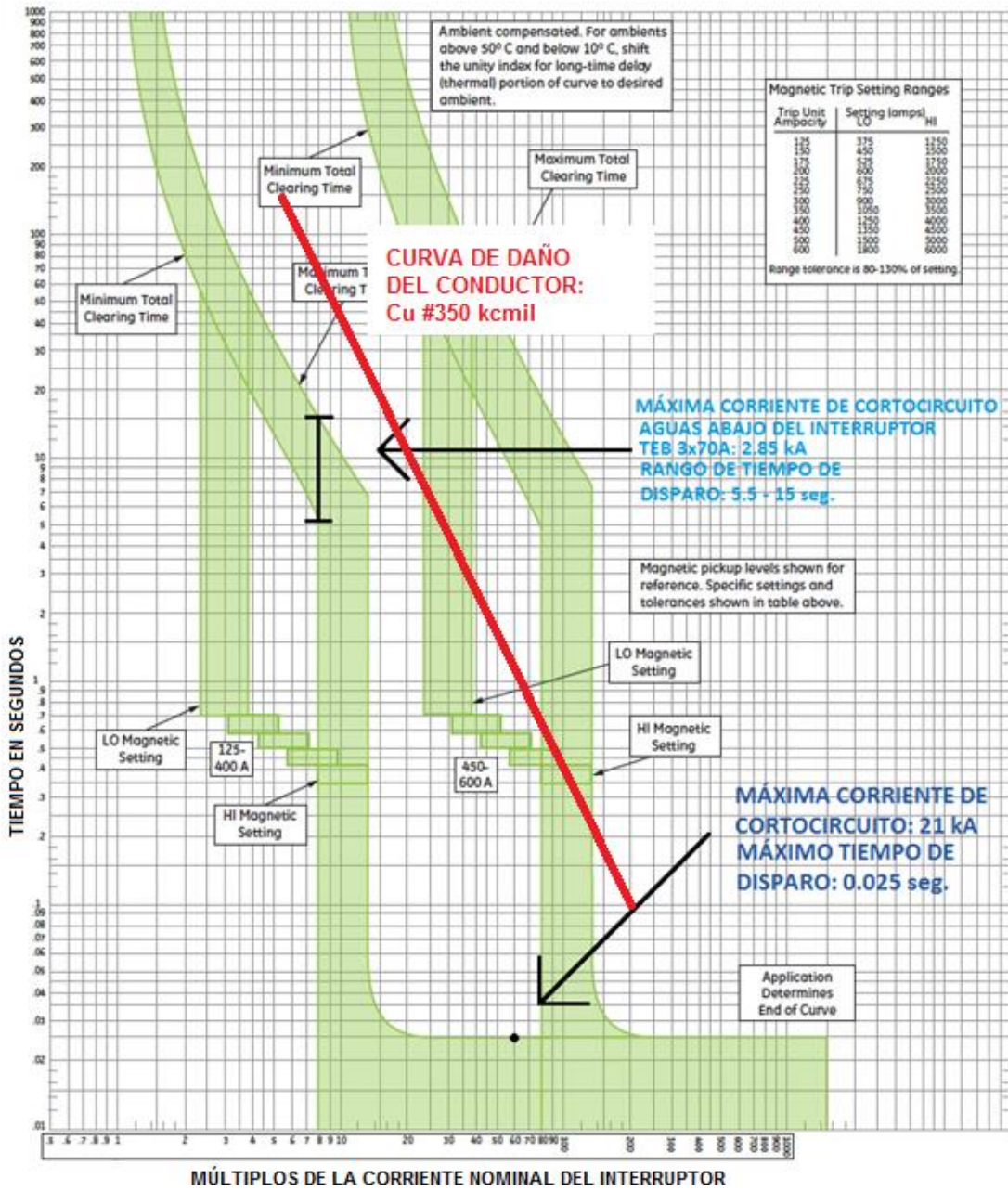


Figura 5.2c Curva de tiempo-corriente del interruptor

GE TJK 3x350A (izquierda)

Teniendo en cuenta, el máximo nivel de cortocircuito posible en este tablero, el mismo resulta ser aproximadamente 60 veces la corriente nominal de interrupción, logrando que el interruptor actúe en un tiempo máximo de 0,025 segundos; por otro lado, evaluando la corriente máxima de falla en (T-EST), resulta ser aproximadamente 8 veces la corriente nominal de ajuste del interruptor principal de (TP-A). Sí se mantiene el ajuste magnético por defecto (HI Magnetic Setting), el tiempo de disparo se ubica entre 5,5 y 15 segundos, entonces, finalmente se confirma una correcta actuación de las protecciones, garantizando así la selectividad total.

- **Interruptor principal de servicios generales**

En función de asegurar la selectividad total, se toma un interruptor con capacidad nominal de interrupción de 1200 A, dotado con controles para el ajuste del disparo de tiempo corto e instantáneo, como es el caso del interruptor General Electric, modelo SK de la serie Spectra. Este interruptor puede ser ajustado en 4 diferentes bandas de retraso de tiempo corto, siendo la banda 1, la que brinda un tiempo mínimo de disparo de 0,1 segundos. En caso de falla aguas abajo al interruptor TJK con nivel de cortocircuito máximo y éste, no actúa, el interruptor SK actuará 0,075 segundos posteriores al máximo tiempo de disparo del interruptor TJK, asegurándose la selectividad total.



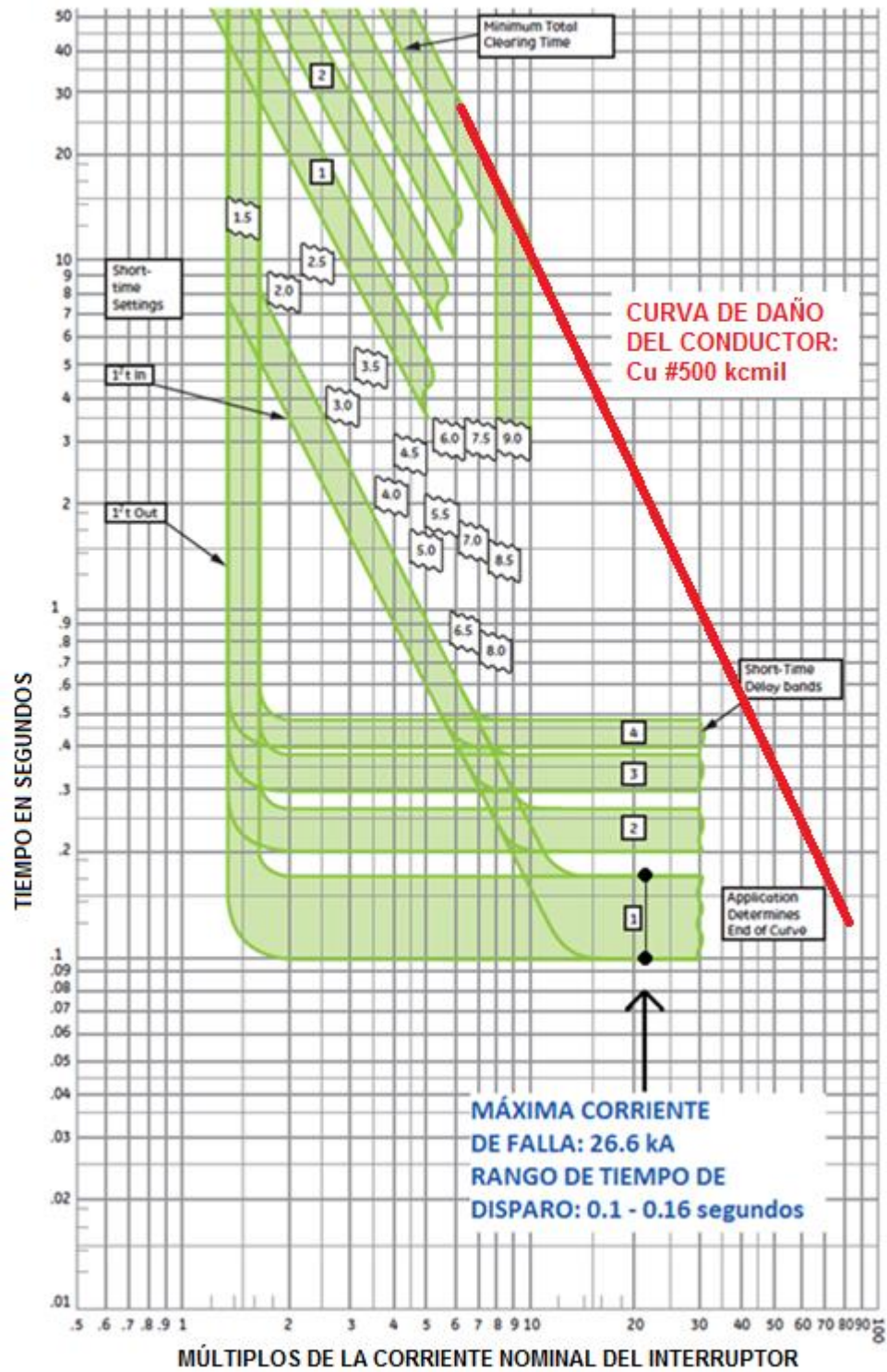


Figura 5.2d Curva de tiempo-corriente del interruptor SK1200A

- **Interruptor Principal (Pringle)**

Este dispositivo representa la protección principal de todo el teatro. A excepción de los servicios preferenciales, este interruptor manejará la mayor parte de la carga prevista para el recinto. El interruptor existente, llamado también “Pringle”, es uno perteneciente a la compañía Schneider Electric, modelo NW32 H2, con una capacidad de interrupción nominal de 3200A trifásicos y unidad de control “Micrologic 2.0 A” la cual permite realizar 3 diferentes tipos de ajustes; ajuste del rango nominal de disparo, ajuste de retardo de disparo en sobrecarga (long time) y ajuste del umbral de disparo de tiempo corto.

Con un máximo nivel de cortocircuito calculado en los terminales de este interruptor en 31,8 kA rms simétricos y ajustando el umbral de tiempo corto a 8 veces la corriente nominal de interrupción, se tiene que el intervalo de tiempo en el cual el interruptor debe disparar está entre 0,02 y 0,08 segundos. Adicionalmente evaluando la corriente máxima de cortocircuito evaluada para el interruptor principal de servicios generales, se tiene que la misma representa 8,3 veces la corriente nominal del interruptor bajo estudio. Realizando el debido ajuste de retardo en sobrecarga, el rango de tiempo de disparo para este valor de cortocircuito se ubica aproximadamente entre 0,2 y 0,3 segundos, el cual es superior al máximo tiempo de actuación del interruptor principal de servicios generales. El ajuste de retardo por sobrecarga deberá ser el mínimo posible, 0,5 segundos.

## Micrologic 2.0

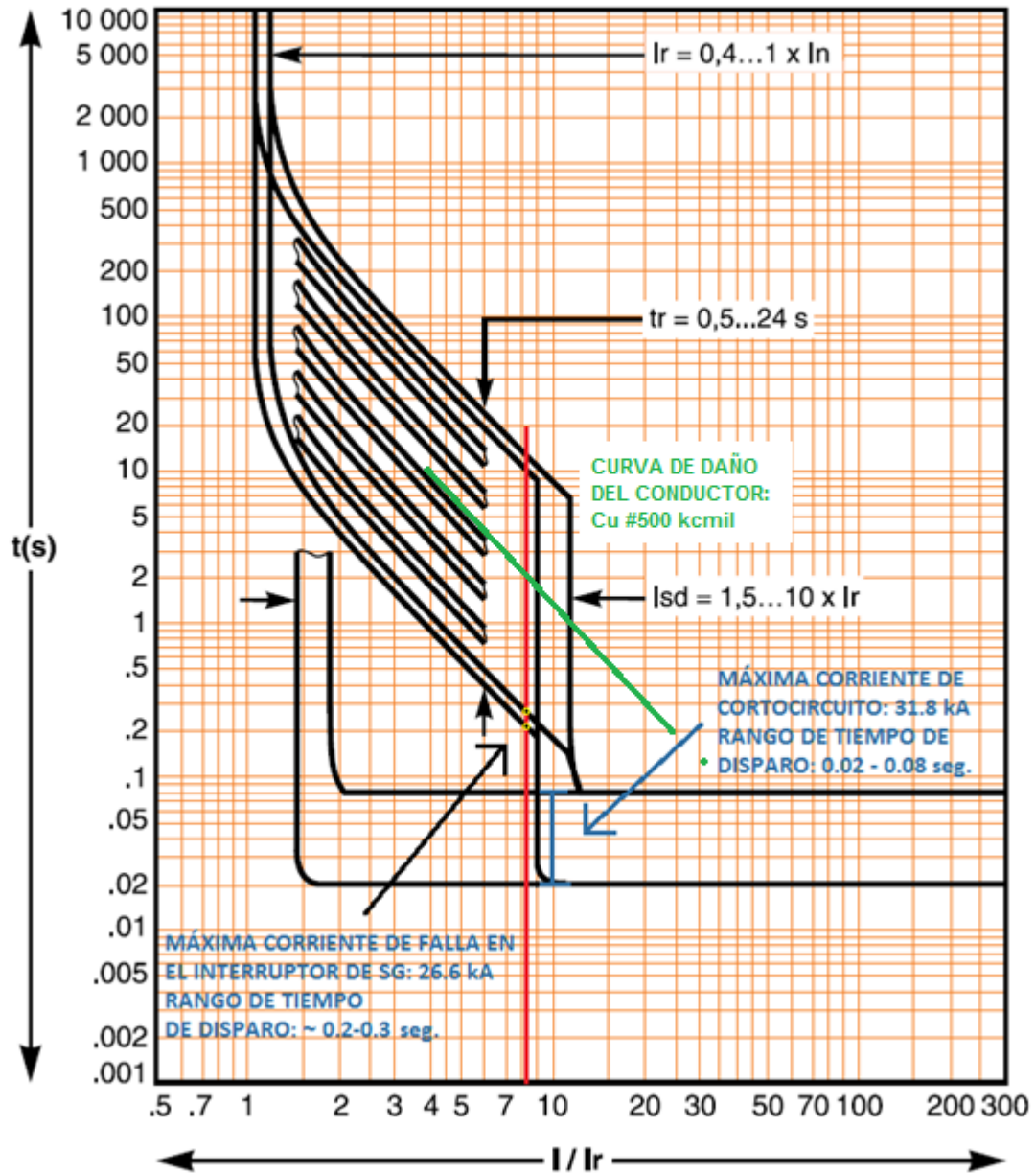


Figura 5.2f Curva de tiempo-corriente del interruptor principal

Masterpact NW32 H2 con módulo de control Micrologic 2.0

### **5.3 Coordinación de protecciones para motores.**

En el caso de motores, dependiendo de la potencia del motor y el tipo de conexión de la alimentación, pueden presentarse elevadas corrientes por ciertos períodos de tiempo. Normalmente, a partir de cierta potencia, se pueden incorporar interruptores especialmente diseñados para la protección de motores, algunos dotados con controles de ajuste de retardo por sobrecarga y cortocircuito; tal es el caso de la línea MagBreak de la casa General Electric. Deben conocerse con detalle los regímenes transitorios de cada motor, en función de realizar los ajustes necesarios de retardo por sobrecarga y prevenir la interrupción de alimentación al momento del arranque.

Al no tenerse detalles específicos de los motores a ser contemplados en el teatro, la coordinación de protecciones deberá realizarse posteriormente.

### **5.4 Interruptores de transferencia automática**

Los interruptores de transferencia automática son conmutadores que permiten transferir la carga a un circuito de alimentación proveniente de una fuente alterna a la convencional, siendo comúnmente estas, generadores o plantas eléctricas que trabajan normalmente con combustibles fósiles o derivados, como el gasoil o diesel.

Existen conmutadores de accionamiento manual y conmutadores motorizados o de accionamiento automático. Para el presente caso, se han seleccionado tres conmutadores con accionamiento automático. Se utilizarán dos generadores; uno de 400 kVA asociado a los tableros de servicios generales y servicios preferenciales mediante dos conmutadores automáticos de 1250A y 400A respectivamente. El otro generador podrá manejar una carga de hasta 350 kVA y estará destinado a alimentar exclusivamente el tablero principal de aire acondicionado (TP-AA) mediante un conmutador automático de 1000A por fase. La instalación de los interruptores de transferencia cumplirán con las secciones 702.5 (B) (2) y 702.6 del CEN.

## CAPITULO VI

Todo sistema eléctrico cuenta con diferentes dispositivos de protección que frente a eventualidades como fallas por cortocircuito, descargas atmosféricas y corrientes parásitas, se encargan de aislar estos eventos de los equipos, y del sistema en sí. El sistema de puesta a tierra forma parte de estos dispositivos de protección, localizándose desde los generadores hasta la carga, incluyendo las líneas de alimentación, transformadores, tableros eléctricos, entre otros.

La definición de tierra utilizada en el ámbito de la ingeniería eléctrica se refiere a 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 misma función que la masa de la tierra. [9]

Recientemente, varios factores han hecho poner atención en los sistemas de puesta a tierra. Uno es el creciente empleo de cables subterráneos con pantalla plástica; otro, el uso de tuberías de agua plásticas. Las tuberías de agua plásticas han tenido un impacto particular en el caso de instalaciones residenciales, afectando las instalaciones de puesta a tierra proporcionadas por las antiguas tuberías metálicas. Ahora es común el uso de cables con pantalla plástica, en lugar de los anteriores tipos que tenían una pantalla de plomo y armadura de acero, en contacto directo con el suelo. Esto ha tenido un efecto perjudicial en la eficiencia total de los sistemas de puesta a tierra y ha impuesto más responsabilidad en los restantes componentes del sistema de puesta a tierra. Ahora más que nunca, es esencial asegurar que el sistema de electrodos esté correctamente diseñado, instalado y mantenido.

Para que el sistema de puesta a tierra se desempeñe adecuadamente, el mismo debe contar con una resistencia baja, establecida bajo el artículo 250.56 del CEN, en

25 Ohms, para electrodos de tubos, barras y placas. Adicionalmente, en casos especiales en los que se consideren equipos electrónicos sensibles, según los requerimientos, es posible que se deban manejar valores de resistencia inferiores.

Como en muchos otros casos de edificios residenciales y comerciales, el sistema de distribución de electricidad en el teatro cuenta con conductores de tierra, provenientes del sótano de transformación, los cuales deben ofrecer un camino a tierra con una resistencia de 25 Ohms o menor. Cuando se trata de electrónicos sensibles a variaciones de tensión, picos de corriente, etc., es necesario diseñar y construir un sistema de puesta a tierra separado de la tierra común, que garantice los valores de resistencia a tierra requeridos por cada equipo. El mismo electrodo puede además reforzar la tierra existente mediante la instalación de barras MGB, en las adyacencias de los tableros principales.

## **6.1 Diseño de un electrodo de puesta a tierra**

Existen diferentes métodos, formas y soluciones para construir un electrodo de puesta a tierra. Sin embargo, antes de considerar un tipo específico, es necesario realizar un estudio de la resistividad del suelo, que ayudará a elegir y determinar el electrodo adecuado para la instalación.

### **6.1.1 Medición de resistencia en el suelo**

El cálculo de resistividad del suelo, es el primer paso para diseñar un electrodo de puesta a tierra. El equipo utilizado para realizar la medición, AEMC, modelo 4610, mide directamente en ohms, por lo que el valor de resistividad se obtendrá a partir del valor de resistencia suministrado por el equipo. El equipo de medición cuenta con cuatro terminales denominados C1, P1, P2, C2. A cada uno se le adjunta un cable y un pequeño electrodo de aluminio de 40 cm, que será insertado en el terreno. Por los

terminales con la letra C se hace circular una corriente alterna de onda cuadrada a 128 Hz, generada en el mismo equipo, mientras que los terminales con letra P se encargan de medir la caída de voltaje entre los electrodos P1 y P2. La relación entre el voltaje medido y la corriente inyectada, permite al equipo arrojar un valor de resistencia en Ohms.

