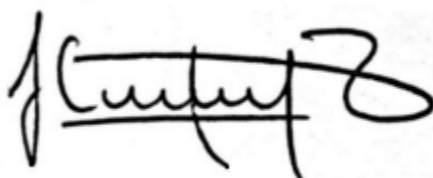


REQUERIMIENTOS DE DISEÑO RETIE

PISCICOLA - PLANTA IPRS

MUNICIPIO DE FUENTEDEORO, META



**JUAN CAMILO TAMAYO RESTREPO
INGENIERO EN ENERGÍA
MATRICULA: 05289-438289 ANT**

REVISADO Y APROBADO

(BAJO RETIE 2013)

AGOSTO 2023

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. CONDICIONES GENERALES.....	3
A. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA INICIALES Y FUTURAS.....	4
B. ANÁLISIS COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO	7
C. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA	7
D. ANÁLISIS DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDA PARA MITIGARLOS.....	7
E. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS	9
F. ANÁLISIS DE NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO	12
G. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	12
H. CÁLCULO DE TRANSFORMADORES, EFECTOS EN LA CARGA Y ARMÓNICOS	12
I. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	12
J. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES	14
K. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA EL TIEMPO DE DISPARO DE LOS INTERRUPTORES, LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DE LA RED Y CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR DE ACUERDO CON LA NORMA IEC 60909, IEEE 242, CAPÍTULO 9 O EQUIVALENTE	14
L. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS.....	18
M. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES.....	18
N. CÁLCULO DE CANALIZACIONES	21
O. CÁLCULO PÉRDIDAS DE ENERGÍA Y CÁLCULO DE REGULACIÓN DE TENSIÓN	22
P. CÁLCULO DE REGULACIÓN DE TENSIÓN	22
Q. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS	23
R. ELABORACIÓN DIAGRAMAS UNIFILARES.....	23
S. ELABORACIÓN DE PLANOS PARA CONSTRUCCIÓN	24
T. ESPECIFICACIÓN DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIA A LOS PLANOS	24
U. ESTABLECER LAS DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD.....	24
V. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA DESVIACIÓN TÉCNICA DE LA NTC2050	25
W. ESTUDIOS ESPECÍFICOS.....	26

1. INTRODUCCIÓN

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) es la norma que aplica actualmente para Colombia en cuanto a diseño y construcción de instalaciones eléctricas, el objeto fundamental de este reglamento es establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones civiles, mecánicas y fabricación de equipos. Toda instalación eléctrica a la que le aplique el RETIE, debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño podrá ser detallado o simplificado según el tipo de instalación. De igual manera se deben cumplir con algunos requerimientos mínimos de diseño que serán expuestos en este texto.

2. CONDICIONES GENERALES

En este documento se fijan las condiciones técnicas que garanticen la seguridad y correcta utilización de la energía eléctrica en planta piscícola IPRS ubicada en zona rural del Municipio de Fuentedeoro, Meta.

Para la elaboración del Diseño Luminotécnico y Eléctrico, se tuvieron en cuenta las siguientes referencias:

- Norma Técnica Colombiana NTC 2050 “Código Eléctrico Colombiano”.
- RETIE “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas”.
- RETILAP “Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público”.
- Norma Técnica Colombiana NTC 4552. Protección contra Rayos. Principios Generales.
- Eléctricas y Atmosféricas (Rayos). Parte 3: Daños Físicos a Estructuras y Amenazas a la Vida.
- Tierras. Soporte de la Seguridad Eléctrica. Cuarta Edición. Favio Casas Ospina.

El objetivo fundamental de este documento es establecer que el diseño y los cálculos tanto de las instalaciones eléctricas como del diseño luminotécnico, garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico, a partir del cumplimiento de los requisitos civiles, mecánicos y de utilización de equipos.

Para garantizar el cumplimiento de la reglamentación, la norma establece la adopción de la certificación de conformidad de productos e inspección y certificación de conformidad de las instalaciones.



A. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA INICIALES Y FUTURAS

En la siguiente tabla se muestran los cálculos de corriente y la selección de conductores y protección: Cálculos para selección de conductores y protección para circuitos.

La carga general instalada contempla una demanda de potencia de 28.2kVA para el sistema eléctrico de la planta IPRS:

La acometida para el medidor de energía está conformada por un alimentador en baja tensión con configuración 3xNo.2 + 1xNo.4 + 1xNo.6 AWG desde la red secundaria del operador de red hasta el gabinete de Medida y gabinete de distribución principal, los cuales cuentan con una protección de 3x600A en el punto de medida y barraje principal. A continuación, se presenta un resumen de los tableros proyectados en la reforma del sistema eléctrico de la planta piscícola:

Tablero de distribución principal:

- ML-01 - Gabinete de distribución principal
- ML-02 - Gabinete de protección y control de bombas en área de procesos
- ML-03 - Gabinete de protección y control de bombas de bocatoma
- TE-01 - Tablero eléctrico auxiliar en contenedor

MEMORIAS DE CÁLCULO TABLERO ELÉCTRICO TE-01																																										
Cto	Carga	No. Luminarias	No. Tomacorrientes	Longitud promedio del circuito [m]	Tensión [V]	fp	Carga [W]	Carga [VA]	In [A]	Protección			Calibre Conductor [F-N-T]			Diámetro de la tubería	Número de Cables por la tubería	Llenado de la tubería [%]	Regulación Promedio del Circuito [%]	FASE [A-B-C]			Regulación Promedio del Circuito [%]	Llenado de la tubería [%]	Número de Cables por la tubería	Diámetro de la tubería	Calibre Conductor [F-N-T]			Protección			In [A]	Carga [VA]	Carga [W]	fp	Tensión [V]	Longitud promedio del circuito [m]	No. Tomacorrientes	No. Luminarias	Carga	Cto
1	Tomacorrientes cuarto eléctrico	0	2	4	120	1.00	1200	1200	10.0	1	X	20	12	12	12	3/4	6	18.00	0.44	X			0.18	18.00	6	3/4	12	12	12	1	X	20	7.2	1500	1500	1.00	208	4	1	0	Tomacorriente bifilar cuarto técnico	2
3	Iluminación interior y exterior container	4	0	9	120	1.00	248	248	2.1	1	X	20	12	12	12	3/4	6	18.00	0.20		X																					4
5	Iluminación de emergencia container	2	0	8	120	1.00	20	20	0.2	1	X	20	12	12	12	3/4	3	9.00	0.01			X	1.09	9.00	3	3/4	12	12	12	1	X	20	10.0	1200	1200	1.00	120	10	2	0	Tomacorrientes bodega - container	6
7	Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva	8
9	Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		X		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva	10
11	Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva	12

