Proyecto Final de Grado

Elaboración del Proyecto Ejecutivo de Instalación Eléctrica del futuro Mercado Municipal ubicado en el barrio San Lorenzo, de la ciudad de Caaguazú

AUTOR: Tomas Ariel Baez

TUTOR: Ing. Pedro Pastor González Rodríguez

INTRODUCCIÓN

Este trabajo final de grado consiste en el desarrollo del Proyecto Ejecutivo de la Instalación Eléctrica del futuro Mercado Municipal del barrio San Lorenzo, de la ciudad de Caaguazú. El proyecto surge a partir de una solicitud de la Gobernación de Caaguazú a la FCyT, dado que la parte constructiva, elaborada por estudiantes de Ingeniería Civil, no abordaba la instalación eléctrica. En este contexto, el presente trabajo complementa el proyecto existente, abarcando el diseño eléctrico desde el suministro en media tensión hasta la distribución interna, garantizando un sistema seguro, eficiente y conforme a la normativa vigente, acorde a las actividades comerciales del mercado.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Elaborar el Proyecto Ejecutivo de la Instalación Eléctrica del futuro Mercado Municipal en el barrio San Lorenzo, de la ciudad de Caaguazú.

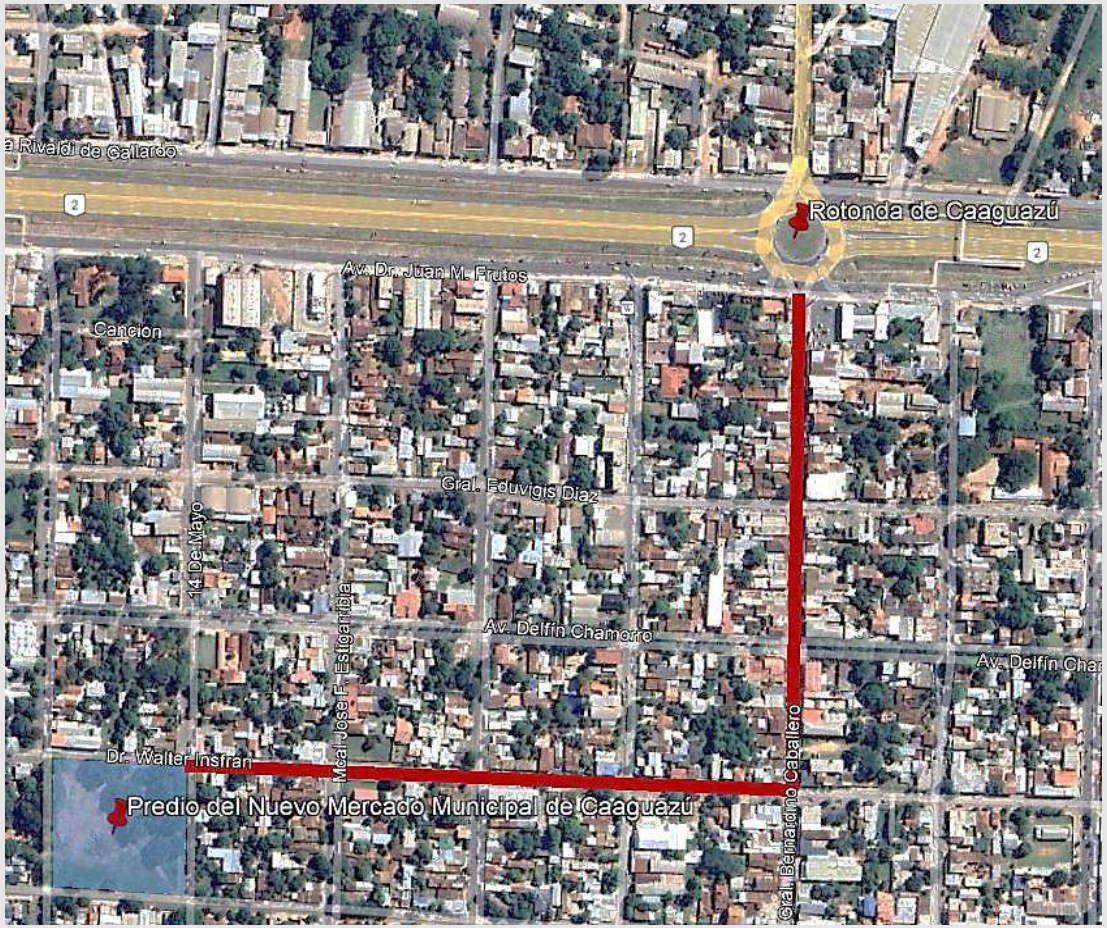
OBJETIVOS

Objetivos específicos

- Realizar el relevamiento de la ubicación y planos de cada planta del edificio, efectuar el cómputo de cargas de la instalación eléctrica.
- Dimensionar y seleccionar adecuadamente los materiales y equipos necesarios que conformarán la instalación eléctrica del centro comercial, cumpliendo las normas y reglamentaciones vigentes.
- Realizar un estudio de iluminación para determinar los niveles requeridos en cada área del centro comercial, garantizando eficiencia y confort visual.
- Diseñar los planos eléctricos del centro comercial.
- Elaborar el cómputo métrico y presupuesto detallado de la instalación eléctrica.