#### 6.1.1.1 Método de los 4 puntos

Es el método de mayor precisión, mediante el cual, con el uso de cuatro barras de acero de igual longitud, cada barra es conectada a un terminal determinado en el aparato de medición. Las barras son enterradas en el suelo a una cierta profundidad y dispuestas equidistantes en línea recta, teniéndose en los extremos las barras inyectoras de corriente. Posterior a la medición, es posible obtener el valor de resistividad por unidad de longitud, mediante la siguiente ecuación [5]:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \quad (29)$$

Donde “ $\rho$ ” es la resistividad, “ $R$ ” es la resistencia medida, “ $a$ ” es la distancia entre las barras y “ $b$ ” la profundidad a la cual fueron enterradas las barras.

Una variación de la ecuación ocurre cuando la profundidad “ $b$ ” no excede un décimo de la distancia de separación “ $a$ ”, entonces la ecuación puede simplificarse, quedando:

$$\rho = 2\pi a R \quad (30)$$

El procedimiento de medición puede realizarse numerosas veces, variando la dirección de posicionamiento de la barras, la distancia de separación “ $a$ ” y la profundidad “ $b$ ” alcanzada por los electrodos; sin embargo en este caso, por impedimento del sitio, no fue posible realizar perforaciones adicionales, teniéndose

una única lectura. La medición se realizó durante un día cálido, con suelo carente de humedad.



**Figura 6.1.1.1** Perforación de suelo para inserción de electrodos de medición

### 6.1.2 Cálculo de resistividad del suelo

En la medición realizada utilizando el método de los 4 puntos, se utilizaron barras enterradas una profundidad de 33 centímetros aproximadamente y separadas equidistantemente a 3 metros en línea recta. El valor de resistencia arrojado por el equipo fue de 85,9 Ohms. Por tanto, colocando los siguientes valores en la ecuación de resistividad se tiene:

a = 3 metros; b = 0,33 metros; R = 85,9 Ohms

$$\rho = \frac{4\pi * 3m * 85,9\Omega}{1 + \frac{2 * 3m}{\sqrt{(3m)^2 + 4 * (0,33m)^2}} - \frac{3m}{\sqrt{(3m)^2 + (0,33m)^2}}} = 1652,82 \Omega \cdot m$$





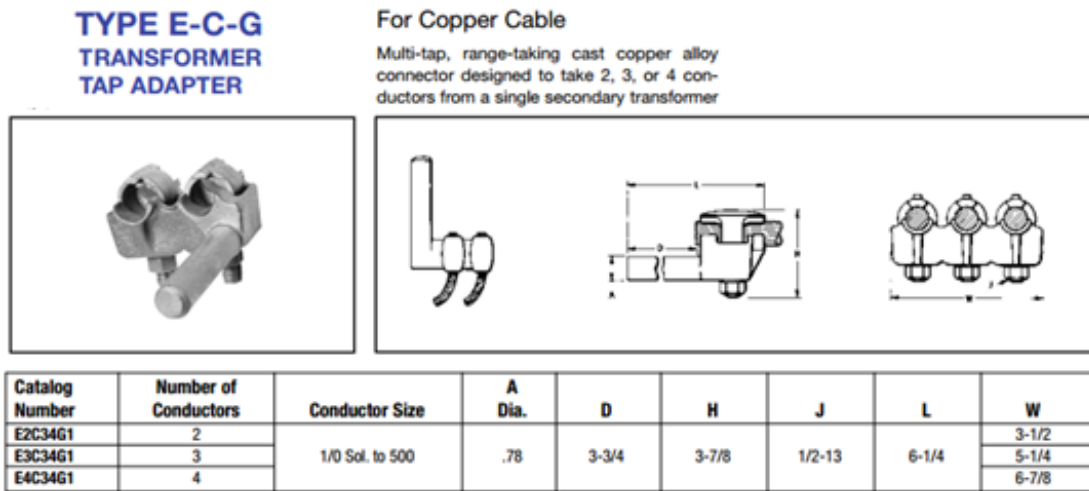
**Figura 6.1.2** Medición de resistencia en sótano del teatro, con equipo AEMC, modelo 4610.

### **6.1.3 Cálculo del electrodo de puesta a tierra**

Después de haber obtenido el valor de resistividad utilizando los métodos ya descritos, el siguiente paso es determinar el tipo de electrodo que será utilizado para construir el sistema de puesta a tierra. En la publicación (IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, Std. 142-2007) se describen distintos tipos de electrodos, así como los diferentes arreglos posibles con sus correspondientes ecuaciones. Adicionalmente, en prácticas de puestas a tierra pertenecientes a General Telephone & Electronics Corporation (GTE), se utilizan las ecuaciones de S.J. Schwarz [6] para calcular el valor de resistencia alcanzado por un electrodo de puesta a tierra, compuesto por un determinado número de barras tipo Copperweld, arregladas y conectadas mediante un anillo de conductor desnudo.

Debido a la gran cantidad de equipos de audio, video y control de iluminación que estarán presentes en el teatro, por indicaciones de los técnicos de teatro, se requerirá lograr resistencias muy bajas y además separar la tierra común, de la tierra que protegerá los equipos electrónicos. Dicho separación puede ser lograda mediante la colocación de barras MGB separadas e identificadas según el tipo de carga a proteger o mediante la instalación de un electrodo de tierra adicional, diseñado exclusivamente para proteger las cargas críticas.

Teniendo esto en cuenta, se seleccionó un electrodo compuesto por barras de cobre de 2,44 metros de longitud y un diámetro de 5/8”, dispuestas en determinada configuración y unidas al conductor de cobre desnudo #4/0 AWG mediante adaptador *Burndy tipo E-C-G ó FCI Hytail (YGHR-C)*.



**Figura 6.1.3a** – Adaptador transformador para acople de conductores a barra.



**Figura 6.1.3b** – Conector para acople de conductor a barra

Dicho conductor se elige a partir de lo indicado en la tabla 250.66 del CEN, donde se muestran los calibres para conductor del electrodo de tierra en función del calibre del mayor conductor activo de la acometida o área equivalente de conductores en paralelo.

**Tabla 6.1.3a – Conductor del Electrodo de Puesta a Tierra para Sistema de Corriente Alterna**

**Tabla 250.66 Conductor del Electrodo de Puesta a Tierra para Sistemas de Corriente Alterna**

Calibre del Mayor Conductor Activo de la Acometida o Área Equivalente de Conductores <sup>a</sup> en Paralelo (AWG/kcmil)		Calibre del Conductor del Electrodo de Tierra (AWG/kcmil)	
Cobre	Aluminio o Aluminio Revestido en Cobre	Cobre	Aluminio o Aluminio Revestido en Cobre
2 ó menor	1/0 ó menor	8	6
1 ó 1/0	2/0 ó 3/0	6	4
2/0 ó 3/0	4/0 ó 250	4	2
Sobre 3/0 hasta 350	Sobre 250 hasta 500	2	1/0
Sobre 350 hasta 600	Sobre 500 hasta 900	1/0	3/0
Sobre 600 hasta 1100	Sobre 900 hasta 1750	2/0	4/0
Sobre 1100	Sobre 1750	3/0	250

Se propone un arreglo de 9 barras con conductor y se sigue el procedimiento descrito a continuación:

### **Resistencia del anillo**

La longitud del anillo dependerá de la distancia establecida entre barras, la cual puede ser entre 3 y 6 metros de distancia. Se tomará un espaciamiento de 3 metros entre barras, formando 4 cuadrículas contiguas de 3 x 3 m<sup>2</sup> cada una y teniéndose una longitud total de 36 metros.

Longitud del anillo (Lw) = 36 m

Radio del conductor del anillo (rw) = 0,006705 m

Profundidad del anillo (P) = 0,6 m

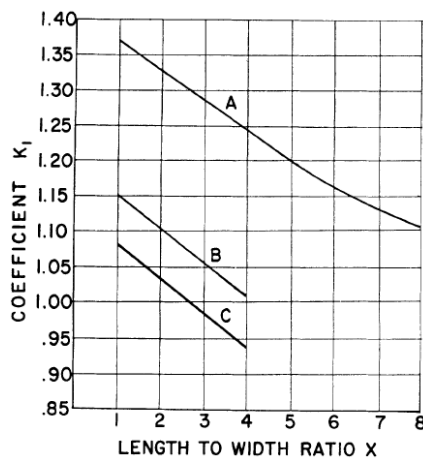
Resistividad ( $\rho$ ) = 1652,82  $\Omega \cdot m$

$k_1$ : es un coeficiente obtenido mediante la evaluación de la relación de ancho por largo del arreglo de la red, en la ecuación de la curva descrita por S.J. Schwarz [6]. En la figura 6.1.3a se muestran las 3 diferentes curvas, establecidas según la profundidad a la que se desee enterrar el anillo.

Curva A: para profundidad de anillo (P) igual a 0

Curva B: para profundidad de anillo (P) igual a  $\frac{\sqrt{A}}{10}$

Curva C: para profundidad de anillo (P) igual a  $\frac{\sqrt{A}}{6}$

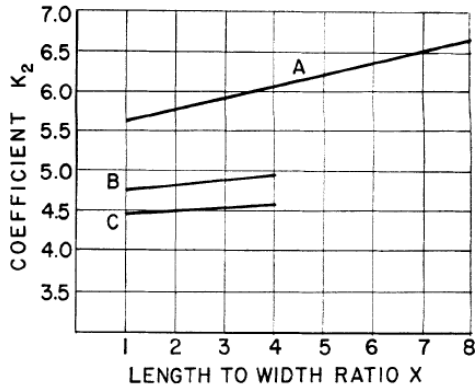


**Figura 6.1.3c** – Curvas de coeficiente  $k_1$

Tomando el largo del arreglo (6m), entre el ancho (6m), se obtiene una relación “x” de 1, que es evaluada en la ecuación de la curva B:

$$k_1 = -0.05x + 1.2 = 1.15$$

k2: Al igual que con el coeficiente k1, el coeficiente k2 se obtiene a partir de curvas, según la profundidad del anillo.



**Figura 6.1.3d** – Curvas de coeficiente k2

Evaluando x=1 en la ecuación de la curva B, se tiene:

$$k2 = 0,10x + 4,68 = 4,78$$

Resistencia del anillo (Rw):

$$Rw = \frac{\rho}{\pi \times Lw} \times \left( \ln \left( \frac{2 \times Lw}{\sqrt{2} \times rw \times P} \right) \right) + k1 \times \frac{Lw}{\sqrt{A}} - k2 = 128,72 \Omega \quad (31)$$

### Resistencia de las barras

Número de barras (N) = 9

Longitud de la barra (Lb) = 2,44 m

Radio de la barra (rb) = 0,0794 m

Distancia entre barras (Dbb) = 3 m

Resistencia de las barras (Rb):

$$R_b = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L_b \times N} \times \left[ \ln \left( \frac{4 \times L_b}{r_b} \right) - 1 + \frac{2 \times k_1 \times L_b}{\sqrt{A}} \times (\sqrt{N} - 1)^2 \right] \quad (32)$$

$$R_b = 90,47 \Omega$$

### Resistencia mutua entre anillo y barras

$$R_m = \frac{\rho}{\pi \times L_w} \times \left( \ln \left( \frac{2 \times L_w}{L_b} \right) + k_1 \times \frac{L_w}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right) = 95,06 \Omega \quad (33)$$

### Resistencia total del electrodo de puesta a tierra

La siguiente ecuación arrojará el valor de resistencia total que tendrá el electrodo, tomando en cuenta la resistencia propia del anillo, la resistencia de la totalidad de las barras y la resistencia mutua entre el anillo y el conjunto de barras.

$$R_{total} = \frac{R_w \times R_b - R_m^2}{R_w + R_b - 2 \times R_m} = \mathbf{89,75 \Omega} \quad (34)$$

Se puede observar que el resultado arrojado por las ecuaciones se encuentra muy por encima del valor de resistencia establecido en el CEN.

En la siguiente figura se evidencia la presencia de un suelo no homogéneo o uniforme, producto de la existencia de escombros, utilizados como relleno bajo las bases del recinto. Por tal motivo, en tales condiciones, el suelo no podrá alcanzar valores de resistividad lo suficientemente bajos, siendo necesaria la evaluación de un electrodo basado en barras químicas o, preferiblemente realizar trabajos de excavación hasta encontrar suelo libre de residuos y evaluar nuevamente la resistividad para luego realizar el cálculo de barras y anillo.



**Figura 6.1.3e** Presencia de materiales y/o elementos ajenos al suelo

#### 6.1.4 Medición en terreno cercano al teatro

Dada la imposibilidad en el terreno del teatro, únicamente a modo de ejemplificar completamente el cálculo, se decidió realizar las mediciones nuevamente, pero, esta vez en una zona cercana con terreno accesible. Los siguientes valores de resistencia fueron tomados a kilómetro y medio del teatro, en un jardín perteneciente a los campos de golf ubicados en el Country Club, Municipio Chacao, Caracas.



**Figura 6.1.4** Imágenes de lecturas obtenidas en medición de resistencias

Las mediciones fueron realizadas en dos direcciones perpendiculares entre sí, espaciando los electrodos de medición, 2,5 m, 3 m y 3,5 m y tomando lecturas con los electrodos enterrados a profundidades de 30 y 20 cm.

**Tabla 6.1.4a** Lecturas obtenidas en medición de resistencias

DIRECCION DE MEDICIÓN	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS (a)					
	2,5 m		3 m		3,5 m	
	PROFUNDIDAD (b)					
	0,2 m	0,3 m	0,2 m	0,3 m	0,2 m	0,3 m
OX	7,07 $\Omega$	7,05 $\Omega$	5,92 $\Omega$	5,92 $\Omega$	5,09 $\Omega$	5,11 $\Omega$
OY	6,37 $\Omega$	6,33 $\Omega$	5,52 $\Omega$	5,51 $\Omega$	4,76 $\Omega$	4,74 $\Omega$

Posteriormente, evaluando las lecturas registradas en la ecuación de resistividad (35), se obtienen los siguientes valores:

**Tabla 6.1.4b** Resistividades ( $\Omega \cdot m$ ) obtenidas a partir de valores de resistencia

DIRECCION DE MEDICIÓN	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS (a)					
	2,5 m		3 m		3,5 m	
	PROFUNDIDAD (b)					
	0,2 m	0,3 m	0,2 m	0,3 m	0,2 m	0,3 m
OX	112,29	113,47	112,45	113,51	112,57	113,8
OY	101,17	101,88	104,85	105,65	105,27	105,56

A partir de los datos de resistividad calculados previamente, se promedian los valores para las profundidades respectivas y se construye la siguiente tabla:

**Tabla 6.1.4c** Resistividades promedio entre profundidades ( $\Omega \cdot m$ )

DIRECCION DE MEDICIÓN	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS (a)		
	2,5 m	3 m	3,5 m
OX	112,88	112,98	113,185
OY	101,525	105,25	105,415



Luego se promedian las mediciones entre las dos direcciones tomadas en cuenta para el estudio y se tiene:

**Tabla 6.1.4d** Resistividades promedio entre ambas direcciones ( $\Omega \cdot m$ )

	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS (a)		
	2,5 m	3 m	3,5 m
VALORES PROMEDIOS ( $\Omega \cdot m$ )	107,2025	109,115	109,3

Finalmente, el promedio de los tres valores obtenidos, alcanza una resistividad de **108,54  $\Omega \cdot m$** . Con este valor ya es posible repetir los cálculos referentes al electrodo de puesta tierra.

### Resistencia del anillo

Se propone una distancia entre barras de 3 metros, y se mantendrán el mismo número de barras que el cálculo previo para poder así comparar ambos resultados.

Longitud del anillo ( $L_w$ ) = 36 m

Radio del conductor del anillo ( $S_w$ ) = 0,006705 m

Profundidad del anillo ( $P$ ) = 0,6 m

Resistividad ( $\rho$ ) = 108,54  $\Omega \cdot m$

Resistencia del anillo ( $R_w$ ):

$$R_w = \frac{\rho}{\pi \times L_w} \times \left( \ln \left( \frac{2 \times L_w}{\sqrt{2} \times r_w \times P} \right) + k_1 \times \frac{L_w}{\sqrt{A}} - k_2 \right) = 8,45 \Omega$$

### Resistencia de las barras

Número de barras ( $N$ ) = 9

Longitud de la barra ( $L_b$ ) = 2,44 m

Radio de la barra ( $S_b$ ) = 0,0794 m

Distancia entre barras ( $D_{bb}$ ) = 3 m

Resistencia de las barras ( $R_b$ ):

$$R_b = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L_b \times N} \times \left[ \ln \left( \frac{4 \times L_b}{r_b} \right) - 1 + \frac{2 \times k_1 \times L_b}{\sqrt{A}} \times (\sqrt{N} - 1)^2 \right] = 5,94 \Omega$$

### **Resistencia mutua entre anillo y barras**

$$R_m = \frac{\rho}{\pi \times L_w} \times \left( \ln \left( \frac{2 \times L_w}{L_b} \right) + k_1 \times \frac{L_w}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right) = 6,24 \Omega$$

### **Resistencia total del electrodo de puesta a tierra**

La siguiente ecuación arrojará el valor de resistencia total que tendrá el electrodo, tomando en cuenta la resistencia propia del anillo, la resistencia de la totalidad de las barras y la resistencia mutua entre el anillo y el conjunto de barras.

$$R_{total} = \frac{R_w \times R_b - R_m^2}{R_w + R_b - 2 \times R_m} = \mathbf{5.89 \Omega}$$

Observando el resultado y comparándolo con el obtenido a través de los datos recogidos en el teatro, se aprecia una considerable reducción en la resistencia del electrodo de puesta a tierra.

## CONCLUSIONES

Al momento en que se finaliza el diseño, cálculos, diagramas y planos referentes al sistema eléctrico de cualquier edificación, siempre se destacan observaciones referentes a problemas y situaciones encontradas durante el proyecto. Para el caso del teatro en cuestión, cuya construcción original data de los años 50, el proyecto que se lleva a cabo representa la segunda mayor remodelación a realizar desde su concepción.

Previo a la construcción e implementación de las instrucciones contempladas durante la realización del proyecto, la inspección y revisión de todo el edificio fueron indispensables y determinantes para el resultado final. Debieron considerarse observaciones de carácter económico, traducándose esto en la utilización de parte importante de elementos ya existentes. Sin embargo, por tratarse de una modernización del teatro, en términos de electricidad, solo algunos tableros principales y secundarios permanecerán en sus presentes posiciones, viéndose el resto, condicionado a cumplir ciertos requerimientos descritos en el nuevo proyecto. Adicionalmente, estudios estructurales en curso, determinarán ciertas modificaciones a nivel arquitectónico que posiblemente afectarán la planificación eléctrica del teatro.

Hasta la fecha, no se tienen detalles explícitos en cuanto a requerimientos de equipos relacionados a eventos y obras, que puedan arrojar valores precisos de carga y otros parámetros. Sin embargo, la continuidad del proyecto no se vió gravemente frenada, permitiendo obtenerse datos importantes en cuanto a iluminación de todas las áreas comunes, carga estimada para tomacorrientes, equipos de aire acondicionado, ascensores, hidroneumáticos, así como la determinación y distribución de todos los paneles eléctricos necesarios para alimentar cada servicio. Se consideraron cargas a ser respaldadas por unidades de UPS, así como plantas eléctricas destinadas a respaldar un alto porcentaje de la carga total del teatro.

En cuanto al cálculo de protecciones, fue posible obtener los valores de corriente eficaz simétrica de cortocircuito para cada panel eléctrico, permitiendo así la selección y coordinación de protecciones asociadas a cada circuito.