CARGA GENERAL		[VA]		4168
FACTOR DE DEMANDA		[%]		80%
CARGA TOTAL DEMANDADA		[VA]		2501
CORRIENTE		[A]		7
PROTECCIÓN AL 1.25%		[A]		9
PROTECCIÓN COMERCIAL (TOTALIZADOR)		[A]		40
ACOMETIDA PRINCIPAL		F N T		3x8 +8 +10
DISTANCIA		[M]		7
REGULACIÓN		[%]		0.10%

Tabla 1. Cuadro de cargas TE-01

MEMORIAS DE CÁLCULO TABLERO DE CONTROL ML-02																																										
Cto	Carga	No. Luminarias	No. Tomacorrientes	Longitud promedio del circuito [m]	Tensión [V]	fp	Carga [W]	Carga [VA]	In [A]	Protección			Calibre Conductor [F-N-T]			Diámetro de la tubería	Número de Cables por la tubería	Llenado de la tubería [%]	Regulación Promedio del Circuito [%]	FASE [A-B-C]			Regulación Promedio del Circuito [%]	Llenado de la tubería [%]	Número de Cables por la tubería	Diámetro de la tubería	Calibre Conductor [F-N-T]			Protección			In [A]	Carga [VA]	Carga [W]	fp	Tensión [V]	Longitud promedio del circuito [m]	No. Tomacorrientes	No. Luminarias	Carga	Cto
1	Blower 1 (20hp)	0	0	4	440	0.86	14920	17349	22.8	3	X	30	8	8	8	1	4	18.76	0.08	X			0.08	18.76	4	1	8	8	8	3	X	30	22.8	17349	14920	0.86	440	4	0	0	Blower 1 (20hp)	2
3																					X																					4
5																						X																				6
7	Bomba de extracción (5hp)	0	0	40	440	0.86	3730	4337	5.7	3	X	20	12	12	12	3/4	4	12.00	0.52	X			0.10	12.00	4	3/4	12	12	12	3	X	20	1.1	867	746	0.86	440	40	0	0	Moto reductor (5hp)	8
9																					X																					10
11																						X																				12

CARGA GENERAL		[VA]		39902
FACTOR DE DEMANDA		[%]		54%
CARGA TOTAL DEMANDADA		[VA]		21547
CORRIENTE		[A]		28
PROTECCIÓN AL 1.25%		[A]		35
PROTECCIÓN COMERCIAL (TOTALIZADOR)		[A]		40
ACOMETIDA PRINCIPAL		F N T		3x2 +4
DISTANCIA		[M]		25
REGULACIÓN		[%]		1.97%

Tabla 2. Cuadro de cargas ML-02

MEMORIAS DE CÁLCULO TABLERO DE CONTROL ML-03																																										
Cto	Carga	No. Luminarias	No. Tomacorrientes	Longitud promedio del circuito [m]	Tensión [V]	fp	Carga [W]	Carga [VA]	In [A]	Protección			Calibre Conductor [F-N-T]			Diámetro de la tubería	Número de Cables por la tubería	Llenado de la tubería [%]	Regulación Promedio del Circuito [%]	FASE [A-B-C]			Regulación Promedio del Circuito [%]	Llenado de la tubería [%]	Número de Cables por la tubería	Diámetro de la tubería	Calibre Conductor [F-N-T]			Protección			In [A]	Carga [VA]	Carga [W]	fp	Tensión [V]	Longitud promedio del circuito [m]	No. Tomacorrientes	No. Luminarias	Carga	Cto
1	Bomba de impulsión 1 (4hp)	0	0	4	440	0.86	2984	3470	4.6	3	X	20	12	12	12	3/4	4	12.00	0.04	X			0.05	12.00	4	3/4	12	12	12	3	X	20	4.6	3470	2984	0.86	440	4	0	0	Bomba de impulsión 2 (4hp)	2
3																					X																					4
5																						X																				6

CARGA GENERAL					[VA]		6940
FACTOR DE DEMANDA					[%]		60%
CARGA TOTAL DEMANDADA					[VA]		4164
CORRIENTE					[A]		5
PROTECCIÓN AL 1.25%					[A]		7
PROTECCIÓN COMERCIAL (TOTALIZADOR)					[A]		40
ACOMETIDA PRINCIPAL					F N T		3x6 +8
DISTANCIA					[M]		30
REGULACIÓN					[%]		1.25%

Tabla 3. Cuadro de cargas ML-03

MEMORIAS DE CÁLCULO ALIMENTADORES																										
PROYECTO: IPRS FUENTEDEORO																										
Ítem	TAG	ALIMENTADOR	Distancia	Tensión L-L [V]	Tensión L-N [V]	Potencia [KVA]	I [A]	Inx1,25	Protección			Tipo de Cable [Cu][Al]	Calibre Conductor [F-N-T]			Diámetro de la tubería	Número de tuberías	Número de conductores por fase	Número de conductores de neutro	Número de conductores de tierra	Llenado de la tubería [%]	Regulación [%]	Pérdida Técnicas [%]	Pérdidas de energía	Pérdidas en \$ por día	Comentarios
CARGAS DE ENERGÍA NORMAL																										
1	ML-01	TD USO GENERAL UCI	25	440	254	28.2	37.0	46.2	3	X	60	Cu	2	4	6	3	1	1	1	1	6.7%	0.24	0.15%	1.86466E-05	0.000179007	
2	ML-02	GABINETE DE PROTECCIÓN Y CONTROL ML-02 (PROCESOS)	270	440	254	21.5	28.2	35.3	3	X	60	Cu	2	-	4	3	1	1	1	1	6.0%	1.97	1.25%	0.000117358	0.001126632	
3	ML-03	GABINETE DE PROTECCIÓN Y CONTROL ML-03 (BOCATOMA	360	440	254	4.2	5.5	6.8	3	X	40	Cu	6	-	8	3	1	1	1	1	2.6%	1.25	0.79%	1.4828E-05	0.000142349	
3	TE-01	TABLERO ELÉCTRICO CONTAINER	7	208	120	2.5	6.9	8.7	3	X	40	Cu	8	8	10	1	1	1	1	1	21.6%	0.10	0.07%	7.38994E-07	7.09434E-06	

Tabla 4. Cuadro de cargas ML-01

B. ANÁLISIS COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO

No aplica

Justificación:

Todas las instalaciones operarán a menos de 600V aislamiento mínimo tanto para cableado como para protecciones.

C. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA

Aplica

Justificación:

El punto de conexión existente corresponde a la red de distribución secundaria de EPM (bornes secundarios), los valores de cortocircuito son determinados por el operador de red con un valor de 1.4kVA en el nodo más cercano. En el tablero tipo ML principal se instala un DPS tetrapolar con corriente I_{max} de 8kA.

polos												Cartuchos	
CÓDIGO	REFERENCIA	Esquema eléctrico	Un [V]	Uc [V]	I _{max} (8/20) [kA]	I _n (8/20) [kA]	U _{oc} [kV]	U _{p@I_n} (8/20) [kV]	I _{total} [kA]	IR	Modo	L	N
77708250	PSL3-8/230 TNC	H	-/208	150	8	3	6	≤0.8	24		MC	L03	-
77708251	PSL3-8/230 TNC IR	H	-/208	150	8	3	6	≤0.8	24	✓	MC	L03	-

Gama PSL-8 | DPS Tipo 3 | I_{max} 8 KA

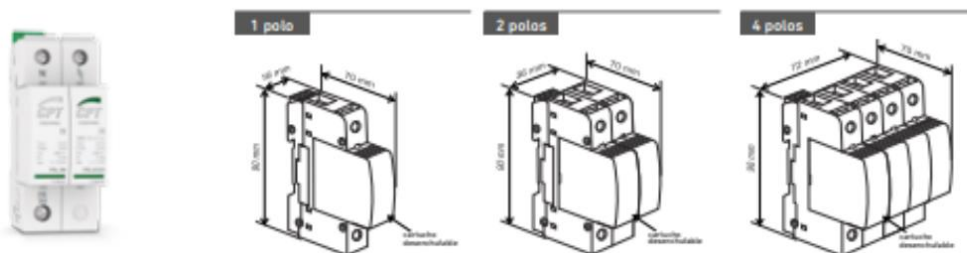


Ilustración 1. DPS 4 polos I_{max} 8kA

D. ANÁLISIS DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDA PARA MITIGARLOS

No Aplica

Justificación:

EVALUACIÓN DEL RIESGO

El nivel de riesgo que tiene una edificación de ser impactada por una descarga atmosférica se obtiene de la ponderación de los indicadores de exposición al rayo y de la gravedad que puede implicar un impacto directo o indirecto del rayo sobre la estructura. El método de evaluación del nivel de riesgo de exposición a rayos utilizado está basado en un cálculo simplificado extraído de la IEC 62305 en completa concordancia con los planteamientos de la NTC 4552-2, debido a la equivalencia existente entre estas dos normas.

A continuación, se muestra el análisis de riesgos contra descargas atmosféricas para la instalación “Planta IPRS Fuentedeoro” los cuales se basan en la metodología de cálculo según la norma IEC 62305-2/2010:

La instalación objeto de validación corresponde a una planta productiva que sólo cuenta con un nivel construido, por lo cual debido a la altura de los equipos, no se requiere implementar un sistema de apantallamiento activo; sin embargo, se realiza el análisis de riesgos y este arroja que el riesgo es controlado con la instalación actual.

Análisis de riesgos instalación actual:


Seguridad Eléctrica Ltda. www.seguridadelectricaltda.com © Copyright: Seguridad Eléctrica Ltda. Bogotá - Colombia ANÁLISIS DE RIESGO POR RAYOS IEC 62305-2/2010 Elaborado por: Ing. Héctor E. Graffe Cantillo - Validado por: Ing. Favio Casas Ospina				
EN NUESTRA ORGANIZACIÓN LA SEGURIDAD DEBE ESTAR INTEGRADA A TODA ACTIVIDAD				
RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE LA ESTRUCTURA O ZONA				
PROYECTO:	CLIENTE:			
 Regresar	RIESGO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS	RIESGO DE PÉRDIDA DEL SERVICIO PÚBLICO ESENCIAL	RIESGO DE PÉRDIDA DEL PATRIMONIO CULTURAL	RIESGO DE PÉRDIDA ECONÓMICA
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.538E-05
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
	1.0000000E-05	1.00E-03	1.00E-04	1.00E-04
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
	RIESGO CONTROLADO	RIESGO CONTROLADO	RIESGO CONTROLADO	RIESGO CONTROLADO
Evaluación de riesgo realizada por: JUAN CAMILO TAMAYO RESTREPO				

Ilustración 2. Análisis de riesgos contra descargas atmosféricas – IPRS

Como se observa en la Figura 3, los valores de riesgo calculados para R₁, R₂, R₃ y R₄ se encuentran dentro del rango tolerable, entendiéndose así que los riesgos

se son controlados sin necesidad de implementar un sistema de apantallamiento activo adicional. Sin embargo, se debe garantizar una conexión de puesta a tierra efectiva en la instalación, uso de extintores con debida señalización y dar mantenimiento oportuno a la instalación eléctrica. Es indispensable garantizar la operación continua de los DPS y realizar el cambio de los cartuchos antes de que salgan de servicio.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Es utilizado para dispersar y disipar la corriente de rayo que viene por los bajantes reduciendo al mismo tiempo el peligro generado por tensiones de paso y contacto no tolerables.

El valor de resistencia de puesta a tierra para protección contra rayos exigido por el RETIE es de 10Ω , cualquier valor que esté por debajo de este es considerado un valor aceptable.

Para el sistema de puesta a tierra de este proyecto se tiene en cuenta la puesta a tierra en el poste donde está el equipo de medida teniendo en cuenta que el valor de resistividad del terreno es muy baja y homogéneo, por lo cual se debe dotar la instalación con una Varilla Copperweld 5/8" x 2.4m, suficiente para garantizar una resistencia de malla $RT < 10 \text{ Ohmios}$.

Ver memorias de cálculo sistema equipotencial.

E. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

Aplica
Justificación:

Los riesgos de origen eléctrico asociados al proyecto corresponden a riesgos bajos de clase comercial, los cuales son controlados y mitigados con una correcta coordinación de protecciones, una equipotencialización efectiva del terreno y las distancias de seguridad establecidas por el RETIE. A continuación, se muestra la tabla de decisiones y acciones para controlar el riesgo, como los diversos factores de riesgo que pudiesen estar asociados al proyecto:

Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	MUY ALTO	Inadmisible para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo. (PES).
	ALTO	Minimizarlo: Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	Aceptarlo: Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	Asumirlo: Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: •¿Qué puede salir mal o fallar? •¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? •¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Ilustración 3. Decisiones y acciones para controlar el riesgo según RETIE Tabla 9.4

	<p align="center">ARCOS ELECTRICOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga si utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>	 <p align="center">ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Union y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistema de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>
	<p align="center">AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema interrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas interrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>	 <p align="center">EQUIPO DEFECTUOSO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo, y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
	<p align="center">RAYOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>	
	<p align="center">CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de Técnicos o impericia de no Técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>	 <p align="center">SOBRECARGA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.</p>
	<p align="center">CONTACTO INDIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>	 <p align="center">TENSIÓN DE CONTACTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puesta a tierra de baja resistencia, restricción de acceso, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p align="center">CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>	 <p align="center">TENSIÓN DE PASO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puesta a tierra de baja resistencia, restricción de acceso, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>