INGENIERÍA DEL PROYECTO

UBICACIÓN DEL PROYECTO



DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

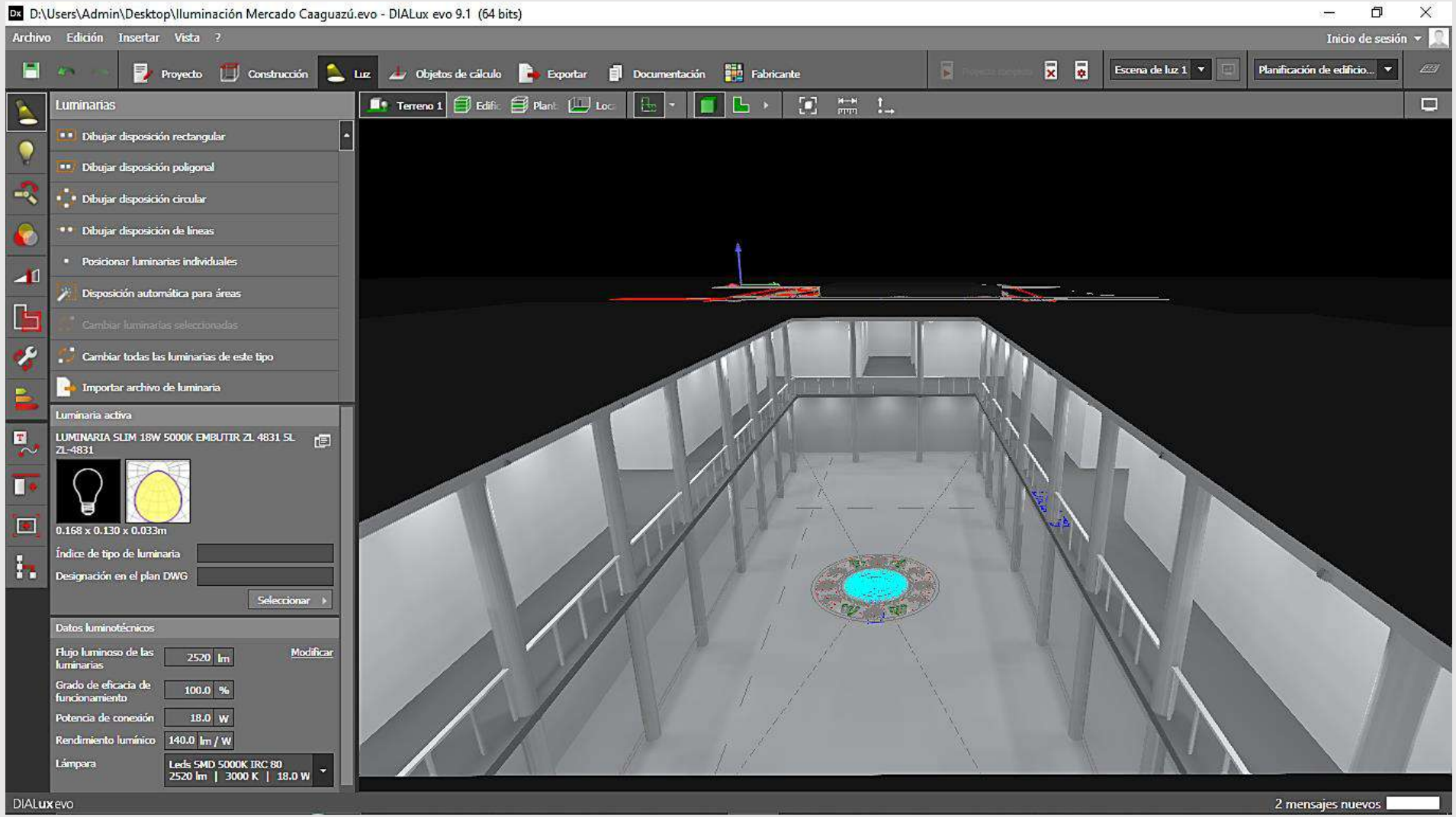
ESTÁNDARES TÉCNICOS EN PROYECTO

DE BAJA TENSIÓN Y MEDIA TENSIÓN:

- Norma ABNT NBR 5413
- Reglamento para Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión, ANDE
- Reglamento para Instalaciones Eléctricas de Media Tensión, ANDE
- Norma Paraguaya NP 2028 13: Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión, INTN
- IEEE 80 Guide for Safety in AC Substation Grouding.

PROYECTO LUMINOTÉCNICO

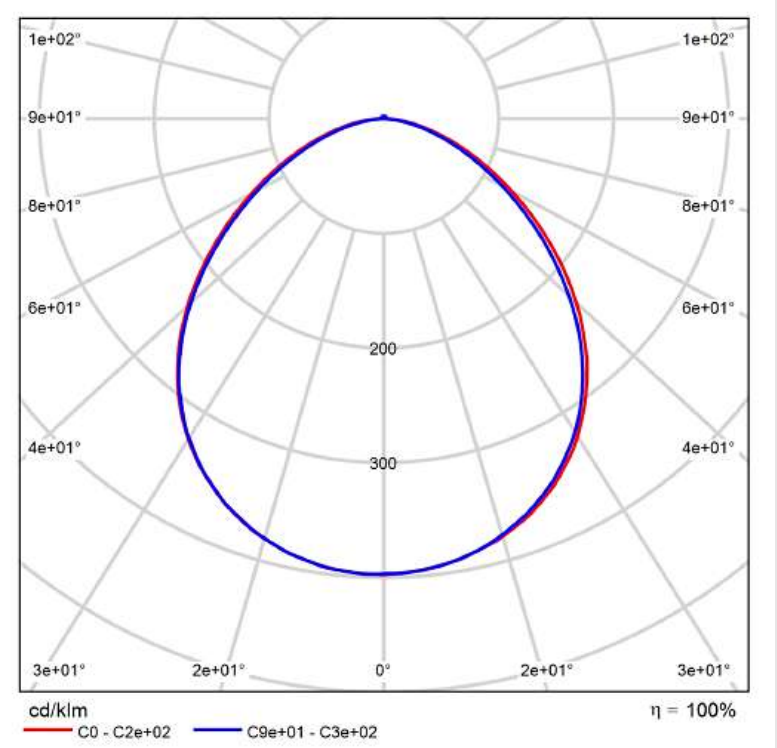
Para el diseño de la iluminación se utilizó el software DIALux evo 9.1