Finalmente se realizó el estudio de resistividad del suelo y al obtener los resultados de los cálculos, se determinó que el suelo bajo estudio es altamente resistivo, debido a la presencia de escombros y materiales ajenos que modifican las características del suelo, siendo necesaria una limpieza y excavación que permita realizar el estudio de manera precisa. Posteriormente se realiza el mismo estudio de resistividad en un terreno cercano, variando la separación entre electrodos, la profundidad y la dirección; a partir de esto, se pudo observar que la variación de profundidad no afectó significativamente la lectura, mientras que al medir con distintas distancias de separación y direcciones se registra una mayor diferencia entre las resistividades. Sin embargo, todos los valores se mantuvieron en un rango entre 100 y 114  $\Omega\cdot\text{m}$ , arrojándose así un a resistividad promedio de 108,54  $\Omega\cdot\text{m}$ . A partir de este dato se estimó la resistencia brindada por un electrodo de puesta a tierra conformado por un arreglo de 9 barras Copperweld de 2,4 metros de largo y un anillo de conductor desnudo de cobre, calibre #4/0 AWG, sujetado a cada barra mediante adaptador *Burndy* tipo E-C-G.

Al final de todos los cálculos, se obtuvo un valor de resistencia a tierra de 5,89  $\Omega$ , el cual debe ser evaluado en función de los requerimientos de equipos electrónicos a ser instalados en el teatro.

## RECOMENDACIONES

A modo de garantizar el buen funcionamiento, implementación y orden del proyecto se recomienda:

- Una vez obtenidos datos precisos de carga para iluminación y audio profesional, y otros equipos tomar en cuenta dichos requerimientos para realizar posibles ajustes en cableado y canalizaciones.
- Una vez obtenida la distribución de iluminación profesional en el escenario, planificar los respectivos tableros y describirlos explícitamente en tablas de carga.
- Considerar alimentación de tableros de aire acondicionado en el nivel planta techo a 480V/277V, permitiendo economizar costos en cableado.
- Realizar excavación para permitir la realización de un estudio que arroje valores precisos de las características de resistividad del suelo en el teatro.
- Considerar el uso de conductor estañado SBTC para prevenir la corrosión del conductor del electrodo de puesta a tierra.
- Llevar en plano, todas las modificaciones y actualizaciones que puedan surgir durante la remodelación del teatro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Taboada, J. A. Manual de Luminotecnia, Cuarta Edición, Madrid: Editorial Dossat, S.A. 1983.
- [2] Trashorras Montecelos, Jesús. Diseño de Instalaciones Eléctricas de Alumbrado. Madrid: ITES-Paraninfo, 2002.
- [3] Manual de referencia: Low Voltage Breaker Division. How to Calculate Fault Currents. / Westinghouse Electric Corporation. Pennsylvania. \_40p.
- [4] IEEE (Std 141-1993). Recommended practice for electric power distribution for industrial plants. New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc. -768p
- [5] IEEE (Std 81-1983). Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System. New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc. -49p
- [6] Schwarz, S. J (1954). Analytical expression for resistance of grounding systems, AIEE Transactions on Power Apparatus and Systems. Vol. 73, no. 13, part III-B, pp. 1011–1016.
- [7] GTE #887-600-070. Engineering Fundamentals of Electrode Ground Design. -Florida: General Telephone & Electronics Corporation, 1991.
- [8] Karlsson, Mats. “The Silence of the Lamps: The New wave in Dimming”, 2004. <<http://www.livedesignonline.com>> [Consulta: 2013]
- [9] Manual de referencia: Sistemas de puesta a tierra. Lima: PROCOBRE. -65p

## BIBLIOGRAFÍAS

- FONDONORMA (200-2009). Código Eléctrico Nacional. -Caracas: Comité de Electricidad de Venezuela. 2009. -999p
- Manual de referencia: Muñoz C, Carlos. Pulido, Elizabeth. Expoelec 87. Protecciones en sistemas de baja tensión. / Comunicaciones Técnicas S.A. Caracas. \_518p.
- Manual de referencia: Workbook Edition 12.0. Understanding Ground Resistance Testing. / AEMC Instruments. New Hampshire. -27p.
- IEEE (Std 142-2007). Grounding of Industrial and Commercial Power Systems. New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc. - 215p
- COVENIN (2249-1993). Iluminancias en tareas y áreas de trabajo. Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. -60p
- COVENIN (542-99). Tableros eléctricos para alumbrado y artefactos de distribución hasta 600 Volt, 1600 Ampere y de máximo 42 circuitos ramales con interruptores de caja moldeada. -44p
- Understanding and Upgrading your Lighting System. <<http://www.jands.com.au>> [Consulta: 2013]
- Penissi, Oswaldo. Canalizaciones Eléctricas Residenciales, Valencia: Edición del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad de Carabobo. 2010.

## **ANEXOS**





## TABLERO ESTUDIO DE GRABACIÓN

T-EG		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL SOTANO		NIVEL DE CC.	
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE EMBUTIDO		BARRAS PRINCIPALES	
INT. PRINCIPAL		3x70		AMPS. DEMANDA SIN RESERVA		20,28 kVA	
POLOS 3		CICC. 10 kA		RESERVA		4,06 kVA	
				TOTAL		67,59 AMPS.	
						8,4 kA	
						125 AMPS.	
						24,33 kVA	
						67,59 AMPS.	

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA	
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		No. PTOS	TIPO			
1,5	TC. CCTV	3	THHN	#12	10	20	1	●	●	●	2	20	10	#12	15	THHN	ILUM. MANT.	0,35	
2,4	TC. ESTUDIO	4	THHN	#10	10	30	3	●	●	●	4	20	10	#12	14	THHN	ILUM MANT.	0,32	
0,6	TC. ESCALERAS	1	THHN	#12	10	20	5	●	●	●	6	20	10	#12	10	THHN	ILUM MANT.	0,23	
3	TC. ESTUDIO	5	THHN	#10	10	30	7	●	●	●	8	20	10	#12	11	THHN	ILUM MANT.	0,25	
1,8	TC. ESTUDIO 2	3	THHN	#12	10	20	9	●	●	●	10	20	10	#12	2	THHN	ILUM. CCTV.	0,05	
1,8	TC. ESTUDIO	3	THHN	#12	10	20	11	●	●	●	12								
1,5	UMA SOT-1	1	THHN	#12	10	3x30	13	●	●	●	14	3x50	10	#8	1	THHN	ILUM. PROFESIONAL	12	
			THHN	#12			15	#8	THHN										
			THHN	#12			17	#8	THHN										
			RESERVA								19	●	●	●	20	2x20	10	#12	1
RESERVA						21	●	●	●	22	2x20	10	#12	1	THHN			FAN COIL SOT-3	
RESERVA						23	●	●	●	24									
RESERVA							25	●	●	●	26							RESERVA	
RESERVA							27	●	●	●	28							RESERVA	
RESERVA							29	●	●	●	30							RESERVA	

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)				ALIMENTADOR		
Carga Conectada TC.	11,1	F.D.	0,7	7,77	Fuente	TP-A
Carga Conectada Ilum.	13,20	F.D.	0,8	10,56	Cond / Fase	#4
Carga Conectada A/C	1,95	F.D.	1	1,95	Cond. Neutro	#6
Carga Total Conectada	26,25			20,28	Cond. Tierra	#8
% Reserva	20			4,06	Tipo Cond.	THHN
					Tubería	1½"

### TABLERO ESTACIONAMIENTO

T-EST		TIPO NLAB			UBICACIÓN NIVEL SOTANO			NIVEL DE CC. <b>2,85</b> kA								
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS			MONTAJE SUPERFICIAL			BARRAS PRINCIPALES <b>125</b> AMPS.								
INT. PRINCIPAL		<b>3x70</b> AMPS.			DEMANDA SIN RESERVA <b>16,40</b> kVA			DEMANDA <b>19,67</b> kVA								
POLOS 3		CICC. <b>10</b> kA			GE-TEB			RESERVA <b>3,28</b> kVA			TOTAL <b>54,65</b> AMPS.					
kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R S T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.				A.	KA lcc		No. PTOS	TIPO		
12,32	TABLERO CAMERINOS	1	THHN	#6	10	3x60	1	●	2	3x50	10	#8	1	THHN	TABLERO ILUM. ESTACIONAMIENTO	4,23
		1	THHN	#6	10		3		10		#8	1	THHN			
		1	THHN	#6	10		5		10		#8	1	THHN			
	RESERVA						7	●	8	2x40	10	#10	1	THHN	TABLERO AGUAS NEGRAS 2	3
	RESERVA						9	●	10	10	#10	THHN				
	RESERVA						11	●	12						RESERVA	

<b>ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Carga Tableros</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">16,55</td> <td style="width: 10%;">F.D.</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">0,9</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">14,90</td> </tr> <tr> <td>Carga Aguas negras</td> <td style="text-align: right;">3</td> <td>F.D.</td> <td style="text-align: right;">0,5</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1,5</td> </tr> <tr> <td>Carga Total Conectada</td> <td style="text-align: right;">19,55</td> <td></td> <td></td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">16,40</td> </tr> <tr> <td>% Reserva</td> <td style="text-align: right;">20</td> <td></td> <td></td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3,28</td> </tr> </table>					Carga Tableros	16,55	F.D.	0,9	14,90	Carga Aguas negras	3	F.D.	0,5	1,5	Carga Total Conectada	19,55			16,40	% Reserva	20			3,28	<b>NOTA: TABLERO EXISTENTE</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">ALIMENTADOR</th> </tr> <tr> <td style="width: 80%;">Fuente</td> <td style="width: 20%;">TP-A</td> </tr> <tr> <td>Cond / Fase</td> <td>#2</td> </tr> <tr> <td>Cond. Neutro</td> <td>#6</td> </tr> <tr> <td>Cond. Tierra</td> <td>#8</td> </tr> <tr> <td>Tipo Cond.</td> <td>THHN</td> </tr> <tr> <td>Tubería</td> <td>2"</td> </tr> </table>					ALIMENTADOR		Fuente	TP-A	Cond / Fase	#2	Cond. Neutro	#6	Cond. Tierra	#8	Tipo Cond.	THHN	Tubería	2"
Carga Tableros	16,55	F.D.	0,9	14,90																																							
Carga Aguas negras	3	F.D.	0,5	1,5																																							
Carga Total Conectada	19,55			16,40																																							
% Reserva	20			3,28																																							
ALIMENTADOR																																											
Fuente	TP-A																																										
Cond / Fase	#2																																										
Cond. Neutro	#6																																										
Cond. Tierra	#8																																										
Tipo Cond.	THHN																																										
Tubería	2"																																										

## TABLERO ILUMINACIÓN ESTACIONAMIENTO

T-IE		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL SOTANO		NIVEL DE CC.		2,02 kA		
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE SUPERFICIAL		BARRAS PRINCIPALES		125 AMPS.		
INT. PRINCIPAL		-	AMPS.	DEMANDA SIN RESERVA		4,23 kVA		DEMANDA		5,07 kVA
POLOS 3		CICC.	-	kA	RESERVA	0,85 kVA		TOTAL		14,09 AMPS.

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	A.	kA lcc	No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.									TIPO	No. PTOS		
0,63	ILUM ESTAC.	4	THHN	#10	10	2x30	1	●	●	●	2	20	10	#10	THHN	24	ILUM. RAMPA SALIDA	0,55
			THHN	#10	10	3	●	●	●	4	20	10	#10	THHN	20	ILUM. RAMPA ENTRADA	0,46	
0,79	ILUM ESTAC.	5	THHN	#10	10	2x30	5	●	●	●	6	20	10	#12	THHN	18	ILUM ESTAC.	0,58
			THHN	#10	10	7	●	●	●	8	20	10	#12	THHN	23	ILUM ESTAC.	0,74	
	RESERVA						9	●	●	●	10	20	10	#12	THHN	18	ILUM. SALIDA TEATRO	0,41
	RESERVA						11	●	●	●	12	20	10	#12	THHN	3	ILUM. ESCALERAS	0,07
	RESERVA						13	●	●	●	14						RESERVA	
	RESERVA						15	●	●	●	16						RESERVA	
	RESERVA						17	●	●	●	18						RESERVA	

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)				ALIMENTADOR		
Carga Conectada Ilum Estac.	3,22	F.D.	1	3,22	Fuente	T-EST
Carga Conectada Ilum Rampas	1,01	F.D.	1	1,01	Cond / Fase	#8
Carga Total Conectada	4,23			4,23	Cond. Neutro	#8
% Reserva	20			0,85	Cond. Tierra	#10
					Tipo Cond.	THHN
					Tubería	1½"

## TABLERO CAMERINOS

<b>T-CAM</b>		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL CAMERINOS		NIVEL DE CC.		<b>1,96</b> kA	
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE EMBUTIDO		BARRAS PRINCIPALES		<b>125</b> AMPS.	
INT. PRINCIPAL		<b>3x60A</b>		DEMANDA SIN RESERVA		<b>12,44</b> kVA		DEMANDA	
POLOS 3		CICC. <b>10</b> kA		RESERVA		<b>2,49</b> kVA		TOTAL	
								<b>14,93</b> kVA	
								<b>41,46</b> AMPS.	

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA	
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		No. PTOS	TIPO			
0,7	TC. PASILLO	5	THHN	#12	10	20	1	●			2	20	10	#12	11	THHN	ILUM. PASILLO	0,25	
2	TC. CAMERINOS	4	THHN	#10	10	30	3		●		4	20	10	#12	12	THHN	ILUM. CAM.	0,25	
2	TC. CAMERINOS	4	THHN	#10	10	30	5			●	6	20	10	#12	12	THHN	ILUM. CAM.	0,25	
2	TC. CAMERINOS	4	THHN	#10	10	30	7	●			8	20	10	#12	6	THHN	ILUM. BAÑOS	0,14	
0,7	TC.PASILLO	5	THHN	#12	10	20	9		●		10	20	10	#12	6	THHN	ILUM. BAÑOS	0,14	
1	TC.S.E.	7	THHN	#12	10	20	11			●	12	20	10	#12	12	THHN	ILUM. S.E.	0,28	
1	TC.S.E.	4	THHN	#12	10	20	13	●			14	20	10	#12	12	THHN	ILUM. S.E.	0,28	
1	TC.S.E.	5	THHN	#12	10	20	15		●		16	20	10	#12	20	THHN	ILUM. S.E.	0,46	
1	TC.S.E.	6	THHN	#12	10	20	17			●	18	20	10	#12	6	THHN	ILUM. AC. ORQ.	0,14	
1	TC.S.E.	5	THHN	#12	10	20	19	●			20	20	10	#12	2	THHN	ILUM. ESCALERAS	0,05	
1,75	TABLERO A/C CAMERINOS	1	THHN	#8	10	3x40	21		●		22						RESERVA		
			THHN	#8			23		●		24						RESERVA		
			THHN	#9			25		●		26						RESERVA		
	RESERVA						27		●		28						RESERVA		
	RESERVA						29		●		30							RESERVA	

**ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)**

Carga TC General	6,4	F.D.	0,6	3,84
Carga TC Camerinos	6	F.D.	0,85	5,1
Carga Iluminación	2,19	F.D.	0,8	1,75
Carga Conectada A/C	1,75	F.D.	1	1,75
Carga Total Conectada	16,34			12,44
% Reserva	20			2,49

**NOTA: TABLERO EXISTENTE**

ALIMENTADOR	
Fuente	T-EST
Cond / Fase	#6
Cond. Neutro	#8
Cond. Tierra	#8
Tipo Cond.	THHN
Tubería	1½"

### TABLERO AIRE ACONDICIONADO CAMERINOS

T-AACAM		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL CAMERINOS		NIVEL DE CC.												
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE EMBUTIDO		BARRAS PRINCIPALES												
INT. PRINCIPAL		-	AMPS.	DEMANDA SIN RESERVA		DEMANDA												
POLOS 3		CICC.	-	KA	RESERVA	TOTAL												
				1,75 KVA		2,10 KVA												
				0,35 KVA		10,10 AMPS.												
KVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	KVA
		No. PTO S	TIPO		KA Icc	A.						A.	KA Icc		TIPO	No. PTO S		
0,25	FAN COIL CAM-1	1	THHN	#12	10	2x20	1	●	●	●	2	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL ENS-2	0,25
			THHN	#12										#12	THHN			
0,25	FAN COIL CAM-2	1	THHN	#12	10	2x20	5	●	●	●	6	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL ENS-3	0,25
			THHN	#12										#12	THHN			
0,25	FAN COIL ENS-1	1	THHN	#12	10	2x20	9	●	●	●	10	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL ENS-4	0,25
			THHN	#12										#12	THHN			
	RESERVA						13	●	●	●	14	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL ENS-5	0,25
	RESERVA						15	●	●	●	16			#12	THHN			
	RESERVA						17	●	●	●	18						RESERVA	

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (KVA)				ALIMENTADOR		
Carga Conectada A/C	1,75	F.D.	1	1,75	Fuente	T-CAM
Carga Total Conectada	1,75			1,75	Cond / Fase	#8
% Reserva	20			0,35	Cond. Neutro	#8
					Cond. Tierra	#10
					Tipo Cond.	THHN
					Tubería	1"

## TABLERO SERVICIOS

T-SERV		TIPO RESIDENCIAL		UBICACIÓN NIVEL SOTANO		NIVEL DE CC.		5,09 kA									
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE SUPERFICIAL		BARRAS PRINCIPALES		125 AMPS.									
INT. PRINCIPAL		2x40		AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA		2,39 kVA									
POLOS 3		CICC. 10		kA		RESERVA		0,48 kVA									
						TOTAL		13,80 AMPS.									
kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.					A.	kA lcc		No. PTOS	TIPO		
1	TC. GENERAL	3	THHN	#12	10	20	1	●	●	2	20	10	#12	2	THHN	ILUM. CTO. ELECT.	0,07
1	TC. GENERAL	2	THHN	#12	10	20	3	●	●	4	20	10	#12	2	THHN	ILUM. CTO. BOMBAS	0,07
1	TC. GENERAL	2	THHN	#12	10	20	5	●	●	6	20	10	#12	9	THHN	ILUM. ACCESO	0,22
1	TC. GENERAL	4	THHN	#12	10	20	7	●	●	8	20	10	#12	3	THHN	ILUM. ESCALERAS	0,07
	RESERVA						9	●	●	10	20	10	#12	4	THHN	ILUM. SALA GEN.	0,13
	RESERVA						11	●	●	12						RESERVA	
ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)																	
Carga TC General		4		F.D.		0,5		2									
Carga Iluminación		0,56		F.D.		0,7		0,392									
Carga Total Conectada		1,07						2,39									
% Reserva		20						0,48									
										ALIMENTADOR							
										Fuente		TP-A					
										Cond / Fase		#8					
										Cond. Neutro		#8					
										Cond. Tierra		#10					
										Tipo Cond.		THHN					
										Tubería		1"					

## TABLERO DEPÓSITO

T-DPT		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL SOTANO		NIVEL DE CC.	
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE <b>EMBUTIDO</b>		BARRAS PRINCIPALES <b>125</b> AMPS.	
INT. PRINCIPAL <b>3x70</b>		AMPS. DEMANDA SIN RESERVA <b>19,46</b> kVA		DEMANDA <b>23,35</b> kVA			
POLOS 3	CICC. <b>10</b> kA	RESERVA <b>3,89</b> kVA		TOTAL		<b>64,87</b> AMPS.	

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA	
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS			
16,9	TABLERO UPS	1	THHN	#6	10	3x60	1	●			2	▶	20	10	#12	THHN	7	ILUM. CTO DATA	0,22
			THHN	#6	10		3	●			4	▶	20	10	#12	THHN	8	ILUM. BAÑOS	0,19
			THHN	#6	10		5	●			6	▶	20	10	#12	THHN	7	ILUM ACCESO	0,16
0,5	TC. DEPOSITO	2	THHN	#12	10	20	7	●			8	▶	20	10	#12	THHN	4	ILUM. ESCALERAS	0,09
1	TC. DEPOSITO	5	THHN	#12	10	20	9	●			10						RESERVA		
2	TC. BAÑO	1	THHN	#12	10	20	11	●			12						RESERVA		
	RESERVA						13	●			14						RESERVA		
	RESERVA						15	●			16						RESERVA		
	RESERVA						17	●			18						RESERVA		

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)				ALIMENTADOR		
Carga Iluminación	0,58	F.D.	0,8	0,46	Fuente	TP-A
Carga Conectada T.C.	3,5	F.D.	0,6	2,10	Cond / Fase	#2
Carga UPS	16,9	F.D.	1	16,90	Cond. Neutro	#4
Carga Total Conectada	20,98			19,46	Cond. Tierra	#6
% Reserva	20			3,89	Tipo Cond.	THHN
					Tubería	2"



## TABLERO UPS

T-UPS		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL SOTANO		NIVEL DE CC.	
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE SUPERFICIAL		BARRAS PRINCIPALES	
INT. PRINCIPAL		-	AMPS.	DEMANDA SIN RESERVA		16,88	kVA
POLOS 3		CICC.	-	kA	RESERVA	3,376	kVA
						DEMANDA TOTAL	20,26
						56,27	
						AMPS.	