Ilustración 4. Factores de riesgos eléctrico más comunes según RETIE Tabla 9.5

F. ANÁLISIS DE NIVEL DE Tensión REQUERIDO

Aplica

Justificación:

La EMPRESA DE ENERGIA "EMSA". Ha dispuesto suministrar el servicio de energía eléctrica al proyecto bajo las siguientes consideraciones:

Toda la instalación y equipos de uso general funcionan a 440/208/120 Voltios. Dicha tensión es la estandarizada por el operador de red, y a través del transformador proyectado. El nivel de tensión requerido dependerá directamente de los niveles nominales de voltaje de los diferentes equipos eléctricos, electrónicos y electromecánicos que formen parte del proyecto. Para la aplicación particular, se tienen voltajes de sistemas trifásicos 440/254V, 208/120V los cuales son voltajes de salida estándar de la subestación en poste.

G. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

No aplica

Justificación:

No hay transformadores ni tensiones de operación mayores a 57.5 kV, ni tampoco cercanía a líneas de transmisión al proyecto.

H. CÁLCULO DE TRANSFORMADORES, EFECTOS EN LA CARGA Y ARMÓNICOS

No aplica

Justificación:

El suministro de energía de la instalación se hace mediante en el punto de conexión en baja tensión establecido por el OR.

I. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

La conexión de puesta a tierra de la instalación está conformada por una varilla de puesta a tierra en el medidor de energía ubicado en la fachada, tal cual como se muestra en la siguiente imagen:

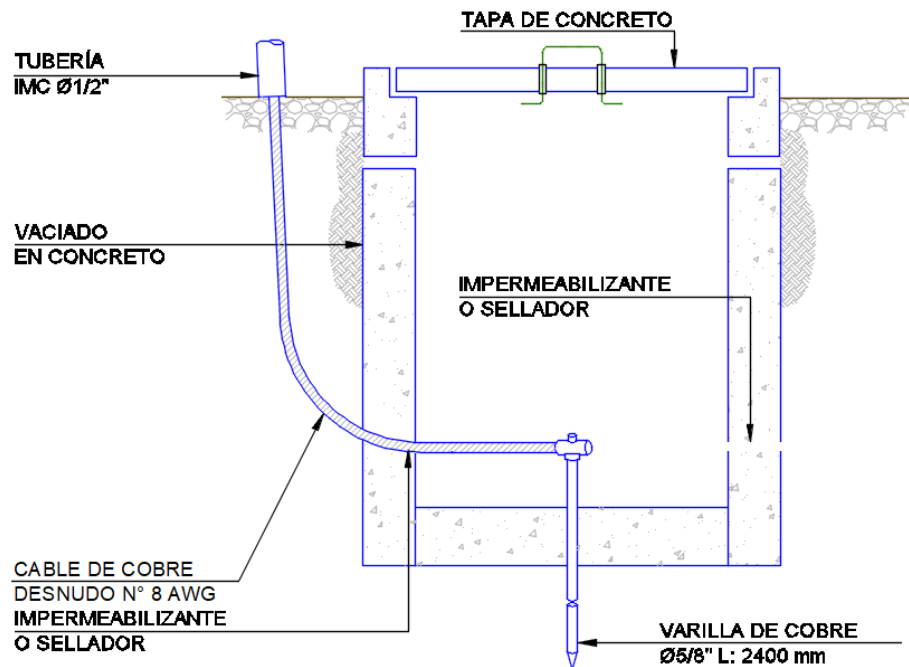


Ilustración 5. Detalles de conexión de puesta a tierra en medidor

AREA	A	60	m ²
PROFUNDIDAD MALLA O VARILLAS	S	0.5	m
NUMERO DE VARILLAS	n	1	
RADIO VARILLA	r	0.008	m
RADIO CONDUCTOR	a	0.0046	m
LONGITUD DE LA VARILLA	L	2.4	m
RESISTIVIDAD DEL TERRENO	p	150	Ωm
CONSTANTES SE USAN SOLO SI $S < 0,1 \cdot \sqrt{A}$		SI SE PUEDE	
CONSTANTE DE GEOMETRIA 1	K1	1.12	
CONSTANTE DE GEOMETRIA 2	K2	4.84	
RESISTENCIA TOTAL DEL SISTEMA	R	4.31	Ω

Tabla 5. Parámetros malla de puesta a tierra

Nota: para efectos de cálculo la resistividad del terreno se estima en un máximo de 100 Ωm; sin embargo, para efectos de cálculo se toma una resistividad de trabajo de 150Ωm.

De acuerdo a los cálculos realizados, se estima una resistencia de la malla de puesta a tierra de $R_t = 4.31\Omega$. Además, se sabe que en la realidad esta resistencia podrá ser menor debido a las propiedades del terreno en la zona, arrojando un valor

de resistencia de puesta a tierra más favorable.

Se debe equipotencializar el sistema eléctrico reformado a la malla de puesta a tierra existente en el punto de medida y en la conexión del ML principal ubicado en el contenedor.

J. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES

Aplica

Justificación:

Para la instalación se utilizarán conductores de cobre, aislados LSHF clasificados AWG. En el mercado se pueden adquirir conductores económicos como los de aluminio, pero no se consiguen los aparatos eléctricos, tableros o demás elementos cuyos componentes permitan la instalación del conductor de aluminio sin que se presente un fenómeno de par galvánico entre estos dos.

Los conductores seleccionados tienen la capacidad apta para satisfacer las cargas eléctricas proyectadas para cada circuito ramal, esto sin exceder la regulación permitida entre el tablero de distribución y la carga más alejada (caída de tensión menor del 3%); también se valida que la selección del conductor sea acorde a la capacidad de disparo de los interruptores. Ver cuadros de cargas anexo.

K. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA EL TIEMPO DE DISPARO DE LOS INTERRUPTORES, LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DE LA RED Y CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR DE ACUERDO CON LA NORMA IEC 60909, IEEE 242, CAPÍTULO 9 O EQUIVALENTE

Para calcular la corriente de corto circuito que soporta el aislamiento del conductor nos tenemos que remitir a los valores que nos entrega el fabricante para el área del conductor y su aislamiento según la tabla que a continuación se adjunta.