SELECCIÓN DE LUMINARIAS

Electro Zagonel LUMINARIA SLIM 18W 5000K EMBUTIR ZL 4831 SL
Características:

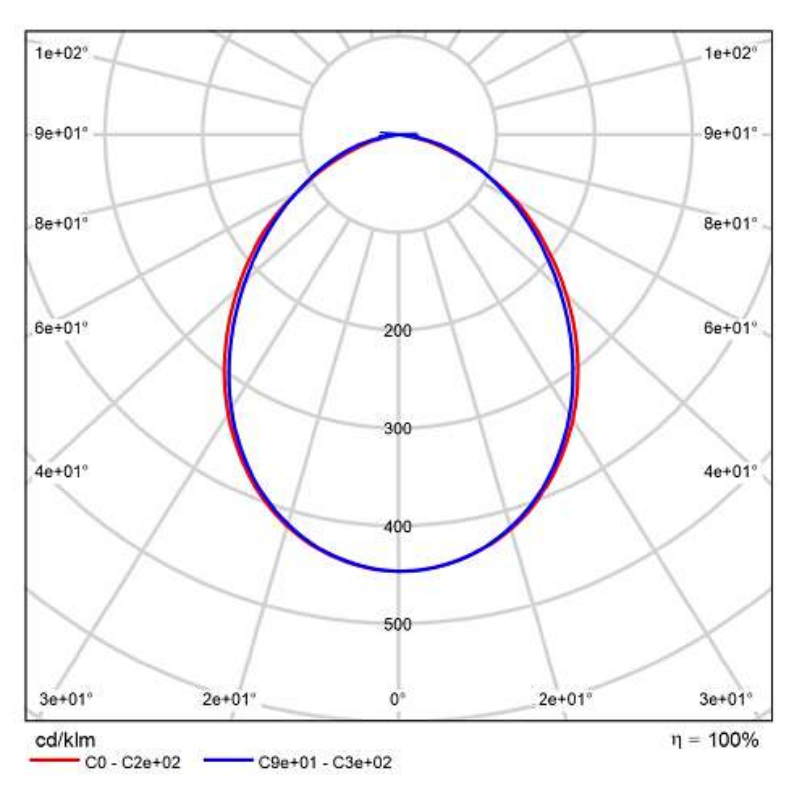
N° de artículo	ZL-4831
P	18.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	2520 lm
$\Phi_{Luminaria}$	2520 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	140.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



SELECCIÓN DE LUMINARIAS

LEDVANCE GmbH FL COMP V 50W 830 SYM 100 WT
Características:

N° de artículo	4058075574878
P	50.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	4500 lm
$\Phi_{Luminaria}$	4502 lm
η	100.04 %
Rendimiento lumínico	90.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



RESULTADOS DE CÁLCULOS LUMINOTÉNICOS

Planta baja						
Sector	Denominación	Cantidad	REQUERIDO		OBTENIDO	
			Iluminancia	Uniformidad	Iluminancia	Uniformidad
Comercial	Local 38,6m² con deposito	13	500 lx	0,6	595 lx	0,68
	Local Gastronómico	16	500 lx	0,6	635 lx	0,68
	Local Carnicerías	7	500 lx	0,5	553 lx	0,63
	Local de Hierbas Naturales	5	500 lx	0,6	566 lx	0,76
	Local 32m² con deposito	9	500 lx	0,6	566 lx	0,62
	Local 22m² sin deposito	2	500 lx	0,6	724 lx	0,7
Técnico	Cuarto de bombas	1	150 lx	0,5	182 lx	0,67
	Cuarto de maquinas	1	200 lx	0,5	220 lx	0,74
Administrativo	Sala técnica	1	500 lx	0,6	566 lx	0,74
	Sala de control	1	500 lx	0,6	604 lx	0,76
Servicios Sanitarios	S.S.H.H.	2	200 lx	0,5	516 lx	0,69
	S.S.H.H. General	2	200 lx	0,5	515 lx	0,7
	S.S.H.H. Diferenciado	2	200 lx	0,5	369 lx	0,87
Circulación	Pasillos	1	100 lx	0,4	136 lx	0,53
	Pasillo de Servicio 1	1	100 lx	0,4	104 lx	0,75
	Pasillo de Servicio 2	1	100 lx	0,4	117 lx	0,78
	Patio de comidas	1	100 lx	0,5	177 lx	0,73
Servicio	Cuarto de limpieza	2	300 lx	0,5	395 lx	0,75
	Zona de Descarga	1	150 lx	0,5	156 lx	0,65

RESULTADOS DE CÁLCULOS LUMINOTÉNICOS

Primera planta						
Sector	Denominación	Cantidad	REQUERIDO		OBTENIDO	
			Iluminancia	Uniformidad	Iluminancia	Uniformidad
Comercial	Local 106m² con deposito	1	500 lx	0,7	549 lx	0,77
	Local 41,5m²	16	500 lx	0,7	852 lx	0,72
	Local 38,6m² con deposito	17	500 lx	0,7	564 lx	0,74
	Local 38m²	1	500 lx	0,7	572 lx	0,73
	Local 32m²	9	500 lx	0,7	662 lx	0,74
	Local 30m² sin deposito	2	500 lx	0,7	578 lx	0,77
Administrativo	Recursos humanos	1	500 lx	0,6	589 lx	0,5
	Administración	1	500 lx	0,6	612 lx	0,81
	Secretaría	1	500 lx	0,6	773 lx	0,81
	Contabilidad	1	500 lx	0,5	789 lx	0,86
	Dirección	1	500 lx	0,5	587 lx	0,79
	Recepción/Sala de espera	1	500 lx	0,5	589 lx	0,51
Circulación	Pasillos	1	150 lx	0,5	187 lx	0,5
Servicio	Cuarto de limpieza	2	300 lx	0,6	365 lx	0,81
Sanitarios	S.S.H.H. Diferenciado	2	200 lx	0,6	315 lx	0,85
	S.S.H.H. General	2	200 lx	0,5	294 lx	0,75