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		No. PTOS	TIPO		
-	INTERRUPTOR PRINCIPAL	-	-	-	10	3x50	1	●	●	●	2	20	10	#12	2	THHN	TC. CCTV	0,8
							3	●	●	●	4	20	10	#12	4	THHN	TC. ESTUDIO	2
							5	●	●	●	6	20	10	#12	2	THHN	TC. ESTUDIO	2
1,5	TC. OFICINAS	3	THHN	#12	10	20	7	●	●	●	8	20	10	#12	2	THHN	TC. DEPOSITO	0,5
1,5	TC. OFICINAS	3	THHN	#12	10	20	9	●	●	●	10			#12	1	THHN	SPLIT 5 TON CUARTO SERVIDORES	6
1,5	TC. OFICINAS	3	THHN	#12	10	20	11	●	●	●	12	3x30	10	#12		THHN		
1	TC. SALA CONTROL	3	THHN	#12	10	20	13	●	●	●	14			#12		THHN		
1	TC. SALA CONTROL	3	THHN	#12	10	20	15	●	●	●	16						RESERVA	
1	TC. LOBBY	2	THHN	#12	10	20	17	●	●	●	18						RESERVA	
	RESERVA						19	●	●	●	20						RESERVA	
	RESERVA						21	●	●	●	22						RESERVA	
	RESERVA						23	●	●	●	24						RESERVA	

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)			
Carga Conectada TC..	12,8	F.D.	0,85
Carga Aire Acondicionado	6	F.D.	1
Carga Total Conectada	18,80		
% Reserva	20		

ALIMENTADOR	
Fuente	T-DPT
Cond / Fase	#6
Cond. Neutro	#6
Cond. Tierra	#8
Tipo Cond.	THHN
Tubería	1½"

### TABLERO PLANTA BAJA

T-PB		TIPO NLAB				UBICACIÓN NIVEL PLANTA BAJA				NIVEL DE CC. <b>10,7</b> kA								
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS				MONTAJE EMBUTIDO				BARRAS PRINCIPALES <b>125</b> AMPS.								
INT. PRINCIPAL		<b>3x100</b> AMPS.				DEMANDA SIN RESERVA <b>19,49</b> kVA				DEMANDA <b>23,39</b> KVA								
POLOS 3		CICC. <b>14</b> kA				RESERVA <b>3,90</b> kVA				TOTAL <b>64,98</b> AMPS.								
kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTO S	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS		
6,18	TABLERO LOBBY	1	THHN #6	14	3x60	1	●	●	●	●	2	3x60	14	#6	THHN	1	TABLERO ARCHIVO	9,04
			THHN #6											THHN				
			THHN #6											THHN				
0,6	TC. JARDINERAS	4	THHN #12	14	20	7	●	●	●	●	8	20	14	#12	THHN	9	ILUM BAÑO	0,21
1,2	TC. BAÑO	1	THHN #12	14	20	9	●	●	●	●	10	20	14	#12	THHN	9	ILUM BAÑO	0,21
1,2	TC. BAÑO	1	THHN #12	14	20	11	●	●	●	●	12	20	14	#12	THHN	25	ILUM PASILLO	0,58
1,2	TC. BAÑO	1	THHN #12	14	20	13	●	●	●	●	14	20	14	#12	THHN	2	ILUM ESCALERAS	0,05
0,7	TC. PASILLO	4	THHN #12	14	20	15	●	●	●	●	16	2x20	14	#12	THHN	1	FAN COIL PB-1	0,4
0,7	TC. PASILLO	3	THHN #12	14	20	17	●	●	●	18	#12			THHN				
2	TC 208V	1	THHN #12	14	2x20	19	●	●	●	●	20	2x20	14	#12	THHN	1	FAN COIL PB-2	0,5
			THHN #12			21	●	●	●	●	22			#12	THHN			
	RESERVA					23	●	●	●	●	24	2x20	14	#12	THHN	1	FAN COIL PB-3	0,5
	RESERVA					25	●	●	●	●	26			#12	THHN			
	RESERVA					27	●	●	●	●	28						RESERVA	
	RESERVA					29	●	●	●	●	30						RESERVA	

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)				ALIMENTADOR		
Carga Conectada TC. Gral.	4	F.D.	0,5	2	Fuente	TP-A
Carga Conectada Tableros	15,223	F.D.	0,8	12,18	Cond / Fase	#2
Carga Conectada TC. Baños	3,6	F.D.	0,8	2,88	Cond. Neutro	#4
Carga Conectada Ilum.	1,04	F.D.	1	1,04	Cond. Tierra	#6
Carga Conectada A/C	1,4	F.D.	1	1,40	Tipo Cond.	THHN
Carga Total Conectada	25,258			19,49	Tubería	2"
% Reserva	20			3,90		

### TABLERO LOBBY

T-LOBBY		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL PLANTA BAJA		NIVEL DE CC.		2,63 kA										
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE EMBUTIDO		BARRAS PRINCIPALES		125 AMPS.										
INT. PRINCIPAL		- AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA		6,18 kVA		DEMANDA										
POLOS 3		CICC. - kA		RESERVA		1,24 kVA		TOTAL										
						20,59 AMPS.												
kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS		
-	INTERRUPTOR PRINCIPAL	-	-	-	10	3x50	1	●	●	●	2	20	10	#12	THHN	19	ILUM. LOBBY	0,44
							3	●	●	●	4	20	10	#12	THHN	30	ILUM. LOBBY	0,69
							5	●	●	●	6	20	10	#12	THHN	23	ILUM. LOBBY	0,53
0,5	TC. LOBBY	1	THHN	#12	10	20	7	●	●	●	8	20	10	#12	THHN	8	ILUM. TAQUILLA	0,32
1	TC. LOBBY	2	THHN	#12	10	20	9	●	●	●	10						RESERVA	
1,5	TC. LOBBY	2	THHN	#12	10	20	11	●	●	●	12						RESERVA	
1,5	TC. LOBBY	2	THHN	#12	10	20	13	●	●	●	14						RESERVA	
1,5	TC. LOBBY	3	THHN	#12	10	20	15	●	●	●	16						RESERVA	
	RESERVA						17	●	●	●	18						RESERVA	
	RESERVA						19	●	●	●	20						RESERVA	
	RESERVA						21	●	●	●	22						RESERVA	
	RESERVA						23	●	●	●	24						RESERVA	

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)				ALIMENTADOR		
Carga Conectada TC.	6	F.D.	0,7	4,2	Fuente	T-PB
Carga Conectada Ilum.	1,98	F.D.	1	1,98	Cond / Fase	#6
Carga Total Conectada	7,98			6,18	Cond. Neutro	#8
% Reserva	20			1,24	Cond. Tierra	#8
					Tipo Cond.	THHN
					Tubería	1½"

### TABLERO ARCHIVO

T-ARC		TIPO NLAB				UBICACIÓN NIVEL PLANTA BAJA				NIVEL DE CC.									
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS				MONTAJE EMBUTIDO				BARRAS PRINCIPALES									
INT. PRINCIPAL		-		AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA		9,04		kVA		DEMANDA		10,85		kVA			
POLOS 3		CICC.		-		kA		RESERVA		1,81		kVA		TOTAL		30,14		AMPS.	

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS		
-	INTERRUPTOR PRINCIPAL	-	-	-	10	3x50	1	●	●	●	2	20	10	#12	THHN	5	ILUM. ARCHIVO	0,14
							3	●	●	●	4	20	10	#12	THHN	8	ILUM. OFICINA	0,70
							5	●	●	●	6	20	10	#12	THHN	12	ILUM. HALL	0,28
1,5	TC. OFICINA	6	THHN	#12	10	20	7	●	●	●	8	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL PB-4	0,5
1,5	TC. OFICINA	3	THHN	#12	10	20	9	●	●	●	10		#12	THHN				
1,5	TC. OFICINA	3	THHN	#12	10	20	11	●	●	●	12	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL PB-5	0,5
0,6	TC. ARCHIVO	2	THHN	#12	10	20	13	●	●	●	14		#12	THHN				
0,6	TC. ARCHIVO	2	THHN	#12	10	20	15	●	●	●	16	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL PB-6	0,4
0,6	TC. HALL	3	THHN	#12	10	20	17	●	●	●	18		#12	THHN				
	RESERVA						19	●	●	●	20	2x20	10	#12	THHN	1	TC 208V	2
	RESERVA						21	●	●	●	22		#12	THHN				
	RESERVA						23	●	●	●	24							

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)				ALIMENTADOR		
Carga Conectada TC.	8,30	F.D.	0,8	6,64	Fuente	T-PB
Carga Conectada Ilum.	1,11	F.D.	0,9	1,00	Cond / Fase	#6
Carga Conectada A/C	1,40	F.D.	1	1,40	Cond. Neutro	#8
Carga Total Conectada	10,81			9,04	Cond. Tierra	#8
% Reserva	20			1,81	Tipo Cond.	THHN
					Tubería	1½"

### TABLERO RACKS AUDIO Y VIDEO

<b>T-RAV</b>		TIPO NLAB		UBICACIÓN ESCENARIO		NIVEL DE CC.		<b>1,62</b> kA
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE SUPERFICIAL		BARRAS PRINCIPALES		<b>225</b> AMPS.
INT. PRINCIPAL		<b>TED 3x150A</b>		DEMANDA SIN RESERVA		<b>38,18</b> kVA		<b>45,81</b> kVA
POLOS 3		CICC. <b>10</b> kA		RESERVA		<b>7,64</b> kVA		<b>127,26</b> AMPS.

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		No. PTOS	TIPO		
3,3	MODULO ARRAY IZQ	2	THHN	#12	10	20	1	●			2	20	10	#12	2	THHN	MODULO ARRAY DER	3,3
3,3	MODULO ARRAY IZQ	2	THHN	#12	10	20	3	●			4	20	10	#12	2	THHN	MODULO ARRAY DER	3,3
3,3	MODULO ARRAY IZQ	2	THHN	#12	10	20	5	●			6	20	10	#12	2	THHN	MODULO ARRAY DER	3,3
3,3	MODULO ARRAY IZQ	2	THHN	#12	10	20	7	●			8	20	10	#12	2	THHN	MODULO ARRAY DER	3,3
3,3	MODULO ARRAY IZQ	2	THHN	#12	10	20	9	●			10	20	10	#12	2	THHN	MODULO ARRAY DER	3,3
2,2	MODULO SW IZQ	1	THHN	#12	10	20	11	●			12	20	10	#12	1	THHN	MODULO SW DER	2,2
2,2	MODULO SW IZQ	1	THHN	#12	10	20	13	●			14	20	10	#12	1	THHN	MODULO SW DER	2,2
2,2	MODULO SW IZQ	1	THHN	#12	10	20	15	●			16	20	10	#12	1	THHN	MODULO SW DER	2,2
2,2	MODULO SW IZQ	1	THHN	#12	10	20	17	●			18	20	10	#12	1	THHN	MODULO SW DER	2,2
1,5	TC. RAV	1	THHN	#12	10	20	19	●			20						RESERVA	
1,5	TC. RAV	1	THHN	#12	10	20	21	●			22						RESERVA	
	RESERVA						23	●			24						RESERVA	
	RESERVA						25	●			26						RESERVA	
	RESERVA						27	●			28						RESERVA	
	RESERVA						29	●			30						RESERVA	

**ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)**

Carga Conectada Arrays / Sw	51,1	F.D.	0,7	35,7778
Carga Conectada TC.	3,00	F.D.	0,8	2,40
Carga Total Conectada	54,11			38,18
% Reserva	20			7,64

**ALIMENTADOR**

Fuente	TP-B
Cond / Fase	#1/0
Cond. Neutro	#2
Cond. Tierra	#4
Tipo Cond.	THHN
Tubería	2"

### TABLERO NIVEL IGLESIA

T-NI		TIPO NLAB				UBICACIÓN NIVEL IGLESIA				NIVEL DE CC. <b>8,7</b> kA																																																																																																																					
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS				MONTAJE EMBUTIDO				BARRAS PRINCIPALES <b>225</b> AMPS.																																																																																																																					
INT. PRINCIPAL		<b>3x100</b> AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA <b>24,12</b> kVA				DEMANDA		<b>28,94</b> kVA																																																																																																																					
POLOS 3		CICC. <b>10</b> kA		RESERVA <b>4,82</b> kVA				TOTAL		<b>80,40</b> AMPS.																																																																																																																					
kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R S T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA																																																																																																															
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.				A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS																																																																																																																	
8,64	TABLERO CAFETIN	1	THHN	#8	10	3x50	1	●	2	3x60	10	#6	THHN	1	TABLERO IGLESIA	9,28																																																																																																															
			THHN	#8	10						3		10				THHN																																																																																																														
			THHN	#8	10						5		10				THHN																																																																																																														
6,23	TABLERO HALL	1	THHN	#8	10	3x50	7	●	8	30	#10	THHN	10	ILUM. FACHADA	2																																																																																																																
			THHN	#8	10					9		30	THHN	10	ILUM. FACHADA	2																																																																																																															
			THHN	#8	10					11		30	THHN	10	ILUM. FACHADA	2																																																																																																															
	RESERVA					13	●	14						RESERVA																																																																																																																	
	RESERVA					15	●	16						RESERVA																																																																																																																	
	RESERVA					17	●	18						RESERVA																																																																																																																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="14">ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALIMENTADOR</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Carga Total Conectada</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">30,15</td> <td colspan="2">F.D.</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">0,8</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">24,12</td> <td colspan="2">Fuente</td> <td colspan="2">TP-A</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">% Reserva</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">20</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black;">4,82</td> <td colspan="2">Cond / Fase</td> <td colspan="2">#2</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Cond. Neutro</td> <td colspan="2">#4</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Cond. Tierra</td> <td colspan="2">#6</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Tipo Cond.</td> <td colspan="2">THHN</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Tubería</td> <td colspan="2">2"</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>																ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)														ALIMENTADOR		Carga Total Conectada		30,15		F.D.		0,8		24,12		Fuente		TP-A				% Reserva		20						4,82		Cond / Fase		#2														Cond. Neutro		#4														Cond. Tierra		#6														Tipo Cond.		THHN														Tubería		2"			
ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)														ALIMENTADOR																																																																																																																	
Carga Total Conectada		30,15		F.D.		0,8		24,12		Fuente		TP-A																																																																																																																			
% Reserva		20						4,82		Cond / Fase		#2																																																																																																																			
										Cond. Neutro		#4																																																																																																																			
										Cond. Tierra		#6																																																																																																																			
										Tipo Cond.		THHN																																																																																																																			
										Tubería		2"																																																																																																																			

## TABLERO CAFETIN

T-CAFÉ		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL IGLESIA		NIVEL DE CC.		2,8 kA											
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE EMBUTIDO		BARRAS PRINCIPALES		125 AMPS.											
INT. PRINCIPAL		- AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA		8,64 kVA		DEMANDA											
POLOS 3		CICC. - kA		RESERVA		1,73 kVA		TOTAL											
								10,37 kVA											
								28,79 AMPS.											
kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	A.	kA Icc	No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA	
		No. PTOS	TIPO		kA Icc	A.									TIPO	No. PTOS			
-	INTERRUPTOR PRINCIPAL	-	-	-	10	3x40	1	●			2	20	10	#12	THHN	7	ILUM. TERRAZA	0,16	
							3		●		4	20	10	#12	THHN	14	ILUM. CAFETIN	0,32	
							5			●	6	20	10	#12	THHN	10	ILUM. CAFETIN	0,23	
0,6	TC. CAFETIN	2	THHN	#12	10	20	7	●			8	20	10	#12	THHN	8	ILUM. BAÑOS	0,18	
4	COCINA	1	THHN	#10	10	2x30	9		●		10	20	10	#12	THHN	7	ILUM. PASILLO	0,16	
			THHN	#10			11			●	12	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL IG-01	0,5	
1,2	TC. COCINA	2	THHN	#10	10	30	13	●			14		10	#12	THHN				
1,2	TC. COCINA	2	THHN	#10	10	30	15		●		16	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL IG-02	0,5	
0,5	TC. ESCALERAS	1	THHN	#10	10	30	17			●	18		10	#12	THHN				
0,8	TC. CAFETIN	3	THHN	#12	10	20	19	●			20						RESERVA		
0,6	TC. TERRAZA	6	THHN	#12	10	20	21		●		22						RESERVA		
0,5	TC. CAFETIN	2	THHN	#12	10	20	23			●	24						RESERVA		
ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (KVA)															ALIMENTADOR				
Carga Conectada TC. General		9,4		F.D.		0,7		6,58		Fuente		T-NI							
Carga Conectada Ilum.		1,06		F.D.		1		1,06		Cond / Fase		#8							
Carga Conectada A/A		1		F.D.		1		1,00		Cond. Neutro		#8							
Carga Total Conectada		11,46						8,64		Cond. Tierra		#10							
% Reserva		20						1,73		Tipo Cond.		THHN							
										Tubería		1"							

### TABLERO HALL

T-HALL		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL IGLESIA		NIVEL DE CC.		1,3 kA													
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE EMBUTIDO		BARRAS PRINCIPALES		125 AMPS.													
INT. PRINCIPAL		-		AMPS. DEMANDA SIN RESERVA		6,23 kVA		DEMANDA 7,47 kVA													
POLOS 3		CICC - kA		RESERVA		1,25 kVA		TOTAL 20,76 AMPS.													
kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA			
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS					
-	INTERRUPTOR PRINCIPAL	-	-	-	10	3x40	1	●			2	20	10	#12	THHN	11	ILUM. BAÑOS	0,26			
							3	●			4	20	10	#12	THHN	23	ILUM. HALL	0,53			
							5	●			6	20	10	#12	THHN	10	ILUM. VESTUARIOS	0,30			
2	TC. BAÑO	2	THHN	#12	10	20	7	●			8	20	10	#12	THHN	6	ILUM. MATERNAL	0,14			
2	TC. BAÑO	1	THHN	#12	10	20	9	●			10	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL IG-05	0,4			
0,8	TC. HALL	4	THHN	#12	10	20	11	●			12		10	#12	THHN						
1,2	TC. MATERNAL	4	THHN	#12	10	20	13	●			14	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL IG-06	0,4			
0,6	TC.VESTUARIOS	4	THHN	#12	10	20	15	●			16		10	#12	THHN						
0,6	TC.VESTUARIOS	2	THHN	#12	10	20	17	●			18						RESERVA				
	RESERVA						19	●			20						RESERVA				
	RESERVA						21	●			22						RESERVA				
	RESERVA						23	●			24						RESERVA				
ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)																					
Carga Conectada TC.	7,2		F.D.	0,6	4,32																
Carga Iluminación	1,23		F.D.	0,9	1,11																
Carga Conectada A/A	0,80		F.D.	1	0,80																
Carga Total Conectada	9,23						6,23														
% Reserva	20						1,25														
											ALIMENTADOR										
											Fuente				T-NI						
											Cond / Fase				#8						
											Cond. Neutro				#8						
											Cond. Tierra				#10						
											Tipo Cond.				THHN						
											Tubería				1"						



## TABLERO IGLESIA

T-IG		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL IGLESIA		NIVEL DE CC.	
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE EMBUTIDO		BARRAS PRINCIPALES	
INT. PRINCIPAL		-	AMPS.	DEMANDA SIN RESERVA		9,28	kVA
POLOS 3		CICC.	-	kA	RESERVA		1,86
						DEMANDA	11,14
						TOTAL	30,94
						2,7	
						125	
						AMPS.	
						KVA	
						AMPS.	