Calibre	Construcción			Espesor de aislamiento		Diámetro exterior		Masa total		Capacidad de corriente
	N° hilos	Diámetro de cada hilo								
Size	Stranding			Insulation thickness		Overall diameter		Total mass		Ampacity
	N° wires	Diameter of wire								
AWG or kcmil			mm	mils	mm	mils	in	mm	kg/km	lb/kft
12	1	2,05	80,8	0,76	30	0,144	3,65	18,9	12,73	25
10	1	2,59	101,9	0,76	30	0,165	4,18	26,1	17,55	35
8	1	3,26	128,5	1,14	45	0,222	5,64	53,1	35,68	45
6	7	1,554	61,2	1,14	45	0,271	6,89	62	41,81	60
4	7	1,961	77,2	1,14	45	0,318	8,09	90	60,61	75
2	7	2,474	97,4	1,14	45	0,376	9,56	132	88,63	100
1	19	1,687	66,4	1,40	55	0,437	11,09	168	112,7	115
1/0	19	1,892	74,5	1,40	55	0,477	12,11	205	137,4	135
2/0	19	2,126	83,7	1,40	55	0,52	13,2	250	167,9	150
3/0	19	2,388	94	1,40	55	0,571	14,49	306	205,8	175
4/0	19	2,68	105,5	1,40	55	0,627	15,92	377	253,3	205
250	37	2,088	82,2	1,65	65	0,653	17,61	449	302	230
300	37	2,286	90	1,65	65	0,746	18,95	529	355,2	255
350	37	2,471	97,3	1,65	65	0,798	20,22	607	408,2	280
400	37	2,642	104	1,65	65	0,841	21,36	688	462	305
500	37	2,95	116,2	1,65	65	0,924	23,47	840	564,8	350
750	61	2,817	110,9	2,03	80	1,16	29,56	1267	851,3	435
1000	61	3,281	128	2,03	80	1,32	33,43	1652	1110	500

Tabla 6. Capacidad de corriente conductores de cobre libres de halógenos



$$\text{Sección} = I_{cc} * \sqrt{t} / K$$

Siendo t el tiempo en segundos que puede durar el cortocircuito y K una constante cuyo valor se obtiene de la tabla siguiente.

Valor de K para cálculo de sección por cortocircuito.		
Norma UNE 20460-5-523		
CONDUCTOR	AISLAMIENTO	K
Cobre	PVC	115
	XLPE-EPR	143
Aluminio	PVC	76
	XLPE-EPR	94

K para cálculo de la sección por cortocircuito

Tabla 7. Valor constante K para conductores de aluminio y cobre según su tipo de aislamiento

$$I_{cc} = A_{cable} * K \sqrt{t}$$

Con la anterior ecuación podemos graficar el valor de la corriente de corto circuito en función del tiempo, quedaría de la siguiente manera:

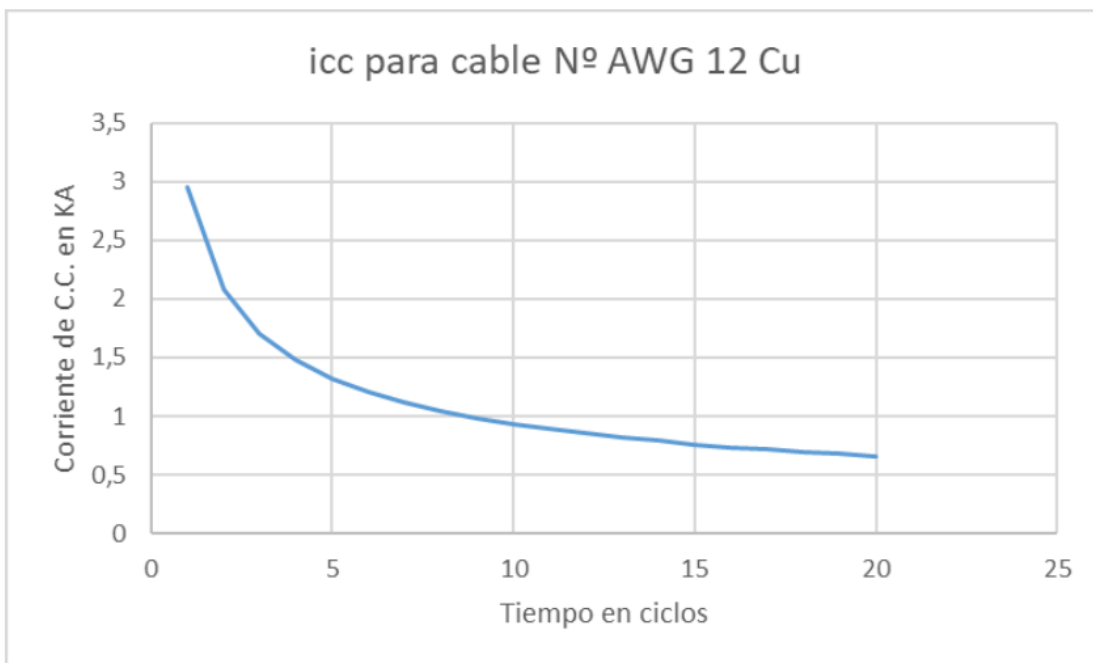
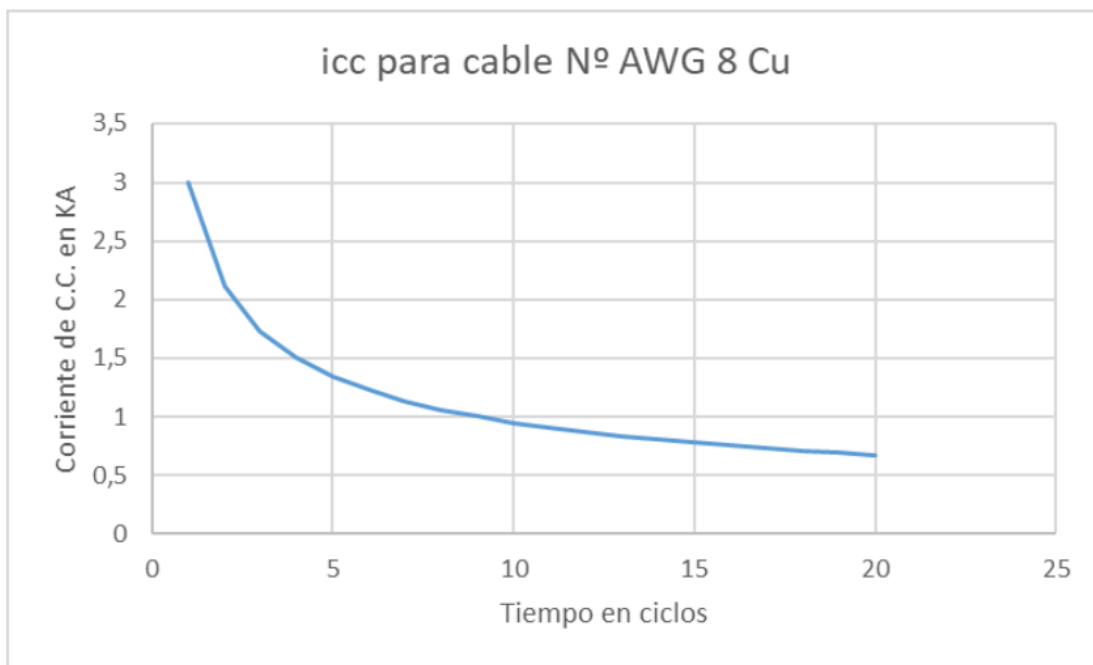