INFORME DE CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

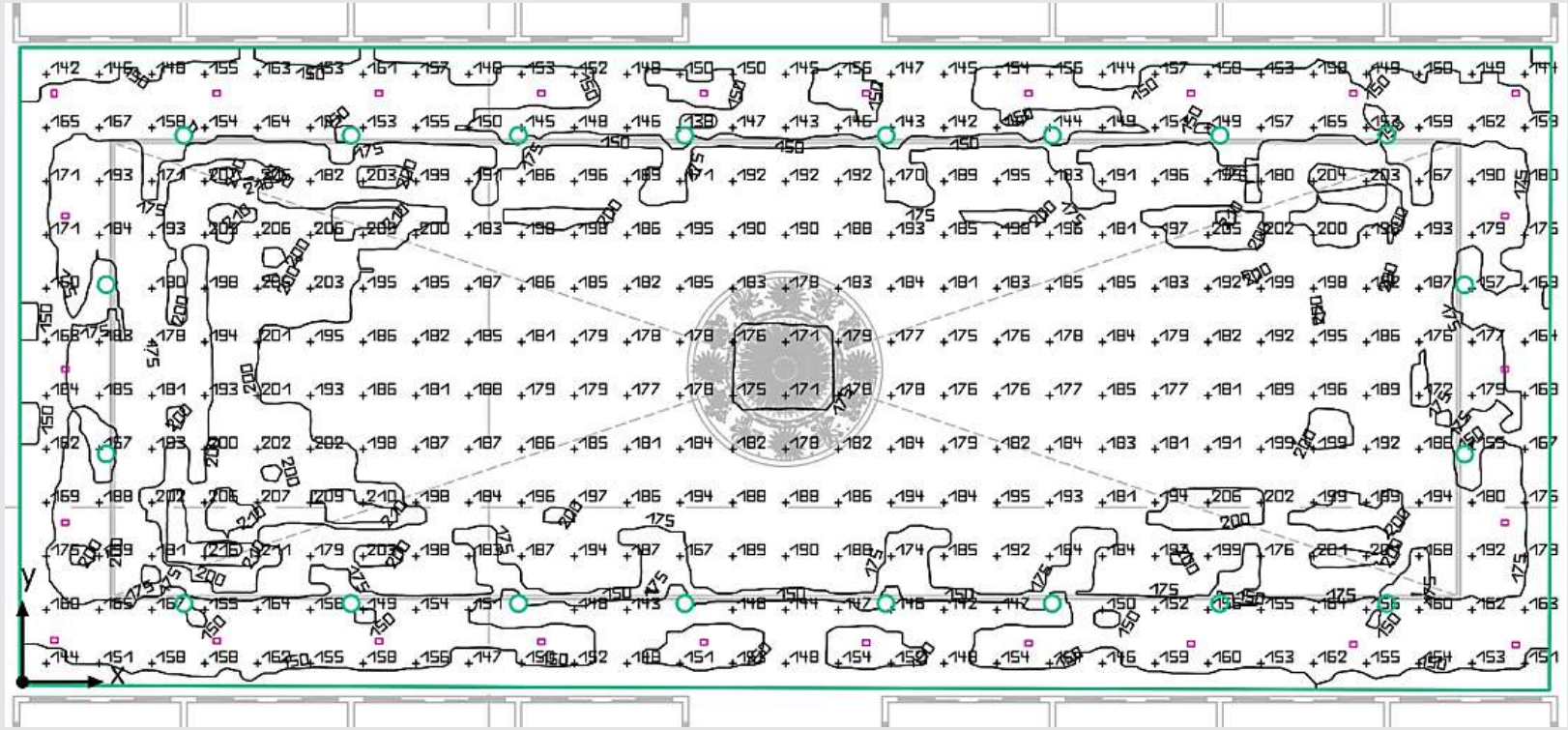
INFORME DE CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Local 51 (Escena de luz 1)

Objetos de cálculo

Planos útiles

Propiedades	Ē (Nominal)	$E_{mín}$	$E_{máx}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (Local 51) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	177 lx (≥ 100 lx) ✓	129 lx	217 lx	0.73	0.59	S27



TOMACORRIENTES

Para uso general se optó por **Tomas Euroamericana con tierra**

Para uso especial se optó por las **Tomas Schuko**

EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Se previó la instalación de equipos de **Aire Acondicionado tipo Split.**

EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT DE PARED								
Capacidad	BTU/h	9.000	12.000	18.000	24.000	36.000	48.000	60.000
Potencia Eléctrica	W	1.125	1.500	2.250	3.000	4.500	6.000	7.500

Para los espacios de circulación se seleccionó equipos de **Sistemas de aire acondicionado comercial**

- Potencia nominal 40 kW

DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

Los conductores fueron dimensionados con la siguiente expresión:

$$S_{(mm^2)} = \frac{k \cdot P \cdot L}{\rho \cdot V^2 \cdot e\%}$$

Donde:

k: Constante (200 para circuitos monofásicos y 100 para trifásicos)

P: Potencia en Vatios

L: Longitud del conductor en metros

ρ : Densidad del conductor en (58 para el cobre)