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA	
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS			
-	INTERRUPTOR PRINCIPAL	-	-	-	10	3x50	1	●	●	●	2	20	10	#12	THHN	7	ILUM. PASILLO	0,17	
							3	●	●	●	4	20	10	#12	THHN	8	ILUM. SALA CULTO	0,19	
							5	●	●	●	6	20	10	#12	THHN	10	ILUM. SALA CULTO	1,01	
0,7	TC GENERAL	7	THHN	#12	10	20	7	●	●	●	8	20	10	#12	THHN	6	ILUM. SALA CONTROL	0,15	
1	TC IGLESIA	3	THHN	#12	10	20	9	●	●	●	10	2x20	10	#12	THHN	4	ILUM. SALA CULTO	0,63	
0,7	TC IGLESIA	3	THHN	#12	10	20	11	●	●	●	12	2x20	10	#12	THHN				
0,8	TC IGLESIA	4	THHN	#12	10	20	13	●	●	●	14	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL IG-03	0,5	
1,5	TC BIBLIOTECA	4	THHN	#12	10	20	15	●	●	●	16	2x20	10	#12	THHN				
1,2	TC BIBLIOTECA	3	THHN	#12	10	20	17	●	●	●	18	2x20	10	#12	THHN	1	FAN COIL IG-04	0,4	
1,5	TC. SALA CONTROL	3	THHN	#12	10	20	19	●	●	●	20	2x20	10	#12	THHN				
1,5	TC. SALA CONTROL	3	THHN	#12	10	20	21	●	●	●	22						RESERVA		
	RESERVA						23	●	●	●	24							RESERVA	

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)				ALIMENTADOR		
Carga Conectada TC.	8,90	F.D.	0,7	6,23	Fuente	T-NI
Carga Conectada Ilum.	2,15	F.D.	1	2,15	Cond / Fase	#6
Carga Conectada A/C	0,90	F.D.	1	0,9	Cond. Neutro	#8
Carga Total Conectada	11,95			9,28	Cond. Tierra	#8
% Reserva	20			1,86	Tipo Cond.	THHN
					Tubería	1½"

### TABLERO PRINCIPAL B

<b>TP-B</b>		TIPO CCB		UBICACIÓN NIVEL SOTANO		NIVEL DE CC.		<b>23,6</b> kA	
VOLTAJE <b>208</b>		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE SUPERFICIAL		BARRAS PRINCIPALES		<b>800</b> AMPS.	
INT. PRINCIPAL		<b>3x800</b> AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA		<b>238,696</b> kVA		DEMANDA	
POLOS: <b>3</b>		CICC. <b>25</b> kA		RESERVA		<b>23,87</b> kVA		TOTAL	
						<b>262,57</b> kVA		<b>728,81</b> AMPS.	

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R S T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTOS	TIPO		kA Icc	A.				A.	kA Icc		TIPO	No. PTOS		
							1	●	2							
							3	●	4	3x600	25	2#350	THHN	1	TABLERO PRINCIPAL ILUM. ESCENARIO	186
						5	●	6	2#350			THHN				
						7	●	8	2#350			THHN				
53,03	TABLERO PRINCIPAL FUERZA ESCENARIO	1	THHN	#4/0	25	3x225	9	●	10	3x100	25	#1/0	THHN	1	TABLERO ZONA CARGA	21,16
			THHN	#4/0			11	●	12			#1/0	THHN			
			THHN	#4/0			13	●	14			#1/0	THHN			
15	TABLERO HIDRONEUMATICO	1	THHN	#8	25	3x50	15	●	16							
			THHN	#8			17	●	18							
			THHN	#8			19	●	20							
38,18	TABLERO RACKS AV	1	THHN	#1/0	25	3x150	21	●	22							
			THHN	#1/0			23	●	24							
			THHN	#1/0												

<p>ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Carga Hidroneumáticos</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">15</td> <td style="width: 10%;">F.D.</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">0,5</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">7,5</td> </tr> <tr> <td>Carga Escenario</td> <td style="text-align: center;">298,4</td> <td>F.D.</td> <td style="text-align: center;">0,8</td> <td style="text-align: center;">238,70</td> </tr> <tr> <td>Carga Total Conectada</td> <td style="text-align: center;"><u>334,5</u></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><u>246,20</u></td> </tr> <tr> <td>% Reserva</td> <td style="text-align: center;"><u>10</u></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><u>23,87</u></td> </tr> </table>	Carga Hidroneumáticos	15	F.D.	0,5	7,5	Carga Escenario	298,4	F.D.	0,8	238,70	Carga Total Conectada	<u>334,5</u>			<u>246,20</u>	% Reserva	<u>10</u>			<u>23,87</u>	<p style="text-align: center;"><b>NOTA: TABLERO EXISTENTE</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">ALIMENTADOR</th> </tr> <tr> <td style="width: 70%;">Cond / Fase</td> <td style="text-align: center;">2#500</td> </tr> <tr> <td>Cond. Neutro</td> <td style="text-align: center;">#500</td> </tr> <tr> <td>Cond. / Tierra</td> <td style="text-align: center;">#4/0</td> </tr> <tr> <td>Tipo Cond.</td> <td style="text-align: center;">THHN</td> </tr> <tr> <td>Tubería</td> <td style="text-align: center;">2Ø4"</td> </tr> </table>	ALIMENTADOR		Cond / Fase	2#500	Cond. Neutro	#500	Cond. / Tierra	#4/0	Tipo Cond.	THHN	Tubería	2Ø4"
Carga Hidroneumáticos	15	F.D.	0,5	7,5																													
Carga Escenario	298,4	F.D.	0,8	238,70																													
Carga Total Conectada	<u>334,5</u>			<u>246,20</u>																													
% Reserva	<u>10</u>			<u>23,87</u>																													
ALIMENTADOR																																	
Cond / Fase	2#500																																
Cond. Neutro	#500																																
Cond. / Tierra	#4/0																																
Tipo Cond.	THHN																																
Tubería	2Ø4"																																

### TABLERO ZONA DE CARGA

<b>T-ZC</b>		TIPO NLAB		UBICACIÓN NIVEL SOTANO		NIVEL DE CC.		<b>2,92</b> kA
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE SUPERFICIAL		BARRAS PRINCIPALES		<b>125</b> AMPS.
INT. PRINCIPAL		<b>3x100</b> AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA		DEMANDA		<b>15,93</b> kVA
POLOS 3		CICC. 10 kA		RESERVA		TOTAL		<b>19,11</b> kVA
								<b>53,09</b> AMPS.

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA	
		No. PTOS	TIPO		KA Icc	A.						A.	KA Icc		No. PTOS	TIPO			
10	TABLERO MONTACARGA	1	THHN	#6	10	3x60	1	●	●	●	2	20	10	#12	2	THHN	ILUM. ZC. SOTANO	0,05	
			THHN	#6												3	THHN	ILUM. CARGA ESC.	0,51
			THHN	#6												5	THHN	ILUM. DEP. NIVEL CAM.	0,44
1	TC. ZC. SOTANO	2	THHN	#12	10	20	7	●	●	●	8	20	10	#12	3	THHN	ILUM. ESCALERAS	0,07	
1	TC. DEP. NIVEL CAM.	2	THHN	#12	10	20	9	●	●	●	10	2x20	10	#12	1	THHN	SPLIT 3 TON. CUARTO DIMMERS	3,60	
1	TC. ZC. ESCENARIO	3	THHN	#12	10	20	11	●	●	●	12		10	#12					
	RESERVA						13	●	●	●	14	2x20	10	#12	2	THHN	ILUM. MTO. ESC.	0,3	
	RESERVA						15	●	●	●	16		10	#12					
	RESERVA						17	●	●	●	18	20	10	#12	3	THHN	ILUM. CUARTO DE RACKS	0,08	
	RESERVA						19				20						RESERVA		
	RESERVA						21				22						RESERVA		
	RESERVA						23				24						RESERVA		

Carga TC General	3	F.D.	0,4	1,2
Carga Iluminación	1,41	F.D.	0,8	1,13
Carga Montacarga	10	F.D.	1	10
Carga A/A Cto Dimmers	3,60	F.D.	1	3,6
Carga Total Conectada	18,01			15,93
% Reserva	20			3,19

Fuente	T-PB
Cond / Fase	#1/0
Cond. Neutro	#2
Cond. Tierra	#6
Tipo Cond.	THHN
Tubería	2"

### TABLERO DE SERVICIOS PREFERENCIALES

T-SP		TIPO NLAB			UBICACIÓN NIVEL SOTANO			NIVEL DE CC.		
VOLTAJE <b>208</b>		No. FASES 3F- 4 HILOS			MONTAJE EMBUTIDO			BARRAS PRINCIPALES		
INT. PRINCIPAL		<b>3x400</b> AMPS.			DEMANDA SIN RESERVA			DEMANDA		
POLOS: <b>3</b>		CICC. <b>22</b> kA			RESERVA			TOTAL		
					<b>60,2</b> kVA			<b>72,24</b> kVA		
					<b>12,04</b> kVA			<b>200,52</b> AMPS.		

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS		
10	EXTRACTOR ESTACIONAMIENTO	1	THHN	#6	22	3x50	1	●			2	3x150	22	#1/0	THHN	1	TABLERO DE BOMBAS CONTRA INCENDIO	30
			THHN	#6			3	●			4			#1/0	THHN			
			THHN	#6			5	●			6			#1/0	THHN			
0,2	TABLERO CTRL C/INC	1	THHN	#10	22	30	7	●			8	3x100	22	#2	THHN	1	ASCENSOR PRINCIPAL	20
							9	●			10	#2	THHN					
							11	●			12	#2	THHN					
							13	●			14							
							15	●			16							
							17	●			18							
							19	●			20							
							21	●			22							
							23	●			24							

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)				<b>NOTA: TABLERO EXISTENTE</b>				ALIMENTADOR			
Carga Conectada	60,2	F.D.	1					60,2	Cond / Fase	#500	
% Reserva			20					12,04	Cond. Neutro	#350	
					Cond. / Tierra	#4/0					
					Tipo Cond.	THHN					
					Tubería	4"					

### TABLERO PRINCIPAL DE AIRE ACONDICIONADO

<b>TP-AA</b>		TIPO CCM (NEMA 3R)		UBICACIÓN PLANTA TECHO		NIVEL DE CC.		<b>18,35</b> kA	
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE <b>SUPERFICIAL</b>		BARRAS PRINCIPALES		<b>1200</b> AMPS.	
INT. PRINCIPAL		<b>3x1200</b> AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA		<b>290,81</b> kVA		DEMANDA	
POLOS 3		CICC. <b>22</b> kA		RESERVA		<b>29,08</b> kVA		TOTAL	
								<b>319,89</b> kVA	
								<b>888,58</b> AMPS.	

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS		
120	CHILLER #1	1	THHN	#500	22	3x400	1	●	●	●	2	3x400	22	#500	THHN	1	CHILLER #2	120
			THHN	#500											THHN			
			THHN	#500											THHN			
19,8	TABLERO DE BOMBAS	1	THHN	#2	22	3x100	7	●	●	●	8	3x150	22	#1/0	THHN	1	TABLERO UPT	32,4
			THHN	#2											THHN			
			THHN	#2											THHN			
	RESERVA						13	●	●	●	14	3x70	22	#6	THHN	1	TABLERO UMAS ESCENARIO	12
	RESERVA					15	●	●	●	16								
	RESERVA					17	●	●	●	18								

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)					ALIMENTADOR				
Carga Conectada Chiller	240	F.D.	1	240,00	Fuente	PRINGLE			
Carga Conectada Bombas	19,8	F.D.	0,66	13,07	Cond / Fase	3#500			
Carga UMAS	44,4	F.D.	0,85	37,74	Cond. Neutro	#350			
Carga Total Conectada	304,2			290,81	Cond. Tierra	#4/0			
% Reserva	10			29,08	Tipo Cond.	THHN			
					Tubería	3Ø4"			

### TABLERO UMAS PLANTA TECHO

<b>T-UPT</b>				TIPO CCM (NEMA 3R)		UBICACIÓN <b>PLANTA TECHO</b>				NIVEL DE CC.		<b>4,45</b> kA			
VOLTAJE 208				No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE <b>SUPERFICIAL</b>				BARRAS PRINCIPALES				<b>225</b> AMPS.	
INT. PRINCIPAL				<b>3x150</b>		AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA				<b>32,40</b>		kVA	
POLOS 3				CICC. <b>18</b>		kA		RESERVA				<b>6,48</b>		kVA	
										<b>38,88</b>		kVA			
										<b>108,00</b>		AMPS.			

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>R</th> <th>S</th> <th>T</th> </tr> </table>			R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA
		R	S		T																
No. PTOS	TIPO	kA lcc	A.	A.	kA lcc	TIPO	No. PTOS														
7,5	UMA #1 AUDIT.	1	THHN #6	10	3x50	10	3	●	●	●	2	2x20	10	#12	THHN	1	UMA IG-07	0,75			
			THHN #6											#12	THHN						
			THHN #6											#12	THHN						
7,5	UMA #2 AUDIT.	1	THHN #6	10	3x50	10	7	●	●	●	8	2x20	10	#12	THHN	1	UMA IG-08	0,75			
			THHN #6											#12	THHN						
			THHN #6											#12	THHN						
7,5	UMA #3 AUDIT.	1	THHN #6	10	3x50	10	13	●	●	●	14	2x20	10	#12	THHN	1	UMA IG-010	0,75			
			THHN #6											#12	THHN						
			THHN #6											#12	THHN						
7,5	UMA #4 AUDIT.	1	THHN #6	10	3x50	10	19	●	●	●	20	2x30	10	#10	THHN	1	TC SERVICIO 208V	2			
			THHN #6											#10	THHN						
			THHN #6											#10	THHN						
	RESERVA						25	●													
	RESERVA						27	●													
	RESERVA						29	●													

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)				<b>ALIMENTADOR</b>		
Carga Conectada UMAS	36	F.D.	0,9	32,4	Fuente	T-AA
Carga Total Conectada	36			32,40	Cond / Fase	#1/0
% Reserva	20			6,48	Cond. Neutro	#2
					Cond. Tierra	#4
					Tipo Cond.	THHN
					Tubería	2"

### TABLERO UMAS ESCENARIO

<b>T-UE</b>		TIPO CCM (NEMA 3R)		UBICACIÓN PLANTA TECHO		NIVEL DE CC.		<b>7,46</b> kA	
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE <b>SUPERFICIAL</b>		FRAME BARRAS		<b>125</b> AMPS.	
INT. PRINCIPAL		- AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA		12,00 kVA		DEMANDA	
POLOS 3		CICC. - kA		RESERVA		3,60 kVA		TOTAL	
								<b>15,60</b> kVA	
								<b>43,33</b> AMPS.	

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R S T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA				
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.				A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS						
5	UMA #1 ESCENARIO	1	THHN	#8	10	3x40	1	●	2	3x40	10	#8	THHN	1	UMA #2 ESCENARIO	5				
			THHN	#8									3				●	4	#8	THHN
			THHN	#8									5				●	6	#8	THHN
2	TC SERVICIO 208V	1	THHN	#10	10	2x30	7	●	8	30	10	#10	THHN	1	TC SERVICIO	1				
			THHN	#10									9				●	10	#10	THHN
RESERVA							11	●	12						RESERVA					

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)				ALIMENTADOR		
Carga Conectada UMAS	10	F.D.	1	10	Fuente	T-AA
Carga Conectada Servicios	4	F.D.	0,5	2	Cond / Fase	#6
Carga Total Conectada	14			12,00	Cond. Neutro	#8
% Reserva	30			3,60	Cond. Tierra	#8
					Tipo Cond.	THHN
					Tubería	1½"

### TABLERO DE BOMBAS PLANTA TECHO

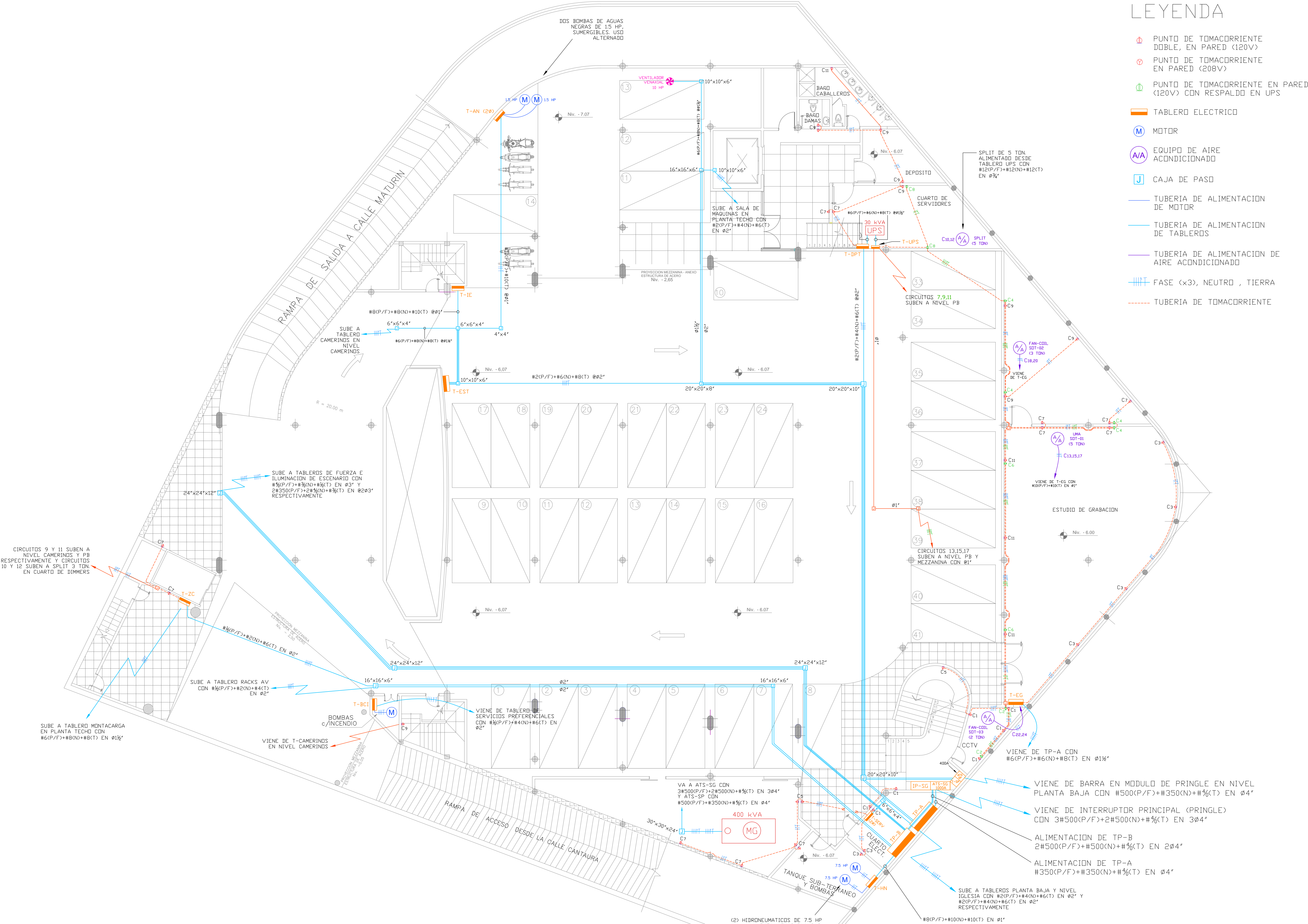
<b>T-BPT</b>		TIPO CCM (NEMA 3R)		UBICACIÓN PLANTA TECHO		NIVEL DE CC. <b>12,8</b> kA	
VOLTAJE 208		No. FASES 3F- 4 HILOS		MONTAJE <b>SUPERFICIAL</b>		FRAME BARRAS <b>125</b> AMPS.	
INT. PRINCIPAL		- AMPS.		DEMANDA SIN RESERVA <b>19,80</b> kVA		DEMANDA <b>23,76</b> kVA	
POLOS 3		CICC. - kA		RESERVA <b>3,96</b> kVA		TOTAL <b>66,00</b> AMPS.	

kVA	TIPO DE CARGA	SALIDAS		No. AWG o MCM	PROTECCION		CTO. No.	R	S	T	CTO. No.	PROTECCION		No. AWG o MCM	SALIDAS		TIPO DE CARGA	kVA					
		No. PTOS	TIPO		kA lcc	A.						A.	kA lcc		TIPO	No. PTOS							
10	BOMBA AGUA HELADA #1	1	THHN	#6	14	3x60	1	●	●	●	2	3x60	14	#6	THHN	1	BOMBA AGUA HELADA #2	10					
			THHN	#6															3	4	#6	THHN	
			THHN	#6															5	6	#6	THHN	
10	BOMBA AGUA HELADA #3	1	THHN	#6	14	3x60	7	●	●	●	8						RESERVA						
			THHN	#6															9	10			RESERVA
			THHN	#6															11	12			RESERVA
	RESERVA					13	●	●	●	14							RESERVA						
	RESERVA					15	●	●	●	16							RESERVA						
	RESERVA					17	●	●	●	18							RESERVA						

ESTIMACION DE DEMANDA DEL TABLERO (kVA)			
Carga Conectada Bombas	30	F.D.	0,66
Carga Total Conectada	30		19,80
% Reserva	20		3,96

ALIMENTADOR	
Fuente	T-AA
Cond / Fase	#2
Cond. Neutro	#6
Cond. Tierra	#8
Tipo Cond.	THHN
Tubería	2"





# LEYENDA

- PUNTO DE TOMACORRIENTE DOBLE, EN PARED (120V)
- PUNTO DE TOMACORRIENTE EN PARED (208V)
- PUNTO DE TOMACORRIENTE EN PARED (120V) CON RESPALDO EN UPS
- TABLERO ELECTRICO
- MOTOR
- EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
- CAJA DE PASO
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE MOTOR
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE TABLEROS
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE AIRE ACONDICIONADO
- FASE (x3), NEUTRO, TIERRA
- TUBERIA DE TOMACORRIENTE

**Notas Generales:**

- Cualquier dato o discrepancia en los planos de proyecto deber consultarse al proyectista. De requerirse cambios de proyecto durante la obra, estos deberan consultarse al proyectista.
- No escalar este dibujo. Usar solamente las dimensiones aqui indicadas.
- Las dimensiones estan expresadas en metros salvo se indique lo contrario. Todas las dimensiones deberan ser verificadas en obra.
- Todos los niveles son nominales. Se debera ejecutar un levantamiento detallado del sitio o fin de verificar las posiciones.
- Este plano tiene la unica intencion del diseño del espacio pero podra ser usado para la obra de construcción del mismo.