Ilustración 6. ICC vs Tiempo en ciclos para alimentadores

L. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS

No Aplica
Justificación

El proyecto objeto de esta reforma no cuenta con redes de transmisión y/o distribución o sistemas de iluminación especial que requieran el montaje de elementos de apoyo para dichos elementos. Esto debido a que es un proyecto clasificado como comercial. Las redes externas aéreas se construirán bajo los lineamientos establecidos por el operador de red en apoyos tipo poste de 9m hasta 14m máximo.

M. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES

Aplica
Justificación:

El Estudio de Coordinación de Protecciones consiste en realizar el esquema de protecciones contra sobre corrientes del Sistema Eléctrico. En éste se representa gráficamente el comportamiento de la corriente de operación de las protecciones en función del tiempo. Cada dispositivo tiene una gráfica de tiempo corriente que en algunos casos puede ser fija y en otras ajustable, con esto se busca lograr la máxima protección sin que se traslapen las curvas de operación de las protecciones, en otras palabras, que las fallas de sobre corrientes sean aisladas por la protección inmediata y no se pierda continuidad en todo el sistema.

El estudio de coordinación de protecciones tiene un impacto directo sobre la seguridad eléctrica y el funcionamiento continuo del proyecto sistema eléctrico de la planta IPRS Fuentedeoro. En caso de presentarse una falla por sobre corrientes, la protección deberá operar inmediatamente antes de que los cables o los equipos se dañen y se pueda provocar incluso un incendio. El dispositivo que protege al circuito fallado deberá aislar la falla sin que las otras protecciones tengan que dispararse. De conformidad con lo exigido en RETIE, en el artículo 28.3.2 literal d) “Se debe efectuar una adecuada coordinación de las protecciones eléctricas para garantizar la selectividad necesaria, conservando así al máximo la continuidad del servicio.”

Los Interruptores que se muestran a continuación cumplen los niveles de Icu e Ics calculados mediante el software Melshort, y se han escogido como referencia para la coordinación de protecciones exigida por el RETIE 2013 en el artículo 10.1 literal M.



10.1 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Toda instalación eléctrica a la que le aplique el RETIE, debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño podrá ser detallado o simplificado según el tipo de instalación.

- m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según **IEC 60947-2 Anexo A**.

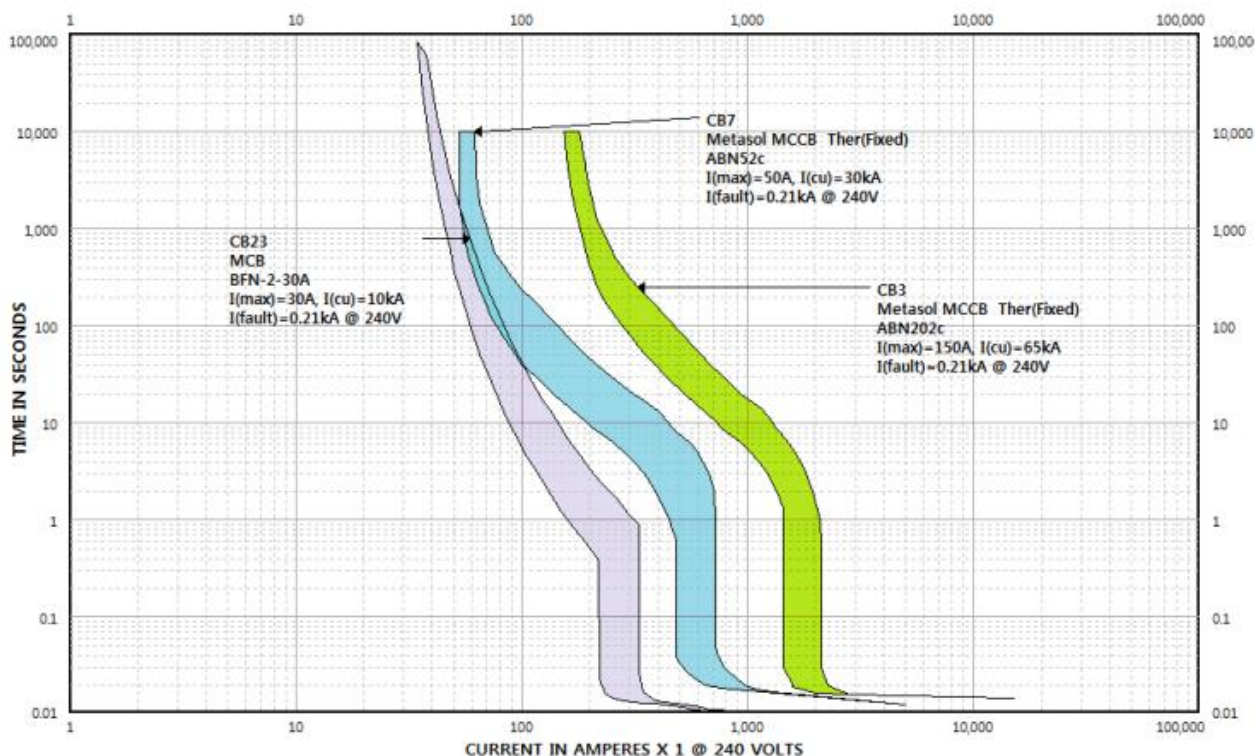


Ilustración 7. Curva de disparo de protecciones

Curvas B, C, D calibres de 6 a 63 A.