V: Voltaje

$e\%$: Caída de Tensión

DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

Para verificar la validez de las secciones calculadas se aplicaron dos criterios:

- **Caída de Tensión**
- **Máxima Corriente Admisible**

Para cargas que impliquen fuerza motriz se consideró un factor de seguridad de: 1,25

$$I_{carga} = I_{nominal} \cdot 1{,}25$$

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES

Para cada circuito se estableció una llave termomagnética. En la selección de estos, se aplicó la siguiente expresión:

$$I_{carga} \leq I_{protección} \leq I_{admisible}$$

Donde:

I_{carga} : Corriente del circuito

I_{prot} : Corriente nominal del dispositivo de protección

I_{adm} : Capacidad de conducción de corriente de conductor

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES

Las cargas que implicaron fuerza motriz se consideró el pico de arranque: **Factor de Seguridad de 1,15.**

Protección de las personas: Se proyectó la utilización de interruptores diferenciales con sensibilidad de 30mA.

Protección de los equipos: Dispositivos de protección contra sobretensiones en tableros para proteger a los equipos electrónicos conectados a la red eléctrica.

DIMENSIONAMIENTO DE BANDEJAS PORTACABLES

BANDEJAS PORTACABLES A UTILIZAR	
Alimentadores	600mmx50mm 500mmx50mm
Circuitos Eléctricos	300mmx50mm

POTENCIA DE LA INSTALACIÓN

Denominación	Potencia (W)
Planta Baja	227.126
Primera Planta	129.580
TS Azotea 1	7.608
TS Azotea 2	7.460
TS Azotea 3	7.608
PCI	16.039
Climatización	40.000
Potencia total	**460.921**

PROYECTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

Se dimensionó respecto a la carga total de la edificación con factor de potencia de 0,8.

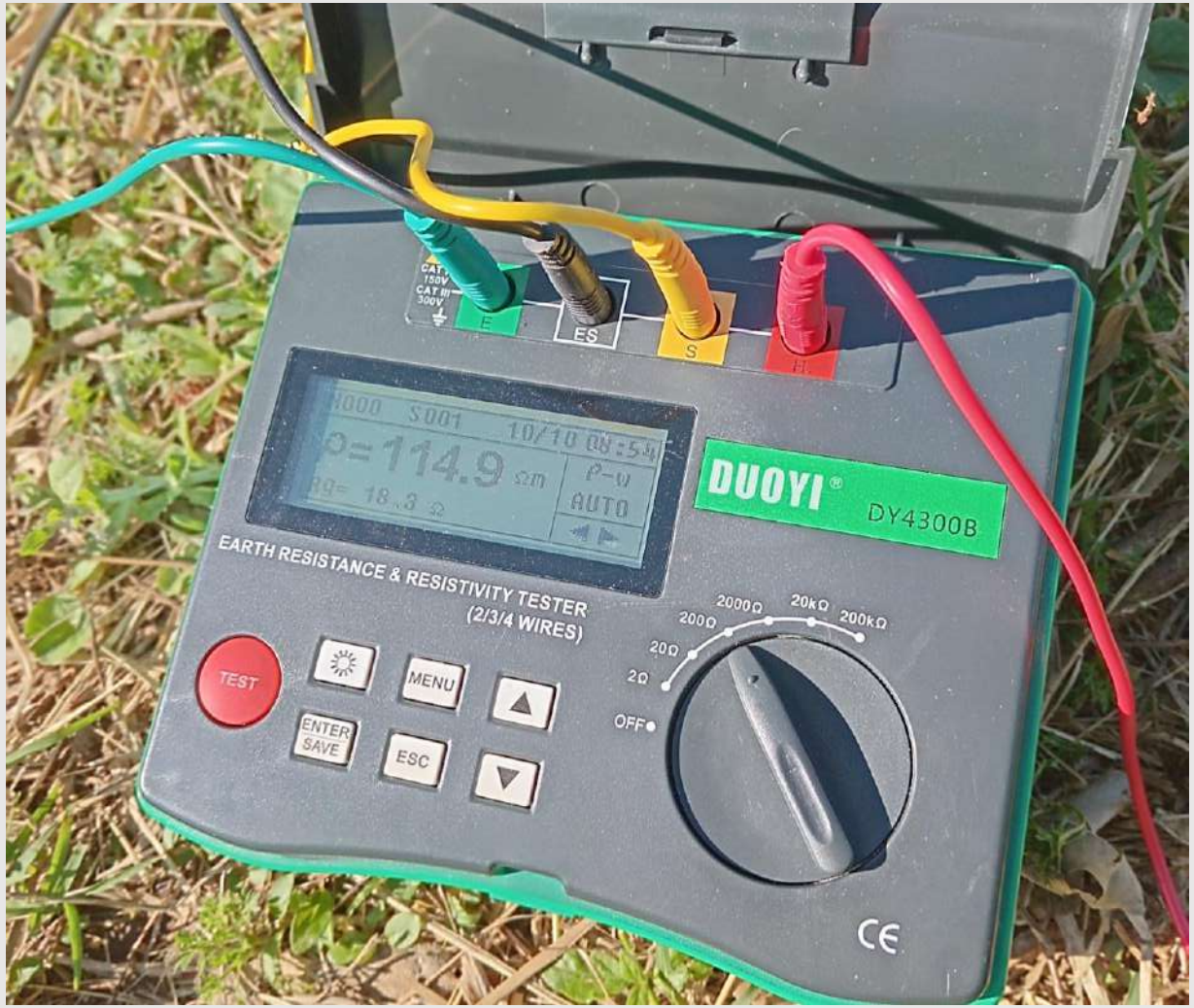
DIMENSIONAMIENTO DE LAS BARRAS

Las barras del tablero general se dimensionaron respecto a la corriente máxima que puede circular por el tablero.