**NOTA:**

- TODO EL CABLEADO SERA CON CALIBRE #12 AWG, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO
- TODA LA TUBERIA SERA DE 3/4" A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

## NIVEL ESTACIONAMIENTO - SÓTANO

ESCALA: 1:100

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO  
DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
DEL TEATRO LA CAMPAÑA

DIEGO J. CORONA D.

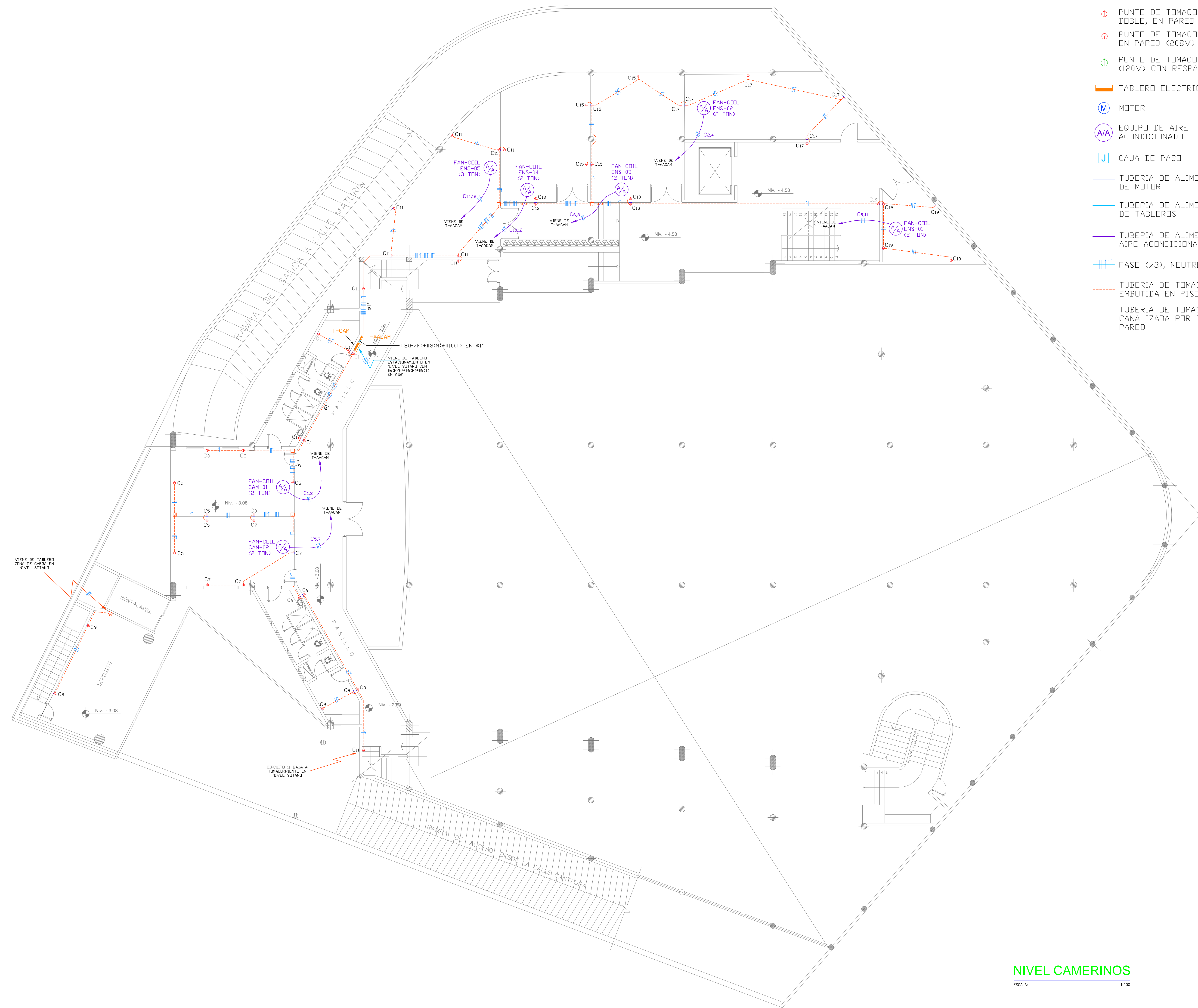
Propietario:  
**"FUNDACION GENESIS"**

Ubicación:  
AV. CANTAURA Y MATORIN DE LA URBANIZACION  
LOS CEDROS-PARROQUIA EL RECREO  
MUNICIPIO LIBERTADOR-DISTRITO CAPITAL

Arquitecto:  
Arq. LORETTA LLANOS G.  
C.I.V. 86410

Identificación del Plano:  
**INSTALACIONES ELECTRICAS  
FUERZA Y TOMACORRIENTES  
NIVEL ESTACIONAMIENTO**

ESCALA 1:100    NOV. 2013    Numeración IE-01



# LEYENDA

- PUNTO DE TOMACORRIENTE DOBLE, EN PARED (120V)
- PUNTO DE TOMACORRIENTE EN PARED (208V)
- PUNTO DE TOMACORRIENTE EN PARED (120V) CON RESPALDO EN UPS
- TABLERO ELECTRICO
- MOTOR
- EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
- CAJA DE PASO
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE MOTOR
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE TABLEROS
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE AIRE ACONDICIONADO
- FASE (x3), NEUTRO, TIERRA
- TUBERIA DE TOMACORRIENTE EMBUTIDA EN PISO
- TUBERIA DE TOMACORRIENTE CANALIZADA POR TECHO O PARED

**Notas Generales:**

1. Cualquier duda o discrepancia en los planos de proyecto deber consultarse al proyectista. De requerirse cambios de proyecto durante la obra, estos deberon consultarse al proyectista.
2. No escalar este dibujo. Usar solamente las dimensiones aqui indicadas.
3. Las dimensiones estan expresadas en metros salvo se indique lo contrario. Todas las dimensiones deberan ser verificadas en obra.
4. Todos los niveles son nominales. Se debera ejecutar un levantamiento detallado del sitio a fin de verificar las posiciones.
5. Este plano tiene la unica intencion del diseno del espacio pero podra ser usado para la obra de construccion del mismo.

**NOTA:**

- TODA EL CABLEADO SERA CON CALIBRE #12 AWG. A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- TODA LA TUBERIA SERA DE 3/4" A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

VIENE DE TABLERO ZONA DE CARGA EN NIVEL SITIANO

DEPOSITO

MONITACARGA

Niv. -3.08

CIRCUITO II BAJA A TOMACORRIENTE EN NIVEL SITIANO

RAMPA DE ACCESO DESDE LA CALLE CANTAUARA

PASILLO

Niv. -2.00

RAMPA DE SALIDA A CALLE MATURIN

PASILLO

Niv. -4.58

**NIVEL CAMERINOS**

ESCALA: 1:100

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO  
DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
DEL TEATRO LA CAMPIÑA

DIEGO J. CORONA D.

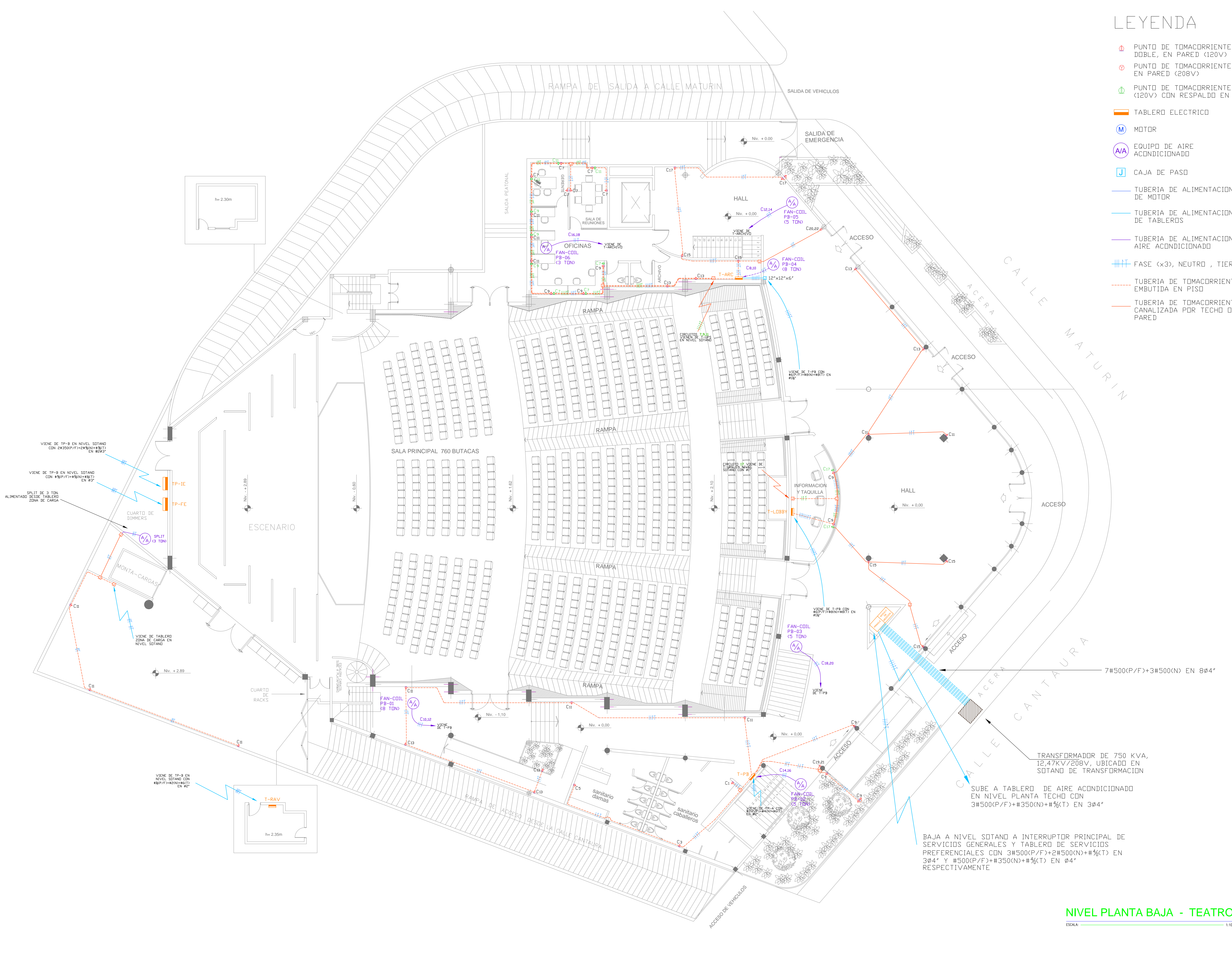
Propietario:  
**"FUNDACION GENESIS"**

Ubicacion:  
AV. CANTAUARA Y MATURIN DE LA URBANIZACION  
LOS CEDROS-PARROQUIA EL RECREO  
MUNICIPIO LIBERTADOR-DISTRITO CAPITAL

Arquitecto:  
Aro. LORRETTA LLANOS G.  
C.I.V. 85916

Identificación del Plano:  
**INSTALACIONES ELECTRICAS  
FUERZA Y TOMACORRIENTES  
NIVEL CAMERINOS**

ESCALA 1:100    NOV. 2013    Numeración IE-02



# LEYENDA

- ⬮ PUNTO DE TOMACORRIENTE DOBLE, EN PARED (120V)
- ⬮ PUNTO DE TOMACORRIENTE EN PARED (208V)
- ⬮ PUNTO DE TOMACORRIENTE EN PARED (120V) CON RESPALDO EN UPS
- TABLERO ELECTRICO
- M MOTOR
- A/A EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
- J CAJA DE PASO
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE MOTOR
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE TABLEROS
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE AIRE ACONDICIONADO
- ||| FASE (x3), NEUTRO, TIERRA
- TUBERIA DE TOMACORRIENTE EMBUTIDA EN PISO
- TUBERIA DE TOMACORRIENTE CANALIZADA POR TECHO O PARED

**Notas Generales:**

1. Cualquier duda o discrepancia en los planos de proyecto deber consultarse al proyectista. De requerirse cambios de proyecto durante la obra, estos deberon consultarse al proyectista.
2. No escalar este dibujo. Usar solamente las dimensiones aqui indicadas.
3. Las dimensiones estan expresadas en metros salvo se indique lo contrario. Todos las dimensiones deberon ser verificadas en obra.
4. Todos los niveles son nominales. Se debera aplicar un levantamiento detallado del sitio o fin de verificar las posiciones.
5. Este plano tiene la unica intencion del diseo del espacio pero para ser usado para la obra de construccion del mismo.

**NOTA:**

- TODO EL CABLEADO SERA CON CALIBRE #12 AWG, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO
- TODA LA TUBERIA SERA DE 3/4" A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

BAJA A NIVEL SOTANO A INTERRUPTOR PRINCIPAL DE SERVICIOS GENERALES Y TABLERO DE SERVICIOS PREFERENCIALES CON 3#500(P/F)+2#500(N)+#%(T) EN 3ø4" Y #500(P/F)+#350(N)+#%(T) EN ø4" RESPECTIVAMENTE

TRANSFORMADOR DE 750 KVA, 12.47KV/208V, UBICADO EN SOTANO DE TRANSFORMACION

7#500(P/F)+3#500(N) EN 8ø4"

## NIVEL PLANTA BAJA - TEATRO

ESCALA 1:100

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**  
**DISENO DE INSTALACIONES ELECTRICAS**  
**DEL TEATRO LA CAMPINA**

**DIEGO J. CORONA D.**

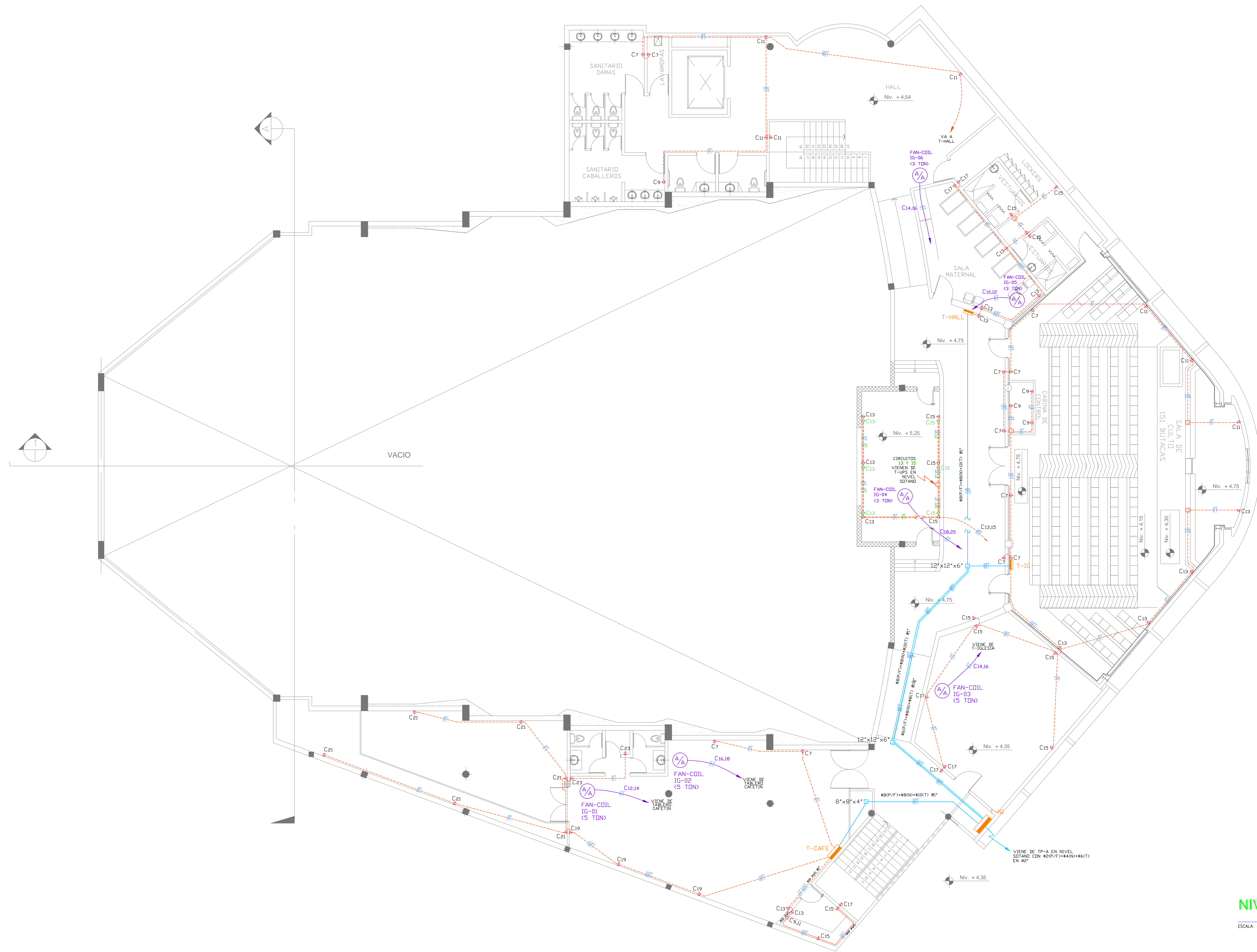
Propietario:  
**"FUNDACION GENESIS"**

Ubicacion:  
 AV. CANTAURO Y MATORIN DE LA URBANIZACION LOS CEDROS-PARROQUIA EL RECREO MUNICIPIO LIBERTADOR-DISTRITO CAPITAL

Arquitectura:  
 Arq. LORETTA LLANOS G. C.I.V. 88319

Identificación del Plano:  
**INSTALACIONES ELECTRICAS FUERZA Y TOMACORRIENTES NIVEL PLANTA BAJA**

ESCALA 1:100    NOV. 2013    Numeración IE-03



## LEYENDA

- PUNTO DE TOMACORRIENTE DOBLE, EN PARED (120V)
- PUNTO DE TOMACORRIENTE EN PARED (208V)
- PUNTO DE TOMACORRIENTE EN PARED (120V) CON RESPALDO EN UPS
- TABLERO ELECTRICO
- MOTOR
- EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
- CAJA DE PASO
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE MOTOR
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE TABLEROS
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE AIRE ACONDICIONADO
- FASE (x3), NEUTRO, TIERRA
- TUBERIA DE TOMACORRIENTE EMBUTIDA EN PISO
- TUBERIA DE TOMACORRIENTE CANALIZADA POR TECHO O PARED

**Notas Generales:**

- Cualquier duda o discrepancia en los planos de proyecto debe consultarse al proyectista. De requerirse cambios de proyecto durante la obra, estos deberán consultarse al proyectista.
- No usar este dibujo. Usar solamente los dibujos autorizados.
- Las dimensiones están expresadas en metros salvo se indique lo contrario. Todas las dimensiones deberán ser verificadas en obra.
- Todos los niveles son nominales. Se deberá ejecutar un levantamiento detallado del sitio a fin de verificar las posiciones.
- Este plano tiene la única intención del diseño del espacio para poder ser usado para la obra de construcción del mismo.