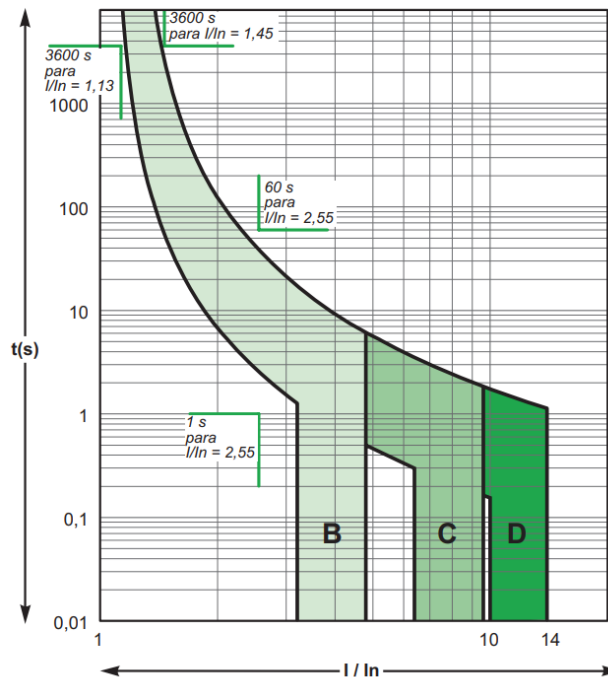


Ilustración 8. Curva de disparo de protecciones, interruptores enchufables

SELECCIÓN DE LA MARCA DE INTERRUPTORES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Como se evidenció en los numerales anteriores; la marca que se seleccionó como referencia desde el diseño para la coordinación de protecciones es LS de LG y Schneider; sin embargo, en caso de que se utilice otra marca diferente; esta debe presentar características técnicas iguales o superiores y tener un precio en el mercado igual o inferior dicha marca seleccionada para estos cálculos.

Además, debe contar con software de coordinación de protecciones para la adecuada selección de referencias y sus respectivas curvas termo magnéticas; con el fin evidenciar de forma gráfica la asertiva selectividad entre las protecciones de los diferentes ramales del sistema; ya que las curvas y especificaciones técnicas varían entre los diferentes fabricantes.

Aclaración importante: Para efectos de garantizar Alta Confiabilidad y Robustez Técnica de los interruptores seleccionados en el proyecto ante eventuales sobrecargas o cortocircuitos reiterativos en el sistema; todos los Interruptores MCCB fijos hasta 800Amperios, deben garantizar cumplir con las condiciones técnicas que indiquen:

$I_{cs} = 100I_{cu}$, $U_e \geq 750$ Voltios e $U_{imp} \geq 8$ KV, donde bajo Norma IEC60947-2 indican lo siguiente:

I_{cs} (Corriente de corte en servicio) - I_{cu} (Capacidad de Ruptura última) U_e (Tensión de Aislamiento) - U_{imp} (Tensión de Impulso).

Interruptores Caja Moldeada MCCB Fijos hasta 800 Amperios	
<i>Característica técnica</i>	<i>Solicitado</i>
Tensión de Aislamiento U_i (Voltios)	750
Tensión Nominal U_e (Voltios)	690
Máxima Tensión de Pico U_{imp} (KV)	8
Poder de Corte en Servicio I_{cs} (KA) bajo IEC 60947-2	100% de I_{cu}
Certificaciones y Homologaciones	KS / KEMA / IEC / CE
MiniBreakers Riel Din MCB - hasta 63 Amperios	
<i>Característica técnica</i>	<i>Solicitado</i>
Tensión Nominal U_e (Voltios)	400VAC @50/60HZ
Temperatura ambiente de conformidad a IEC 60898	-5°C to +40°C
Poder de Corte último I_{cu} (KA Sym) @230/400VAC bajo IEC 60898	10KA
Curva característica	Curva B, Curva C, Curva D
Tipo de disparo	Magnético-Térmico
Tipo de terminal	Tipo dual (Túnel & Bornes)
Sección del cable	Cable hasta 25mm ²
Instalación	Montaje en riel DIN de 35mm
Ancho	17.8mm por polo
Durabilidad en operaciones	8000

Tabla 8. Características interruptores caja moldeada (totalizadores)

N. CÁLCULO DE CANALIZACIONES

Aplica

Justificación:

De acuerdo con la tabla 1 del capítulo 9 de la NTC 2050 el porcentaje del llenado de las tuberías conduit es el siguiente:

Como se observa en el cuadro de cargas anexo, el porcentaje de llenado de las tuberías conduit de potencia es del 16,5% (1 tubo PVC 3" para la acometida principal y 1 tubo de reserva).

Nota: ver cuadros de cargas y cálculo alimentadores.

O. CÁLCULO PÉRDIDAS DE ENERGÍA Y CÁLCULO DE REGULACIÓN DE Tensión

Aplica

Justificación:

La Caída de tensión en el alimentador principal está dada por la siguiente ecuación:
 $\% \Delta V = ((I_c * Z_c * 2 * L / 1000) / V) * 100$ Donde,

Zc: Es la impedancia eficaz del conductor en $\Omega \cdot \text{km}$

L: Es la longitud del conductor en m

Ic: Es la corriente nominal de carga en A.

V: Es el voltaje de línea en V

El alimentador al tablero principal de la Planta es en cableado de cobre libre de halógenos de sección 3No 2 (F) + 1No 4(N) + 1No 6 (T) en arreglos de 1 conductor en paralelo por fase; la impedancia eficaz, según la tabla 9 del capítulo 9 del NEC

FP = Cos θ	Sen θ
1.00	0.00
0.95	0.31
0.90	0.44
0.85	0.53
0.80	0.60
0.75	0.66
0.70	0.71

Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Cobre, instalación trifásica para 600V a 60Hz y 75°C. Tres conductores sencillos en tubo conduit					
Calibre AWG / kcmil	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)			Reactancia Inductiva X _L (ohm/km)	
	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de Acero
14	10.17	10.17	10.17	0.190	0.240
12	6.56	6.56	6.56	0.177	0.223
10	3.94	3.94	3.94	0.164	0.207
8	2.56	2.56	2.56	0.171	0.213
6	1.61	1.61	1.61	0.167	0.210
4	1.02	1.02	1.02	0.157	0.197
2	0.623	0.656	0.656	0.148	0.187
1/0	0.394	0.427	0.394	0.144	0.180
2/0	0.328	0.328	0.328	0.141	0.177
3/0	0.253	0.269	0.259	0.138	0.171
4/0	0.203	0.219	0.207	0.135	0.167
250	0.171	0.187	0.177	0.135	0.171
350	0.125	0.141	0.128	0.131	0.164
500	0.089	0.105	0.095	0.128	0.157

$$Z_{EF} = R \cos \theta + X_L \sin \theta$$

de conductores de Cu será:

Tabla 9. Cálculo de impedancia eficaz para sistemas monofásicos y trifásicos.

Ver cálculo de regulación y pérdidas técnicas.

P. CÁLCULO DE REGULACIÓN DE Tensión

Aplica

Justificación:

Aplicando el cálculo de caída de tensión para los alimentadores se obtiene que la

acometida primaria en configuración 3x2+ 4 + 6 AWG tiene una regulación del 0.24% para la operación actual.