POTENCIA	630 kVA
PROTECCIÓN	800/1000 A
SECCIÓN DE CONDUCTOR	{3[3(1x150}]+1[(3X150)]}XLPE
BARRAS	[3(60x10) + 1(60x10)]mm

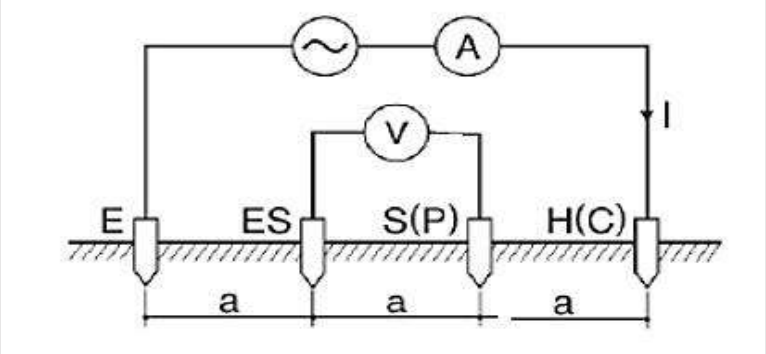
PUESTA A TIERRA

RESISTIVIDAD DEL SUELO



PUESTA A TIERRA

RESISTIVIDAD DEL SUELO



$$\boldsymbol{\rho = 2 \cdot \pi \,.\, a \,.\, R_g \,[\Omega \cdot m]}$$

ρ: *resistividad del suelo*

a: *separación entre electrodos* $[m]$

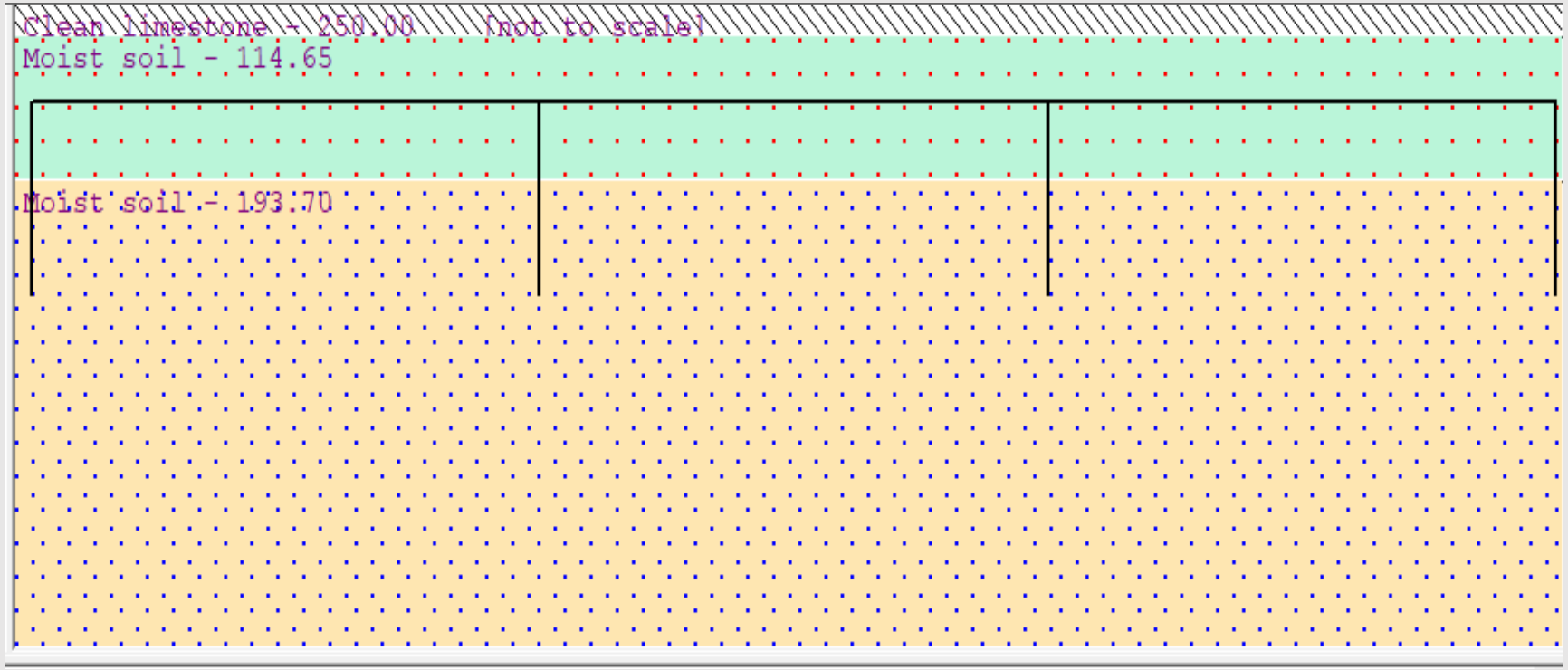
R_g: *resistencia del suelo* $[\Omega]$

Separación (m)	Resistividad (Ω·m)
1	114,9
2	124,4
3	146,6
4	162,8
Promedio	**137,2**

PUESTA A TIERRA

DISEÑO DE MALLA PUESTA A TIERRA

Se modeló mediante el software ETAP por el método de dos capas.