**NOTA:**

- TODO EL CABLEADO SERA CON CALIBRE #12 AWG, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- TODA LA TUBERIA SERA DE 3/4" A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

NIVEL MEZZANINA - IGLESIA

ESCALA 1:100

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO  
DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
DEL TEATRO LA CAMPINA

DIEGO J. CORONA D.

Propietario:  
**"FUNDACION GENESIS"**

Ubicación:  
AV. CANTAURO Y MATORIN DE LA URBANIZACION  
LOS CEDROS-PARROQUIA EL RECREO  
MUNICIPIO LIBERTADOR-DISTRITO CAPITAL

Arquitecto:  
ANG. LORETTA LLANOS G.  
C.I.V. 65.910

Identificación del Plano:  
**INSTALACIONES ELECTRICAS  
FUERZA Y TOMACORRIENTES  
NIVEL MEZZANINA**

ESCALA 1:100      NOV. 2013      Numeración **IE-04**

# LEYENDA

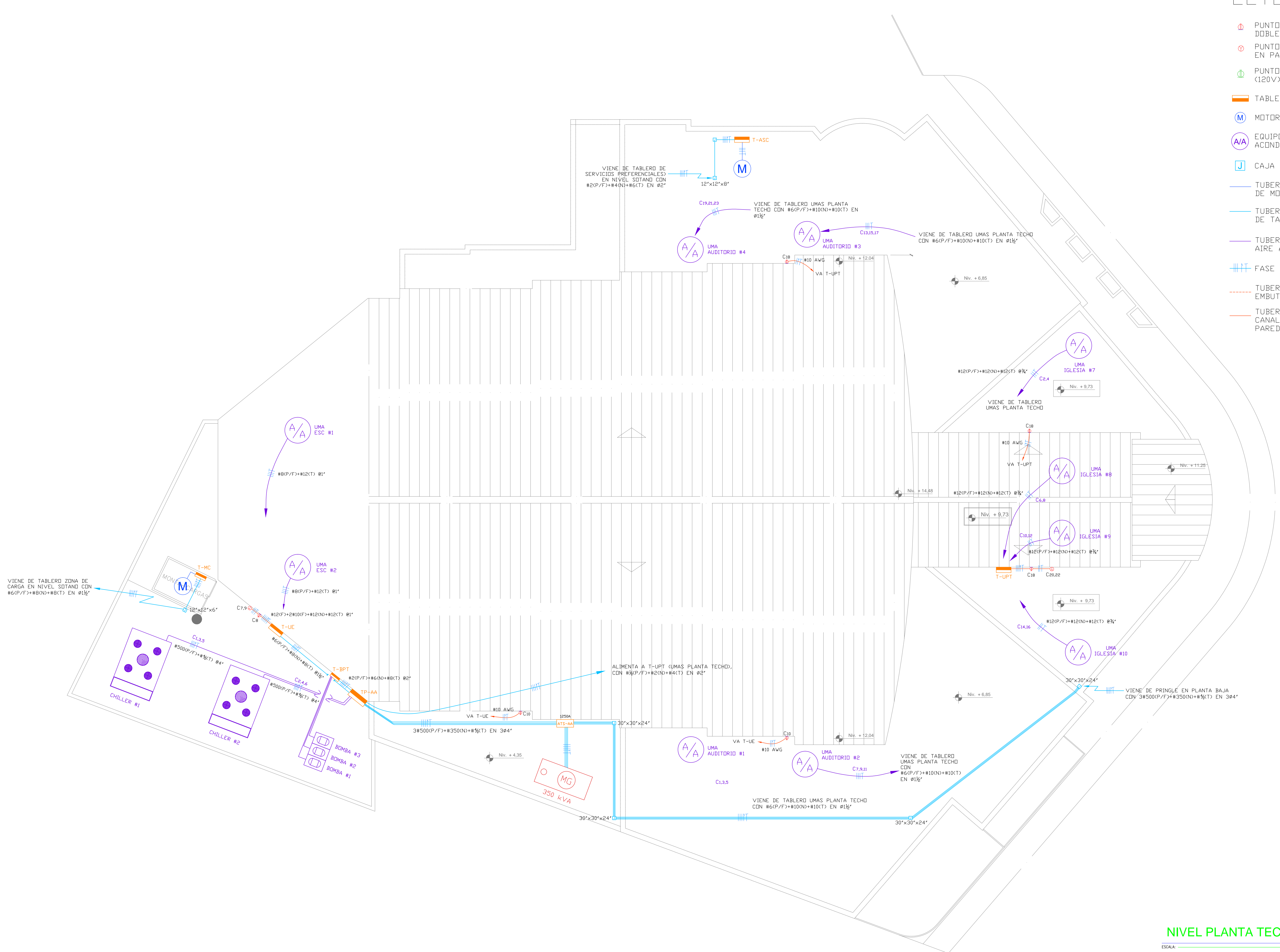
- PUNTO DE TOMACORRIENTE DOBLE, EN PARED (120V)
- PUNTO DE TOMACORRIENTE EN PARED (208V)
- PUNTO DE TOMACORRIENTE EN PARED (120V) CON RESPALDO EN UPS
- TABLERO ELECTRICO
- MOTOR
- EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO
- CAJA DE PASO
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE MOTOR
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE TABLEROS
- TUBERIA DE ALIMENTACION DE AIRE ACONDICIONADO
- FASE (x3), NEUTRO, TIERRA
- TUBERIA DE TOMACORRIENTE EMBUTIDA EN PISO
- TUBERIA DE TOMACORRIENTE CANALIZADA POR TECHO O PARED

**Notas Generales:**

1. Cualquier duda o discrepancia en los planos de proyecto debe consultarse al proyectista. De requerirse cambios de proyecto durante la obra, estos deberán consultarse al proyectista.
2. No escalar este dibujo. Usar solamente las dimensiones aquí indicadas.
3. Las dimensiones están expresadas en metros salvo se indique lo contrario. Todas las dimensiones deberán ser verificadas en obra.
4. Todos los niveles son nominales. Se deberá ejecutar un levantamiento detallado del sitio a fin de verificar las posiciones.
5. Este plano tiene la única intención del diseño del espacio para poder ser usado para la obra de construcción del mismo.

**NOTA:**

- TODO EL CABLEADO SERA CON CALIBRE #12 AWG. A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO
- TODA LA TUBERIA SERA DE 3/4" A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.



**NIVEL PLANTA TECHO**  
ESCALA: 1:100

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**  
**DISENO DE INSTALACIONES ELECTRICAS**  
**DEL TEATRO LA CAMPINA**

**DIEGO J. CORONA D.**

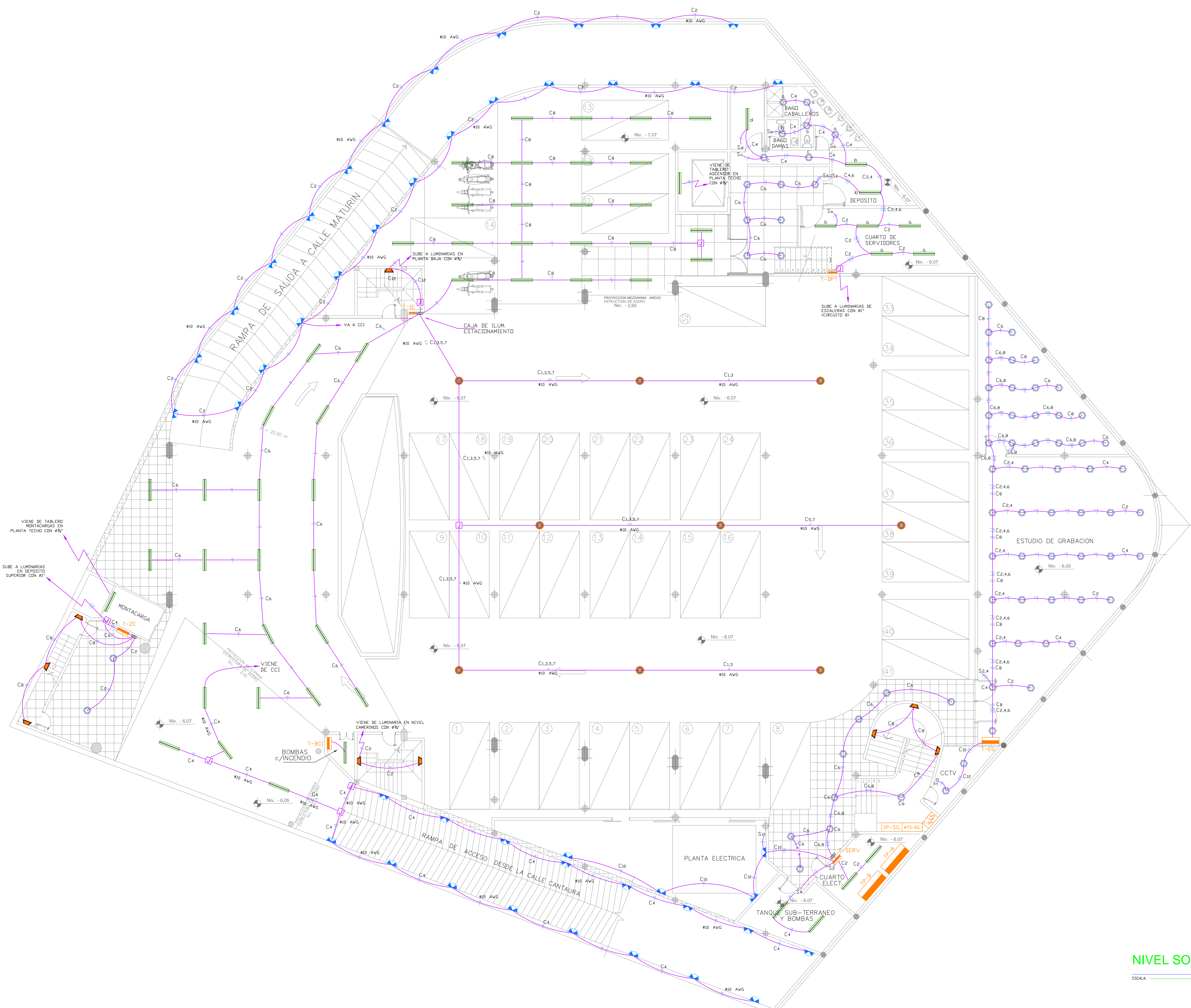
Propietario:  
**"FUNDACION GENESIS"**

Ubicación:  
AV. CANTAURA Y MATURIN DE LA URBANIZACION  
LOS CEDROS-PARRQUIA EL RECREO  
MUNICIPIO LIBERTADOR-DISTRITO CAPITAL

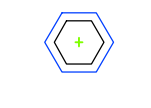


Arquitectura:  
Ing. LORETTA LLANOS G.  
C.I.N. 85319

Identificación del Plano:  
**INSTALACIONES ELECTRICAS**  
**FUERZA Y TOMACORRIENTES**  
**NIVEL PLANTA TECHO**

ESCALA: 1:100      Numeración: **IE-05**  
NOV. 2013



# LEYENDA

-  LUMINARIA CIRCULAR TIPO DOWNLIGHT, GENERALMENTE EMBUTIDA.
-  LUMINARIA INDUSTRIAL CON 1 TUBO LED T8
-  LUMINARIA CON FOCO PAR 64. 110V / 1000W
-  LUMINARIA PARA APLIQUE EN PARED, EMBUTIDA O SUPERFICIAL
-  LUMINARIA EMBUTIDA EN PISO UTILIZADA EN RAMPAS DE ACCESO A TEATRO
-  LUMINARIA TIPO PLAFON PARA OFICINAS, CON 3 TUBOS LED T8.
-  LUMINARIA PARA APLIQUE EN PARED, EMBUTIDA O SUPERFICIAL
-  LUMINARIA INDUSTRIAL TIPO HIGH BAY
-  LUMINARIA TIPO PROYECTOR 150W
-  TUBERIA DE ILUMINACION EMBUTIDA EN TECHO O PARED
-  TUBERIA DE ILUMINACION SUPERFICIAL (A LA VISTA)
-  CAJA DE PASO PARA ILUMINACION
-  TABLERO ELECTRICO
-  FASE, FASE CONTROLADA, NEUTRO
-  CCI CAJA DE CONTROL DE ILUMINACION
-  INTERRUPTOR

**Notas Generales:**

1. Cualquier dudo o discrepancia en los planos de proyecto deber consultarse al proyectista. De requerirse cambios de proyecto durante la obra, estos deberan consultarse al proyectista.
2. No escalar este dibujo. Usar solamente las dimensiones aqui indicadas.
3. Las dimensiones estan expresadas en metros salvo se indique lo contrario. Todos las dimensiones deberan ser verificadas en obra.
4. Todos los niveles son nominales. Se debera ejecutar un levantamiento detallado del sitio a fin de verificar las posiciones.
5. Este plano tiene la unica intencion del diseno del espacio para poder ser usado para la obra de construccion del mismo.

**NOTA:**

- TODO EL CABLEADO SERA CON CALIBRE #12 AWG. A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO
- TODA LA TUBERIA SERA DE 3/4" A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO  
DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
DEL TEATRO LA CAMPANA

DIEGO J. CORONA D.

Propietario:  
**"FUNDACION GENESIS"**

Ubicacion:  
AV. CANTAURO Y MATORIN DE LA URBANIZACION  
LOS CEDROS-PARRQUIA EL RECREO  
MUNICIPIO LIBERTADOR-DISTRITO CAPITAL

Arquitecta:  
Ars. LORETTA LLANOS G.  
C.I.V. 88.919

Identificación del Plano:  
**INSTALACIONES ELECTRICAS  
ILUM. NIVEL ESTACIONAMIENTO**

ESCALA 1:100      NOV. 2013      Numeración IE-06

**NIVEL SOTANO - ESTACIONAMIENTO**

ESCALA 1:100



# LEYENDA

-  LUMINARIA CIRCULAR TIPO DOWNLIGHT, GENERALMENTE EMBUTIDA.
-  LUMINARIA INDUSTRIAL CON 1 TUBO LED T8
-  LUMINARIA CON FOCO PAR 64. 110V / 1000W
-  LUMINARIA PARA APLIQUE EN PARED, EMBUTIDA O SUPERFICIAL
-  LUMINARIA EMBUTIDA EN PISO UTILIZADA EN RAMPAS DE ACCESO A TEATRO
-  LUMINARIA TIPO PLAFON PARA OFICINAS, CON 3 TUBOS LED T8.
-  LUMINARIA PARA APLIQUE EN PARED, EMBUTIDA O SUPERFICIAL
-  LUMINARIA INDUSTRIAL TIPO HIGH BAY
-  LUMINARIA TIPO PROYECTOR 150W
-  TUBERIA DE ILUMINACION EMBUTIDA EN TECHO O PARED
-  TUBERIA DE ILUMINACION SUPERFICIAL (A LA VISTA)
-  CAJA DE PASO PARA ILUMINACION
-  TABLERO ELECTRICO
-  FASE, FASE CONTROLADA, NEUTRO
-  CAJA DE CONTROL DE ILUMINACION
-  INTERRUPTOR

**Notas Generales:**

1. Cualquier duda o discrepancia en los planos de proyecto debe consultarse al proyectista. Se requiere cambios de proyecto durante la obra, estos deben consultarse al proyectista.
2. No escalar este dibujo. Usar solamente los dimensiones que se indiquen.
3. Las dimensiones están expresadas en metros salvo se indique lo contrario. Todos los datos deben ser verificados en obra.
4. Todos los niveles son nominales. Se deberá ejecutar un levantamiento detallado del sitio a fin de verificar las posiciones.
5. Este plano tiene la única intención del diseño del espacio pero podrá ser usado para la obra de construcción del mismo.

**NOTA:**

- TODO EL CABLEADO SERA CON CALIBRE #12 AWG, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO
- TODA LA TUBERIA SERA DE 3/4" A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

**NIVEL CAMERINOS**  
ESCALA: 1:100

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO  
DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
DEL TEATRO LA CAMPIÑA

DIEGO J. CORONA D.

Propietario:  
"FUNDACION GENESIS"

Ubicación:  
AV. CANTAURO Y MATURIN DE LA URBANIZACION  
LOS CEDROS-PARROQUIA EL RECREO  
MUNICIPIO LIBERTADOR-DISTRITO CAPITAL

Arquitectura:  
Arq. LORETTA LLANOS G.  
C.I.N. 85.919

Identificación del Plano:  
INSTALACIONES ELECTRICAS  
ILUMINACION NIVEL CAMERINOS

ESCALA 1:100      NOV. 2013      Numeración IE-07

**Notas Generales:**

1. Cualquier dato o discrepancia en las plantas de proyecto debe consultarse al proyectista. De requerirse cambios de proyecto durante la obra, estos deberán consultarse al proyectista.
2. No escalar este dibujo. Usar solamente las dimensiones aquí indicadas.
3. Las dimensiones están expresadas en metros salvo se indique lo contrario. Todas las dimensiones deberán ser verificadas en obra.
4. Todos los niveles son nominales. Se deberá ejemplar un levantamiento detallado del sitio a fin de verificar las posiciones.
5. Este plano tiene la única intención del diseño del espacio para poder ser usado para la obra de construcción del mismo.

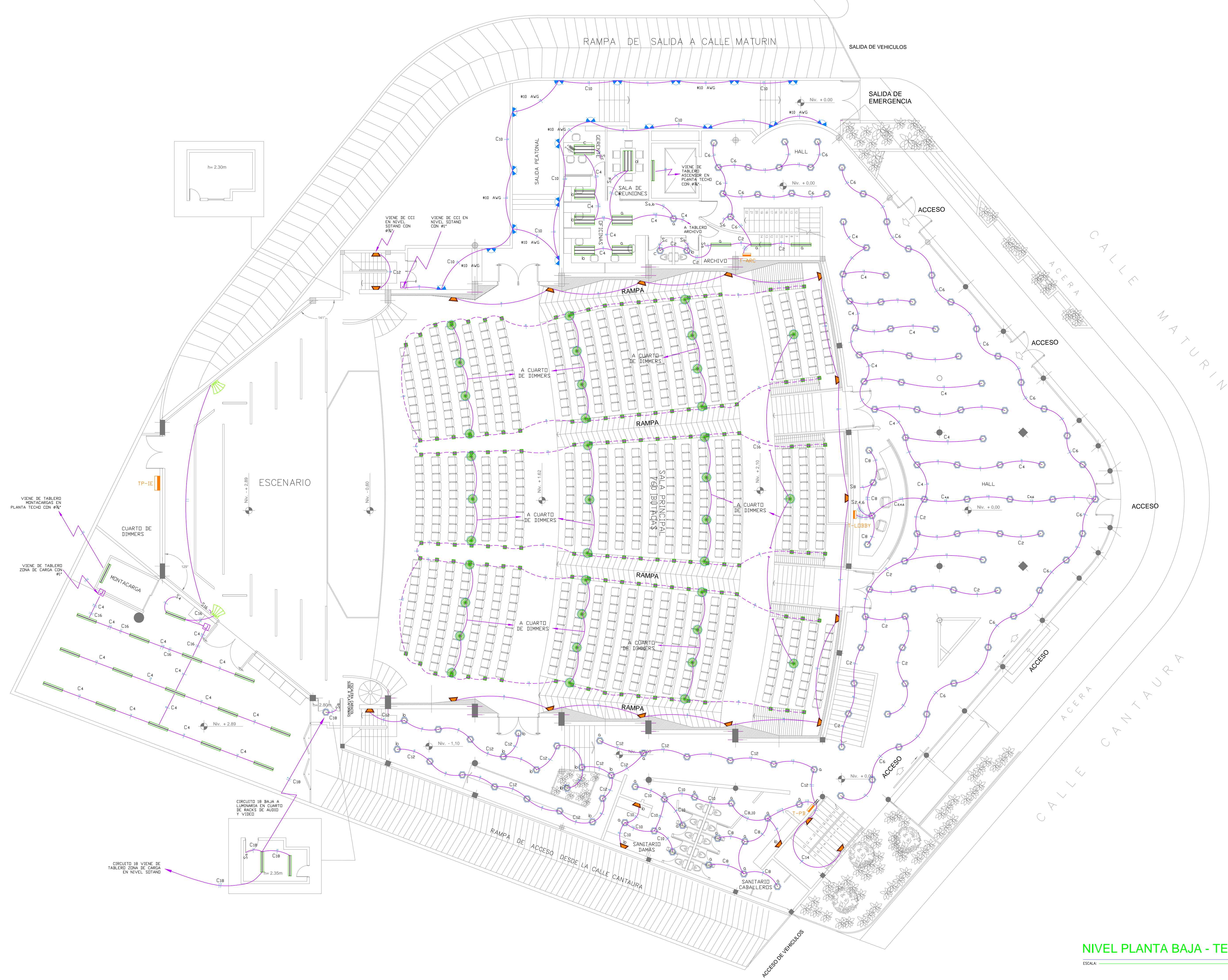
**NOTA:**

- TODO EL CABLEADO SERA CON CALIBRE #12 AWG. A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

- TODA LA TUBERIA SERA DE 3/4". A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

# LEYENDA

-  LUMINARIA CIRCULAR TIPO DOWNLIGHT, GENERALMENTE EMBUTIDA.
-  LUMINARIA INDUSTRIAL CON 1 TUBO LED T8
-  LUMINARIA CON FOCO PAR 64. 110V / 1000W
-  LUMINARIA PARA APLIQUE EN PARED, EMBUTIDA O SUPERFICIAL
-  LUMINARIA EMBUTIDA EN PISO UTILIZADA EN RAMPAS DE ACCESO A TEATRO
-  LUMINARIA TIPO PLAFON PARA OFICINAS, CON 3 TUBOS LED T8.
-  LUMINARIA PARA APLIQUE EN PARED, EMBUTIDA O SUPERFICIAL
-  LUMINARIA INDUSTRIAL TIPO HIGH BAY
-  LUMINARIA TIPO PROYECTOR 150W
-  TUBERIA DE ILUMINACION EMBUTIDA EN TECHO O PARED
-  TUBERIA DE ILUMINACION SUPERFICIAL (A LA VISTA)
-  TUBERIA DE ILUMINACION EMBUTIDA EN PISO
-  CAJA DE PASO PARA ILUMINACION
-  TABLERO ELECTRICO
-  FASE, FASE CONTROLADA, NEUTRO
-  CAJA DE CONTROL DE ILUMINACION
-  INTERRUPTOR



**NIVEL PLANTA BAJA - TEATRO**  
ESCALA: 1:100

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO  
DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
DEL TEATRO LA CAMPINA

DIEGO J. CORONA D.

Propietario:  
**"FUNDACION GENESIS"**

Ubicación:  
AV. CANTAURO Y MATORIN DE LA URBANIZACION  
LOS CEDROS-PARRQUIA EL RECREO  
MUNICIPIO LIBERTADOR-DISTRITO CAPITAL

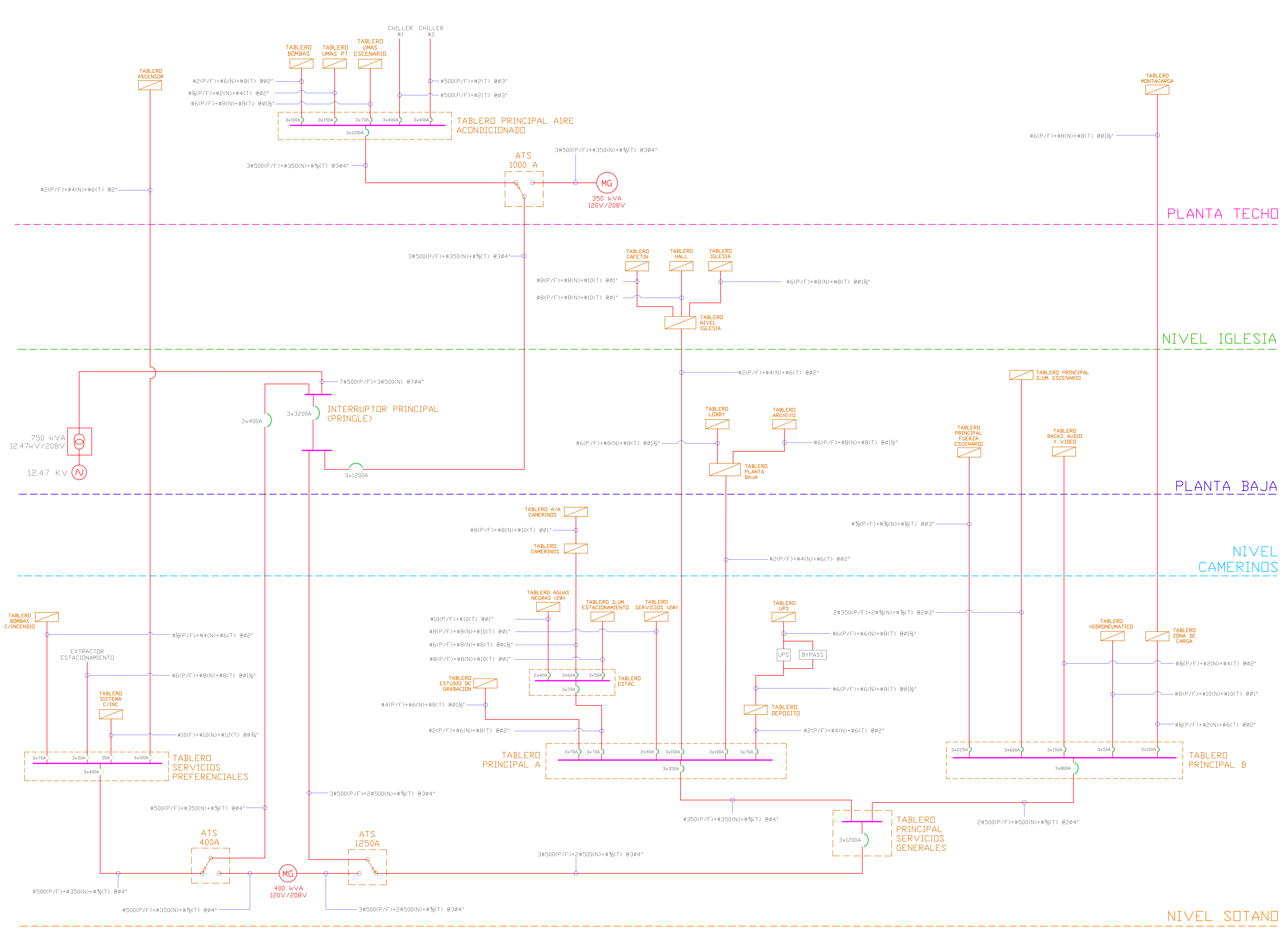
Arquitectura:  
Arq. LORETTA LLANOS G.  
C.I.: 98.910

Identificación del Plano:  
**INSTALACIONES ELECTRICAS  
ILUMINACION NIVEL PLANTA BAJA**

ESCALA: 1:100      Fecha: NOV. 2013      Numeración: IE-08







LEYENDA

- PLANTA DE EMERGENCIA
- TRANSFORMADOR
- TABLERO ELECTRICO
- INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA
- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO  
 DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
 DEL TEATRO LA CAMPINA

DIEGO J. CORONA D.

Propietario:  
**"FUNDACION GENESIS"**

Ubicación:  
 Av. CANTAUIRA Y MATURIN DE LA URBANIZACION  
 LOS CEDROS-PARROQUIA EL RECREO  
 MUNICIPIO LIBERTADOR-DISTRITO CAPITAL

Identificación del Plano:  
**INSTALACIONES ELECTRICAS  
 DIAGRAMA UNIFILAR**

SIN ESCALA    OCT. 2013    Numeración IE-10

# Digital Ground Resistance Tester Model 4610 & 4610 Kits



Model 4610 shown in  
standard soft carrying case  
Catalog #2114.94



Digital Ground Resistance Tester Model 4610 performs ground resistance and soil resistivity tests. Direct reading tester measures from 10mΩ to 1999Ω, and is Auto-Ranging, so it automatically seeks out the optimum measurement range. Easy to use — simply connect the leads, Press-to-Measure and read.

The large LCD (nearly 3/4" high) is easy to read, and also indicates low battery status, overrange, and test lead shorts and lead reversals. Three LED indicators on the front panel continuously warn the user of measurement problems to ensure accurate and reliable tests.

The Model 4610 is fuse protected up to >250VAC against Accidental connection to live circuits. In the event of a system fault, it can withstand 250VAC with spikes of 3000VAC or 1000VDC.

The heavy duty ABS case is O-ring sealed against dust and water and the Press-to-Measure button is also sealed. Model 4610 is battery powered for convenient use in remote field applications. Mechanical and safety specifications, such as vibration and drop test, meet or exceed IEC standards, to ensure safe and reliable field use.

The Ground Resistance Tester Model 4610 is a rugged, easy-to-use instrument ideal for maintenance crews performing numerous tests. The Model 4610 is designed to reject high levels of interference, so it can be used under difficult conditions such as high stray currents that normally affect accuracy.

## Features

- Fall-of-Potential method
- Measures ground resistance (2- and 3-Point) and soil resistivity (4-Point)
- Step voltage tests and touch potential measurements
- Auto-Ranging: automatically selects the optimum range
- Designed to reject high levels of noise and interference
- Extremely simple to operate: connect – press – read
- LED on faceplate informs operator of high input noise, high auxiliary rod resistance and fault connections
- Battery powered
- Rugged dustproof and rainproof field case
- May be used also for continuity tests on bonding
- Color-coded terminals
- Double Insulation
- CE Mark

## Applications

- Three-point measurements of resistance to ground of ground rods and grids. Three-point measurements are generally used when the electrode or grid can be easily disconnected, if corrosion is suspected, or in circumstances where ground faults are unlikely to occur.
- Four-point tests, or soil resistivity measurements. Locating areas of lowest soil resistivity is essential for achieving an economical grounding installation.
- Touch potential measurements, an alternative to 3-Point tests in evaluating electrical safety. This test is recommended when the ground cannot be disconnected, where ground faults are highly likely to occur, or when the “footprint” of grounded equipment (the outline of the part of equipment in contact with the earth) is comparable to the size of the ground to be tested.
- Two-point tests for continuity tests on bonding or on pre-established grounds. This test is commonly performed in urban environments where proper auxiliary electrode placement may be obscured by confined real estate. Measurements are referenced against a good local ground conductor.



Ground Resistance Tester Model 4610 checks the ground rod using the Fall-of-Potential method.

# Specifications

ELECTRICAL			
<b>Ranges</b> (Auto-Ranging 0 to 2000Ω)	20Ω	200Ω	2000Ω
<b>Measurement</b>	0.00 to 19.99Ω	20.0 to 199.9Ω	200 to 1999Ω
<b>Resolution</b>	10mΩ	100mΩ	1Ω
<b>Open Voltage</b>	≤42V peak		
<b>Resistance Measurement Frequency</b>	128Hz square wave		
<b>Test Current</b>	10mA	1mA	0.1mA
<b>Accuracy</b>	±2% of Reading ± 1ct	±2% of Reading ± 1ct	±3% of Reading ± 3cts
<b>Auxiliary Electrode Influence</b>			
Range	20Ω	3kΩ	50kΩ
Current Circuit	200Ω	30kΩ	50kΩ
Voltage Circuit	2000Ω	50kΩ	50kΩ
<b>Interference</b>	Model 4610 rejects high levels of interference voltage (DC, 50 to 60Hz, harmonics): DC voltage in series with X: 20V; AC voltage in series with Y: 13V peak; AC voltage in series with Z: 32V peak		
<b>Response Time</b>	Approximately 6 seconds for a stabilized measurement		
<b>Withstanding Voltage</b>	250VAC with spikes of 3000VAC or 1000VDC		
<b>Power Source</b>	Eight 1.5V "AA" batteries; Alkaline recommended; "LO BAT" indication on LCD		
<b>Battery Life</b>	1800 15-second measurements		
<b>Fuse Protection</b>	High breaking capacity 0.1A, >250V, 0.25 x 1.25"		
MECHANICAL			
<b>Display</b>	7-segment LCD, 0.71" (18mm) high (3 1/2 digit); 2000-counts; LCD also indicates overrange, test lead shorts and lead reversals		
<b>Connection</b>	Color-coded terminals accept spade lugs with min. gap of 6mm or standard 4mm banana jacks		
<b>LED Indication</b>	Three LEDs indicate high input noise, high auxiliary rod resistance, open leads, blown fuse		
<b>Operating Temperature</b>	14° to 131°F (-10° to 55°C), 0 to 90% RH		
<b>Storage Temperature</b>	-40° to 158°F (-40° to 70°C), 0 to 90% RH with batteries removed		
<b>Dimensions</b>	8.7 x 5.4 x 5.9" (220 x 136 x 150mm)		
<b>Weight</b>	2.9 lbs (1.3kg)		
<b>Case</b>	Heavy-duty ABS		
<b>Colors</b>	Case: safety yellow; Front panel: gray		
<b>Mechanical Shock</b>	IEC 68-2-27		
<b>Vibration Test</b>	IEC 68-2-6		
<b>Drop Test</b>	IEC 68-2-32		
<b>Dielectric Test</b>	3kV, 50/60Hz, 1 min. between four interconnected measuring terminals and any external metal ground		
<b>Environmental</b>	O-ring sealed against dust and water to IP50 (Protection Index)		
<b>Electrostatic</b>	IEC 801-2		
<b>Electromagnetic</b>	IEC 801-3		
<b>Electric Shock</b>	IEC 801-5		
SAFETY			
<b>Rating</b>	EN 61010-1, Cat. III, Pollution Degree 2, 42V		
<b>Agency Approval</b>	Emission (EN 50081-1) Immunity (EN 50082-1)		
<b>Double Insulation</b> <input type="checkbox"/>	Yes		
<b>CE Mark</b>	Yes		

Accuracies and specifications are given for an ambient temperature of 23°C ± 3°K, RH of 45 to 55%, battery power at 8V, auxiliary resistance at the measurement terminals <200Ω, no stray voltage and a magnetic field from 0 to 40A/m.

## Ground Kits

Test Kit for 3-Point testing includes instrument, two 150 ft color-coded leads on spools (red and blue), one 30 ft lead (green), two 14.5" T-shaped auxiliary ground electrodes, one set of five spaded lugs, 100 ft tape measurer and carrying bag.  
**Catalog #2135.16**



Test Kit for 4-Point testing includes instrument, two 300 ft color-coded leads on spools (red and blue), two 100 ft color-coded leads (green and black), four 14.5" T-shaped auxiliary ground electrodes, one set of five spaded lugs, 100 ft tape measurer and carrying bag.  
**Catalog #2135.17**

Test Kit for 4-Point testing includes instrument, two 500 ft color-coded leads on spools (red and blue), two 100 ft color-coded leads (green and black), one 30 ft lead (green), four 14.5" T-shaped auxiliary ground electrodes, one set of five spaded lugs, 100 ft tape measurer and carrying bag.  
**Catalog #2135.18**



# Construction



## ORDERING INFORMATION

## CATALOG NO.

<b>Ground Resistance Tester Model 4610 (4-Point Digital)</b> .....	<b>Cat. #2114.94</b>
Includes batteries, soft carrying case and user manual	
<b>Ground Resistance Tester Model 4610 Kit</b> .....	<b>Cat. #2135.16</b>
Test Kit for 3-Point testing includes meter, two 150 ft color-coded leads on spools (red and blue), one 30 ft lead (green), two 14.5" T-shaped auxiliary ground electrodes, one set of five fork terminals, 100 ft tape measurer and carrying bag.	
<b>Ground Resistance Tester Model 4610 Kit</b> .....	<b>Cat. #2135.17</b>
Test Kit for 4-Point testing includes two 300 ft color-coded leads on spools (red and blue), two 100 ft color-coded leads (green and black), four 14.5" T-shaped auxiliary ground electrodes, one set of five fork terminals, 100 ft tape measurer and carrying bag.	
<b>Ground Resistance Tester Model 4610 Kit</b> .....	<b>Cat. #2135.18</b>
Test Kit for 4-Point testing includes two 500 ft color-coded leads on spools (red and blue), two 100 ft color-coded leads (green and black), one 30 ft lead (green), four 14.5" T-shaped auxiliary ground electrodes, one set of five fork terminals, 100 ft tape measurer and carrying bag.	
<b>Accessories (Optional)</b>	
25Ω Calibration Checker .....	Cat. #2130.59
Tape Measure (100 ft) .....	Cat. #2130.60
Ground Tester Video/Workbook set .....	Cat. #2130.64

## Contact Us

### United States & Canada:

Chauvin Arnoux<sup>®</sup>, Inc.  
d.b.a. AEMC<sup>®</sup> Instruments  
200 Foxborough Blvd.  
Foxborough, MA 02035 USA  
(508) 698-2115 • Fax (508) 698-2118  
[www.aemc.com](http://www.aemc.com)

**Customer Support – for placing an order, obtaining price & delivery:**  
[customerservice@aemc.com](mailto:customerservice@aemc.com)

**Sales Department – for general sales information:**  
[sales@aemc.com](mailto:sales@aemc.com)

**Repair and Calibration Service – for information on repair & calibration, obtaining a user manual:**  
[repair@aemc.com](mailto:repair@aemc.com)

**Technical and Product Application Support – for technical and application support:**  
[techinfo@aemc.com](mailto:techinfo@aemc.com)

**Webmaster – for information regarding [www.aemc.com](http://www.aemc.com):**  
[webmaster@aemc.com](mailto:webmaster@aemc.com)

### South America, Central America, Mexico, Caribbean, Australia & New Zealand:

Chauvin Arnoux<sup>®</sup>, Inc.  
d.b.a. AEMC<sup>®</sup> Instruments  
15 Faraday Drive  
Dover, NH 03820 USA  
(978) 526-7667 • Fax (978) 526-7605  
[export@aemc.com](mailto:export@aemc.com)  
[www.aemc.com](http://www.aemc.com)

### All other countries:

Chauvin Arnoux SCA  
190, rue Championnet  
75876 Paris Cedex 18, France  
33 1 44 85 45 28 • Fax 33 1 46 27 73 89  
[info@chauvin-arnoux.com](mailto:info@chauvin-arnoux.com)  
[www.chauvin-arnoux.com](http://www.chauvin-arnoux.com)