Q. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

No aplica

Justificación:

De acuerdo a las definiciones del RETIE, un lugar clasificado es aquella zona donde están o pueden estar presentes gases o vapores inflamables, polvos combustibles o partículas volátiles de fácil ignición. Página 77 de 78 del RETIE. La planta piscícola se cataloga como una instalación comercial de complejidad media, que se debe ajustar a las disposiciones de lugares con alta concentración de personas. Sin embargo, esta instalación no dispone de zonas con presencia de materiales inflamables o lugares como los expuestos en el capítulo 5 de LA NTC 2050.

R. ELABORACIÓN DIAGRAMAS UNIFILARES

Aplica

Justificación:

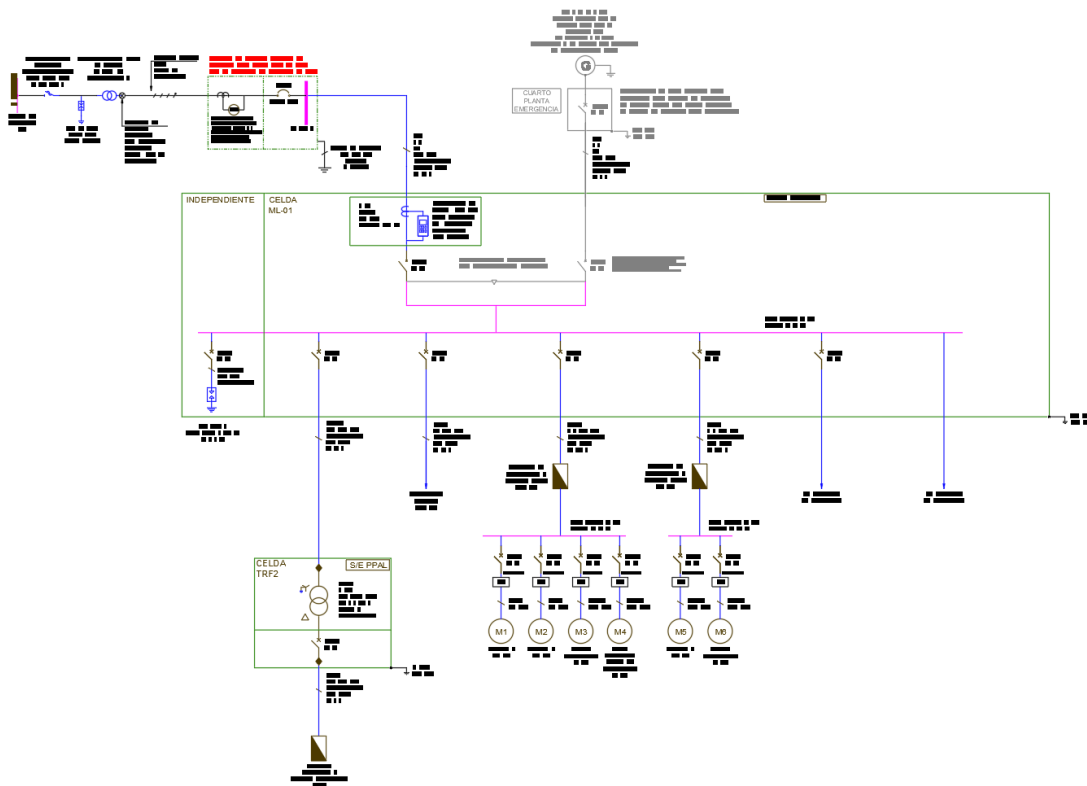


Ilustración 9. Diagrama unifilar

Nota: ver planos

S. ELABORACIÓN DE PLANOS PARA CONSTRUCCIÓN

Aplica

Justificación:

Se entregan copias de los planos correspondientes a las instalaciones eléctricas.

T. ESPECIFICACIÓN DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIA A LOS PLANOS

No aplica

Justificación

No se requiere de construcciones complementarias a las ya estipuladas en planos y detalles constructivos ya definidos.

U. ESTABLECER LAS DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD

Aplica

Justificación

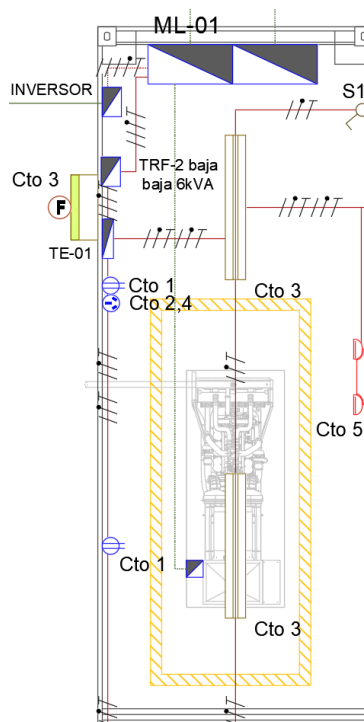


Ilustración 10. Distancias de seguridad para tableros eléctricos

La instalación no posee redes de distribución en Media Tensión que amerite considerar estas distancias las cuales son evaluadas en el cerramiento del transformador tipo pedestal, las instalaciones en baja tensión se establecen las medidas mínimas de espacios de trabajo como las establece la sección 110- 16 de la NTC 2050.

Los tableros eléctricos de medidores y multibreakers, cumplen con lo exigido en la Tabla 110- 16 a) de la norma NTC 2050 (1998) y con lo expresado en el numeral 13.4 referente a las “Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas” del RETIE.

Tabla 110-16.a). Espacio de trabajo

Tensión nominal a tierra (V)	Distancia mínima en (m) según la condición		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0 - 150	0,9	0,9	0,9
151 - 600	0,9	1,1	1,2

Las "**Condiciones**" son las siguientes:

1. Partes energizadas expuestas en un lado y ninguna parte energizada o puesta a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes energizadas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se considerarán partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a menos de 300 V.
2. Partes energizadas expuestas a un lado y puestas a tierra en el otro. Las paredes de hormigón, ladrillo o baldosa se deben considerar como puestas a tierra.
3. Partes energizadas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1., con el operador entre ambas.

Ilustración 11. Distancias de seguridad cerca de partes energizadas

V. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA DESVIACIÓN TÉCNICA DE LA NTC2050

No aplica

Justificación:

No se presenta desviación ninguna con respecto a la NTC 2050.

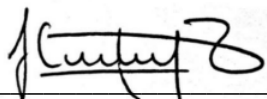
W. ESTUDIOS ESPECÍFICOS

No aplica.

Justificación:

No se requieren estudios específicos

Atentamente,



JUAN CAMILO TAMAYO RESTREPO
INGENIERO EN ENERGÍA
MP: 05289-438 ANT

Anexo:

- Cuadros de cargas y cálculo de alimentadores