ρ_1 = 114.65 Ω·*m*

ρ_2 = 193.7 Ω·*m*

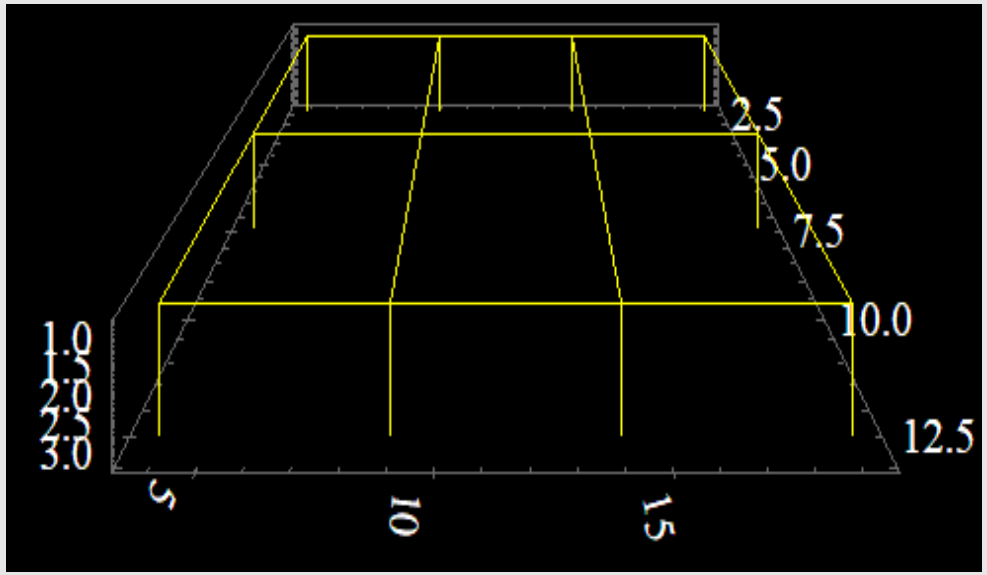
PUESTA A TIERRA

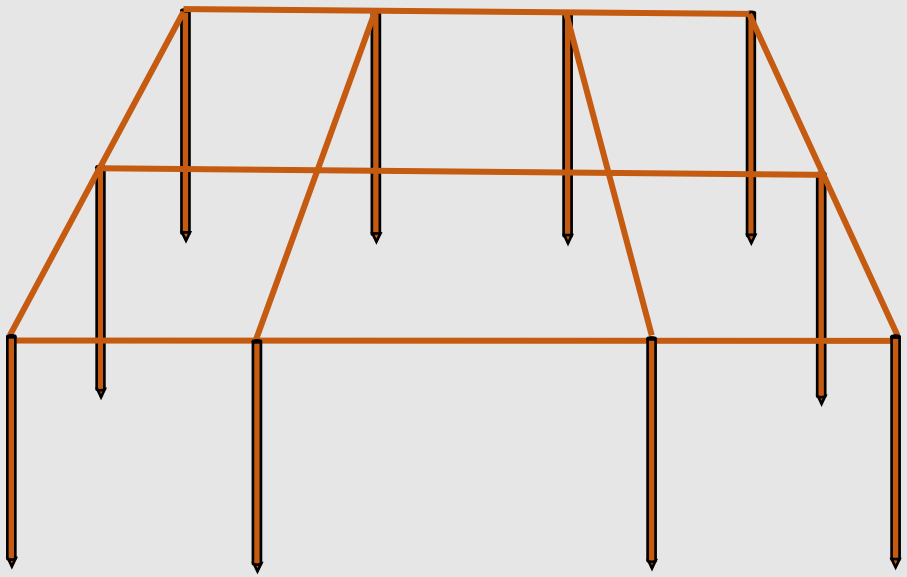
DISEÑO DE MALLA PUESTA A TIERRA

El sistema está constituido por:

- Malla de puesta a tierra de 15 m x 10 m con conductores de 50 mm²
- 10 jabalinas de 2,4m de longitud y ¾” pulgadas de diámetro
- Profundidad de malla a 80 cm

∴ RESISTENCIA OBTENIDA: 4,939 Ω





GENERADOR

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR

Se dimensionó un grupo electrógeno de emergencia que responda a las cargas necesarias del edificio ante cortes o fallas en el suministro de la red eléctrica. Para la selección se consideró los efectos de picos de corrientes en el arranque de equipos integrados al sistema de respaldo de emergencia.

POTENCIA	110 kVA
PROTECCIÓN	112/160 A
SECCIÓN	{3[1(1x70)] + 1[1(1x70)} XLPE

BANCO DE CAPACITORES

DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE CAPACITORES

Se consideró un factor de potencia de 0,80 en este proyecto. Se dimensionó un banco de condensadores para elevarlo hasta 0,92 conformados en dos partes:

- **Fijo**, que compensará la componente reactiva producida por el mismo transformador.
- **Automático**, que utilizará para compensar todas las cargas reactivas de la instalación en general.

BANCO FIJO

$$Q_{kVAr} = 10\% \cdot S_{trafo}$$

BANCO DE CAPACITORES

BANCO AUTOMÁTICO

$$Q_{kVAr} = k \cdot P_{inst(kW)}$$

Factor de potencia actual	Factor de potencia deseado (F)														
	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
0,50	1,112	1,139	1,165	1,192	1,220	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,589
0,52	1,023	1,050	1,076	1,103	1,131	1,159	1,187	1,217	1,248	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500
0,54	0,939	0,966	0,992	1,019	1,047	1,075	1,103	1,133	1,164	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416
0,56	0,860	0,887	0,913	0,940	0,968	0,996	1,024	1,054	1,085	1,117	1,151	1,188	1,229	1,277	1,337
0,58	0,785	0,812	0,838	0,865	0,893	0,921	0,949	0,979	1,010	1,042	1,076	1,113	1,154	1,202	1,262
0,60	0,713	0,740	0,766	0,793	0,821	0,849	0,877	0,907	0,938	0,970	1,004	1,041	1,082	1,130	1,190
0,62	0,646	0,673	0,699	0,726	0,754	0,782	0,810	0,840	0,871	0,903	0,937	0,974	1,015	1,063	1,123
0,64	0,581	0,608	0,634	0,661	0,689	0,717	0,745	0,775	0,806	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,068
0,66	0,518	0,545	0,571	0,598	0,626	0,654	0,682	0,712	0,743	0,775	0,809	0,846	0,887	0,935	0,995
0,68	0,458	0,485	0,511	0,538	0,566	0,594	0,622	0,652	0,683	0,715	0,749	0,786	0,827	0,875	0,935
0,70	0,400	0,427	0,453	0,480	0,508	0,536	0,564	0,594	0,625	0,657	0,691	0,728	0,769	0,817	0,877
0,72	0,344	0,371	0,397	0,424	0,452	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821
0,74	0,289	0,316	0,342	0,369	0,397	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766
0,76	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,399	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,604	0,652	0,712
0,78	0,182	0,209	0,235	0,262	0,290	0,318	0,346	0,376	0,407	0,439	0,473	0,510	0,551	0,599	0,659
0,80	0,130	0,157	0,183	0,210	0,238	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,609
0,82	0,078	0,105	0,131	0,158	0,186	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,555
0,84	0,026	0,053	0,079	0,106	0,134	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503
0,86			0,026	0,053	0,081	0,109	0,137	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,342	0,390	0,450
0,88					0,028	0,056	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397
0,90							0,028	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,233	0,281	0,341
0,92									0,031	0,063	0,097	0,134	0,175	0,223	0,283
0,94											0,034	0,071	0,112	0,160	0,229

BANCO DE CAPACITORES

RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE BANCO DE CAPACITORES

Factor de potencia actual: $\varphi_1 = 0{,}80$

Factor de potencia deseado: $\varphi_2 = 0{,}92$

$k = 0{,}324$

FIJO	50 kVAr
AUTOMÁTICO	150 kVAr

EXTENSIÓN DE LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN

Se contempló la ampliación de la red de media tensión perteneciente a la ANDE, partiendo de la infraestructura actualmente en servicio hasta el emplazamiento previsto para el puesto de distribución del edificio. El recorrido adoptado, así como las estructuras requeridas para su implementación, se encuentran especificados en los planos del proyecto.

PRESUPUESTO: MANO DE OBRA

Ítem	Denominación	Precio Unit.	Cantidad	Precio
1	Montaje en gabinete de limitador para medidor monofásico	144.000	110	15.840.000
2	Colocación y montaje de barra para medidores	720.000	1	720.000
3	Instalación de tomacorrientes	72.000	639	46.008.000
4	Instalación de luminarias	72.000	2.572	185.184.000
5	Instalación de electroductos	12.000	6.119	73.428.000
6	Colocación de tableros	360.000	110	39.600.000
7	Instalación de disyuntores	432.000	110	47.520.000
8	Colocación de bandeja portacable	25.000	1.265	31.619.500
9	Excavación para sistema de puesta tierra	16.000	96	1.536.000
10	Instalación y montaje de sistema de tierra con soldadura exotérmica	1.440.000	1	1.440.000
11	Línea subterránea de 0,7 m. de profundidad	16.000	347	5.552.000
12	Confección de registro de mampostería	144.000	18	2.592.000
13	Corrección del factor de potencia	2.278.844	1	2.278.844
14	Instalación de grupo electrógeno	14.148.800	1	14.148.800
15	Instalación de transformador	14.400.000	1	14.400.000
16	Obras de media tensión	2.492.856	1	2.492.856
17	Instalación de Aire Acondicionado	300.000	44	13.200.000
Subtotal (Gs.)				**481.000.000**

PRESUPUESTO: MATERIALES

Ítem	Denominación	Subtotal
1	ALIMENTACIÓN A TABLEROS	373.019.394
2	TABLERO GENERAL	40.934.930
3	MECANISMOS Y TOMAS	88.155.759
4	BANDEJAS PORTACABLES	91.496.351
5	CONDUCTORES Y DUCTOS PARA CIRCUITOS	87.027.220
6	ARTEFACTOS DE ILUMINACIÓN	727.953.790
7	ACONDICIONADORES DE AIRE	521.970.300
8	TRANSFORMADOR	218.000.000
9	GENERADOR	141.488.000
10	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y PARARRAYOS	40.053.930
11	BANCO DE CAPACITORES	33.920.273
12	MEDIA TENSIÓN	54.080.052
Total (Gs.)		**2.418.100.000**

PRESUPUESTO TOTAL

Denominación	Subtotal (Gs.)
Materiales	2.418.100.000
Mano de obra	481.000.000
Total (Gs.)	**2.899.100.000**

CONCLUSIONES

- Se elaboró el Proyecto Ejecutivo de la Instalación Eléctrica del futuro Mercado Municipal del barrio San Lorenzo de la ciudad de Caaguazú, conforme a los requerimientos técnicos y a las normativas vigentes.
- Se realizó el relevamiento del edificio y de los planos de cada planta, con base en el proyecto civil desarrollado por estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la FCyT UNCA, efectuándose el cómputo de cargas necesario para la determinación de la demanda eléctrica.
- Se desarrolló el estudio de iluminación de las distintas áreas del mercado, estableciendo los niveles de iluminancia requeridos para su correcto funcionamiento.
- Se elaboraron los planos eléctricos correspondientes al proyecto ejecutivo
- Se elaboró el cómputo métrico y el presupuesto de la instalación eléctrica estableciéndose un inversión total estimada de 2.899.100.000 Gs.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar las dimensiones de la sala de máquinas para una adecuada instalación del gabinete y del tablero general principal de la instalación, asegurando su proximidad al transformador y facilitando las tareas de operación y mantenimiento.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN