



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Concepción del Uruguay
INGENIERIA ELECTROMECHANICA

PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)

**REDISEÑO Y AMPLIACION DE CENTRAL DE BOMBEO
PERA ARROCERA**

Proyecto N°: PFC-1412B

Autores:

**Dalle Tezze, Cristian Miguel
Korell, Matías Exequiel**

Tutor:

Ing. Alberto José Turin.

Dirección de Proyectos:

**Ing. Puente, Gustavo
Ing. De Marco, Luis**

AÑO 2015

REDISEÑO Y AMPLIACION DE CENTRAL DE BOMBEO PARA ARROCERA
INDICE GENERAL

CAPITULO I “Introducción y Situación Problemática”	3
CAPITULO II “Objetivos, Alcances y Plan de Trabajo”	8
CAPITULO III “Ingeniería Básica”	13
CAPITULO IV “Ingeniería de Detalle”	23
CAPITULO V “Memorias de Cálculo”	143
CAPITULO VI “Anexos Complementarios”	372

Agradecimientos.

A nuestras familias que nos apoyaron a lo largo de toda la carrera.

A nuestro tutor y profesor Ing. Alberto José Turin.

A nuestro profesor Ing. Gustavo Puente.

A nuestro profesor Ing. Luis Fabre.

A nuestro profesor Ing. Jorge Antivero.

A la familia Santinelli, propietarios del establecimiento agropecuario.

A nuestro profesor y jurado Ing. Emilio Goyeneche.

A nuestro profesor y jurado Ing. Rubén Retamar.

Resumen ejecutivo.

El objetivo del presente proyecto es lograr una mayor eficiencia en el sistema de bombeo para el riego de arroz, ya que esto se refleja directamente en una mayor productividad y rendimiento para el cultivo, aumentando así los márgenes de ganancia.

Este objetivo se intentara obtener mediante la electrificación y control del sistema de bombeo, incrementando el rendimiento y fiabilidad del sistema.

Otro objetivo a desarrollar será ampliar la capacidad de bombeo instalada en la actualidad, para poder duplicar las hectáreas cultivadas.

Abstract.

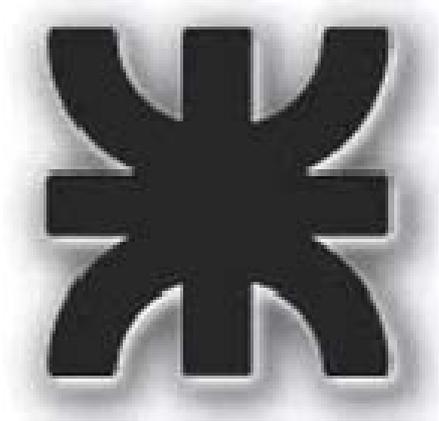
The purpose of this project is to achieve greater efficiency in the pumping system to irrigate rice, as this is directly reflected in increased productivity and performance for growing, thus increasing profit margins.

This objective will be achieved through electrification and control of the pumping system, increasing performance and reliability.

Another aim to develop is to expand pumping capacity installed today, to double the hectares cultivated.

Capítulo I.

Introducción y Situación Problemática.



REDISEÑO Y AMPLIACION DE CENTRAL DE BOMBEO PARA ARROCERA.**INDICE CAPITULO I**

1	Introducción.....	5
1.1	Localización del establecimiento.....	5
2	Planteo de la problemática.....	7

1 Introducción.

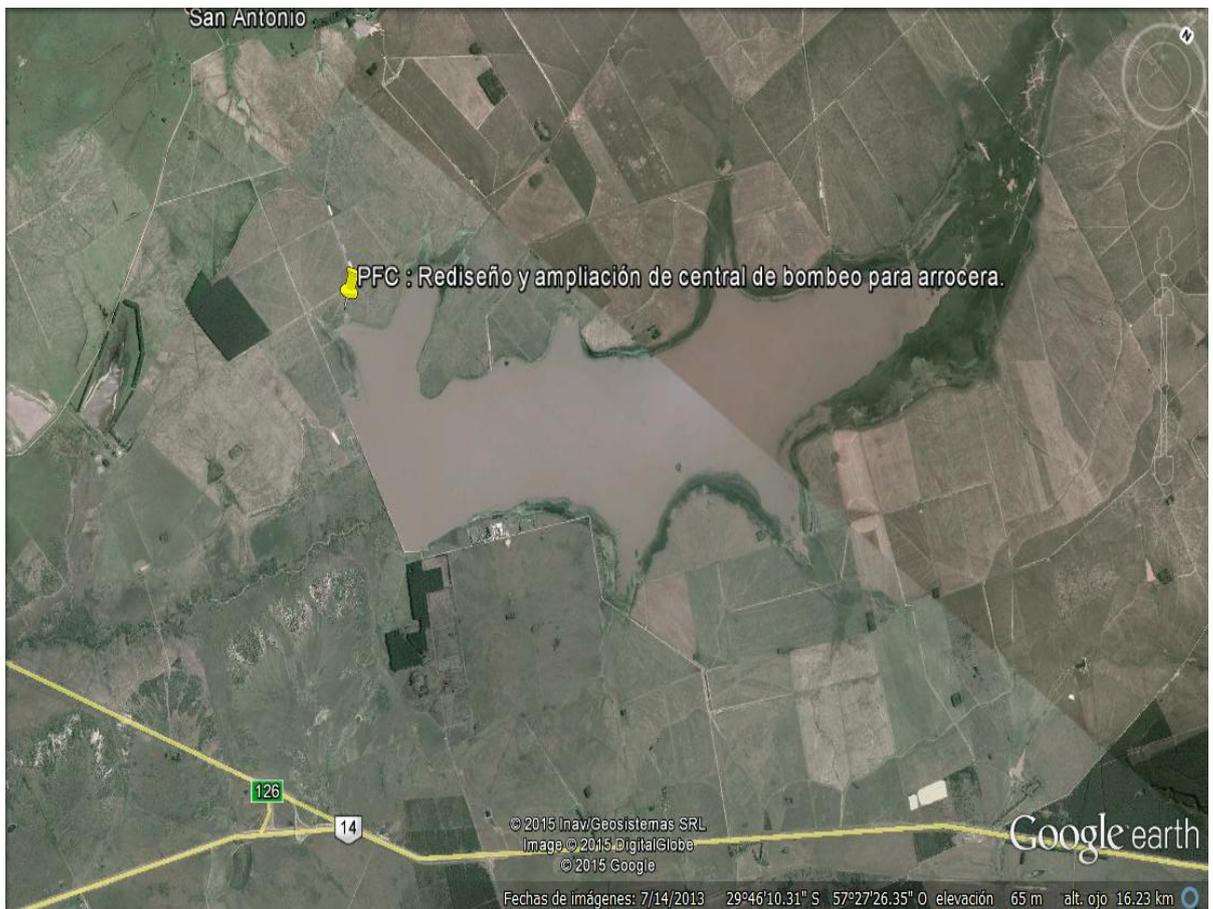
En este trabajo se propone desarrollar un estudio de mejora y rediseño de una central de bombeo para arrocera.

Donde el principal objetivo es optimizar el sistema de riego para lograr una mayor eficiencia, ya que esto se refleja directamente en una mayor productividad y rendimiento para el cultivo de arroz.

Este objetivo se intentara obtener mediante la electrificación y control del proceso de bombeo, incrementando así el rendimiento y fiabilidad del sistema.

1.1 Localización del establecimiento.

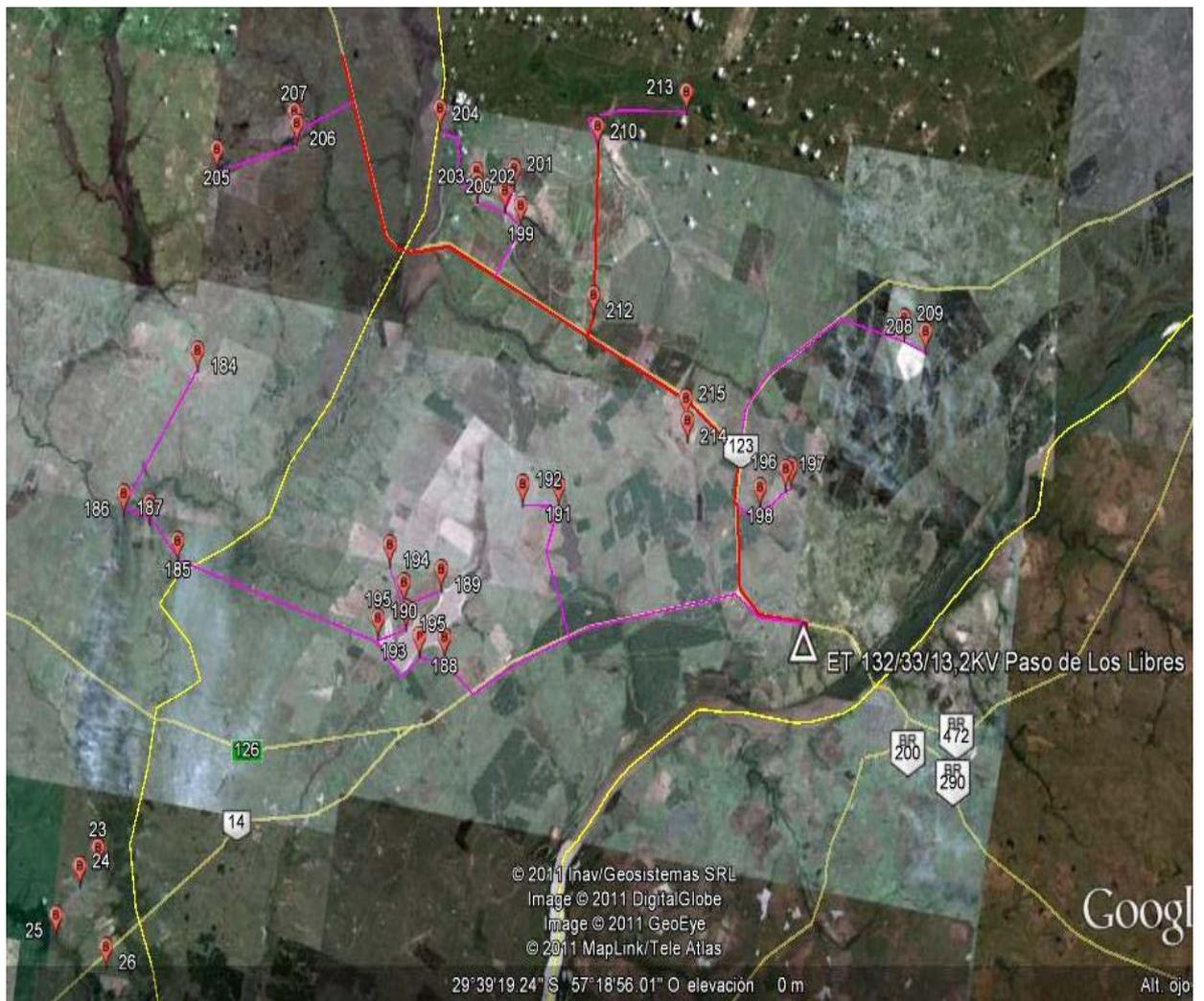
La empresa agropecuaria está ubicada en una zona estratégica ya que se encuentra emplazada en cercanías de la ruta nacional 14 y la ruta provincial 126, lugar donde se encuentra una represa con una capacidad aproximada de sesenta mil millones de metros cúbicos de agua.



Además en la zona se cuenta con el servicio público elemental para la producción del arroz, como ser la energía eléctrica. En la actualidad se encuentra una línea de 13,2 kV la cual está sobrecargada impidiendo su uso para la electrificación del sistema de riego.

En la estación transformadora de 132/33/13,2 kV Paso de los Libres, se proyecta suministrar energía con una línea de 33kv a la zona, la cual permitiría la electrificación del riego.

Las líneas de 33kv existentes están marcadas en rojo y las proyectadas en violeta.



2 Planteo de la problemática.

Debido a necesidades de ampliación en la capacidad de bombeo para una arrocera en la provincia de Corrientes, demanda proyectar una nueva central de bombeo, con el propósito de usar Energía eléctrica vs. Gasoil.

Actualmente la empresa agropecuaria siembra alrededor de unas 1000 hectáreas de arroz y tiene como uno de sus objetivos de crecimiento el duplicar la producción, para sembrar un total de 2000 hectáreas.

Este crecimiento en la producción de materia prima requiere ciertos requisitos como ser velocidades de riego controladas, para de esta manera lograr inundar las distintas canchas de siembra en un tiempo determinado para poder obtener los mejores rendimientos en la producción.

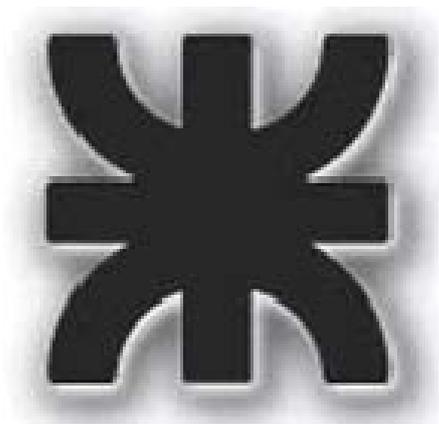
Teniendo en cuenta los grandes caudales de agua que se solicita en la producción, una dosis promedio de riego en cada lote ronda los 2 lts/seg/ha.

Se deben mantener inundadas las canchas entre 90 y 110 días aproximadamente, esto implica una demanda energética importante en la producción del arroz.

Por lo tanto es necesario un diseño con máximo rendimiento y fiabilidad ya que el hecho de no cumplir los requisitos de riego en tiempo y forma influirá negativamente en el rendimiento del cultivo de arroz, reduciendo el margen de ganancia para el productor.

Capítulo II.

Objetivos, Alcances y Plan de trabajo.



REDISEÑO Y AMPLIACION DE CENTRAL DE BOMBEO PARA ARROCERA.

INDICE CAPITULO II

1 Objetivos. 10

2. Alcances. 10

3 Plan de trabajo. 11

1 **Objetivos.**

- Estudio comparativo de alternativas gasoil / electricidad.
- Calcular y diseñar la central de bombeo necesaria.

2. **Alcances.**

2.1.1 **Contempla:**

- Análisis económico comparativo entre la utilización de motores eléctricos y motores diesel (actuales)
- Diseño de la sala de bombeo, incluyendo selección de bombas, motores, accesorios y disposición de los mismos.
- Ingeniería de detalle de la instalación de baja tensión.
- Ingeniería de detalle de instalación subestación MT/BT.
- Ingeniería de detalle de comandos y telecomandos.
- Cómputo de materiales y equipos requeridos.

2.1.2 **No contempla.**

- Diseño de la obra civil.
- Diseño y cálculo de la línea de media tensión.
- Diseño y cálculo de fundaciones.
- Diseño de canales de conducción y distribución de agua.
- Nivelado del terreno.
- Programación de equipos utilizados.
- Presupuesto e inversión.
- Iluminación.

3 Plan de trabajo.

El desarrollo de este proyecto se llevara delante de acuerdo al siguiente plan de trabajo:

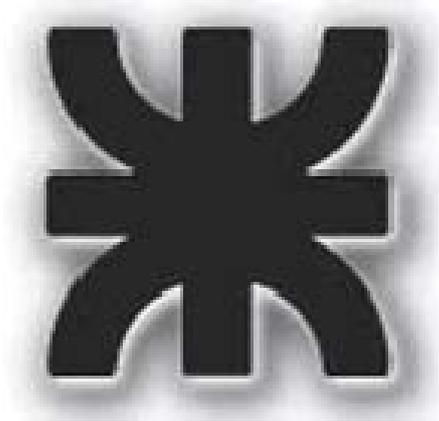
Plan de entregas parciales		Plan de Entregas para:		
		Duración (Días).	Rev01	Aprob.
A-Anexo II – PFC-1412B- Titulo: Rediseño y ampliación de central de bombeo para arrocera. Autores: Dalle Tezze, Cristian; Korell, Matias.	1º	2	08/11/14	26/11/14
B-PFC-1412B- Carátula-Resumen Ejecutivo- Agradecimientos	8º	2	26/04/14	
C-PFC-1412B - Introducción y Situación Problemática-Rev00.	2º	8	11/03/15	
D-PFC-1412B - Objetivos-Alcances Plan de Trabajo-Rev00.	3º	5	11/03/15	
E-PFC-1412B - Ingeniería Básica-Rev00.	4º	12	11/03/15	
F-PFC-1412B - Ingeniería de Detalles- para rediseño-Rev00.	5º	25	20/03/15	
F-PFC-1412B - Ingeniería de Detalles - para ampliación-Rev00.	5º	20	06/04/15	
G-PFC-1412B - Memorias de Cálculo-Rev00 se realiza en forma paralela a la ingeniería de detalle ya que se necesita de los cálculos para determinar los componentes necesarios por lo tanto se tendrán en cuenta los días necesarios para su redacción.	6º	4	10/04/15	
H-PFC-1412B - Anexos Complementarios-Rev00.	6º	8	18/04/15	

I-PFC-1412B - Presentación Para la Defensa-Rev00	7º	6	24/04/15	
FECHA ESTIMADA DE PRESENTACIÓN Anexo-III + 1 Cop.Papel + 3 Cop. DVD				27al30/04/15
Fecha Defensa Pública				Junio 2014

Las etapas detalladas en este plan se comenzaron a desarrollar a partir de la aprobación del anexo II, por lo tanto los tiempos se consideran a partir de diciembre de 2014.

Capítulo III.

Ingeniería Básica.



REDISEÑO Y AMPLIACION DE CENTRAL DE BOMBEO PARA ARROCERA.**INDICE CAPITULO III**

1	Introducción.....	15
2	Descripción de la reconversión y ampliación del sistema de riego.....	16
2.1	Bombas.....	18
2.2	Tuberías.....	18
3	Motor.....	18
4	Transmisión por correas.....	19
5	Determinación de la ubicación de maquinas y tableros.	20
6	Conductores eléctricos.....	20
7	Tableros.....	20
8	Protecciones.	20
9	Mandos.	20
10	Subestación transformadora MT / BT.	21
11	Normas y reglamentos.	22

1 Introducción.

En la actualidad el riego se lleva a cabo a través de 3 (tres) bombas impulsadas por motores diesel, las cuales proporcionan una capacidad de riego para arroz que cubre unas 1000 (mil) hectáreas de cultivo.

Debido al elevado costo actual del combustible, en este caso el gas oil, se buscara una alternativa energética con el fin de mejorar la rentabilidad en la producción de arroz reduciendo los gastos generados en el riego del mismo.

Como energía alternativa al gas oil se propone la utilización de energía eléctrica debido a su menor costo, mayor eficiencia en los elementos que componen la instalación y su menor costo de mantenimiento.

En el desarrollo de este proyecto se considerara primero la reconversión de esta capacidad de bombeo reemplazando los motores de combustión por motores eléctricos y luego una ampliación de la capacidad del mismo para llegar a cubrir las 2000 (dos mil) hectáreas de sembrado.

En la imagen se puede apreciar el emplazamiento geográfico de la central de bombeo:



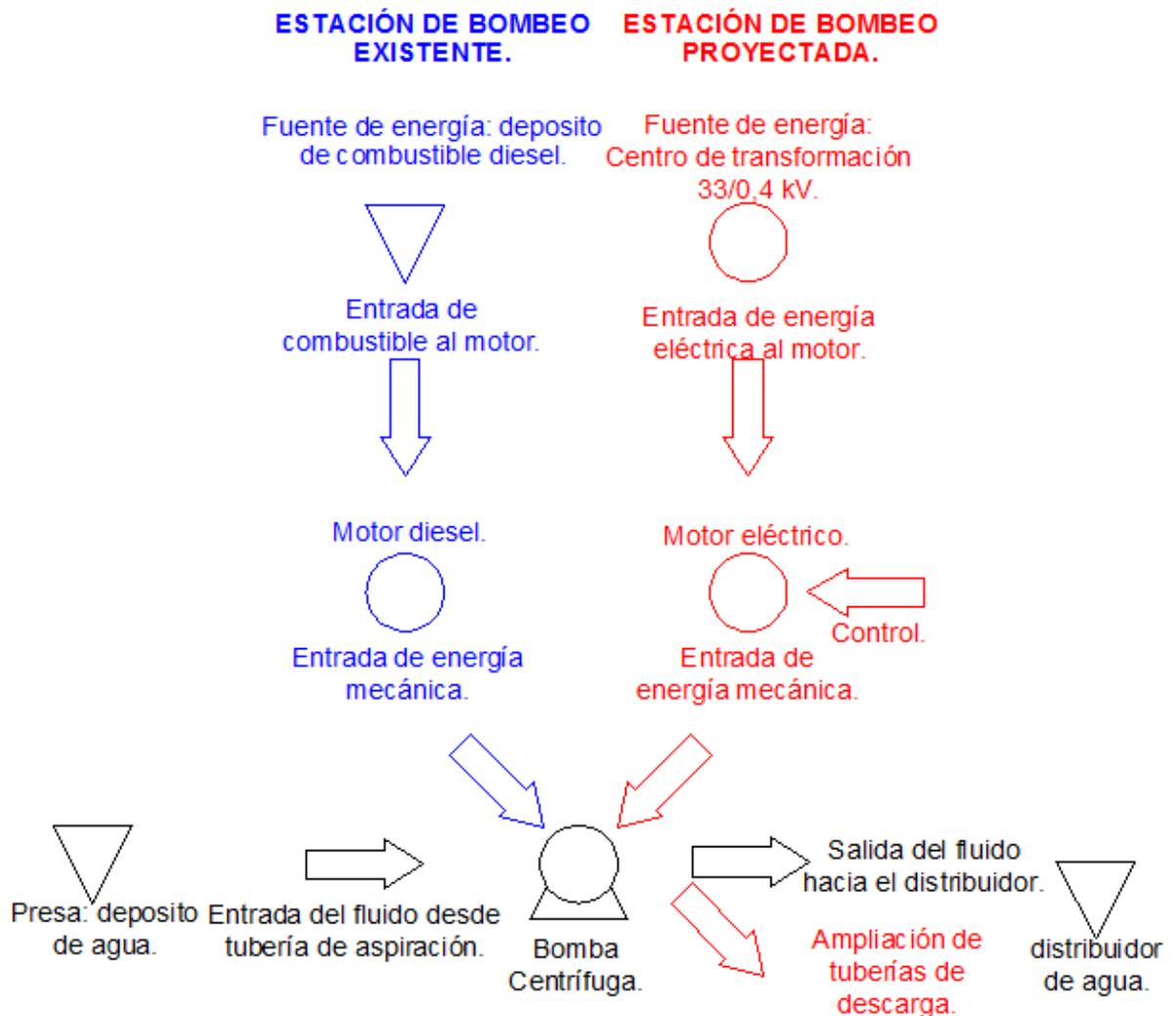
2 Descripción de la reconversión y ampliación del sistema de riego.

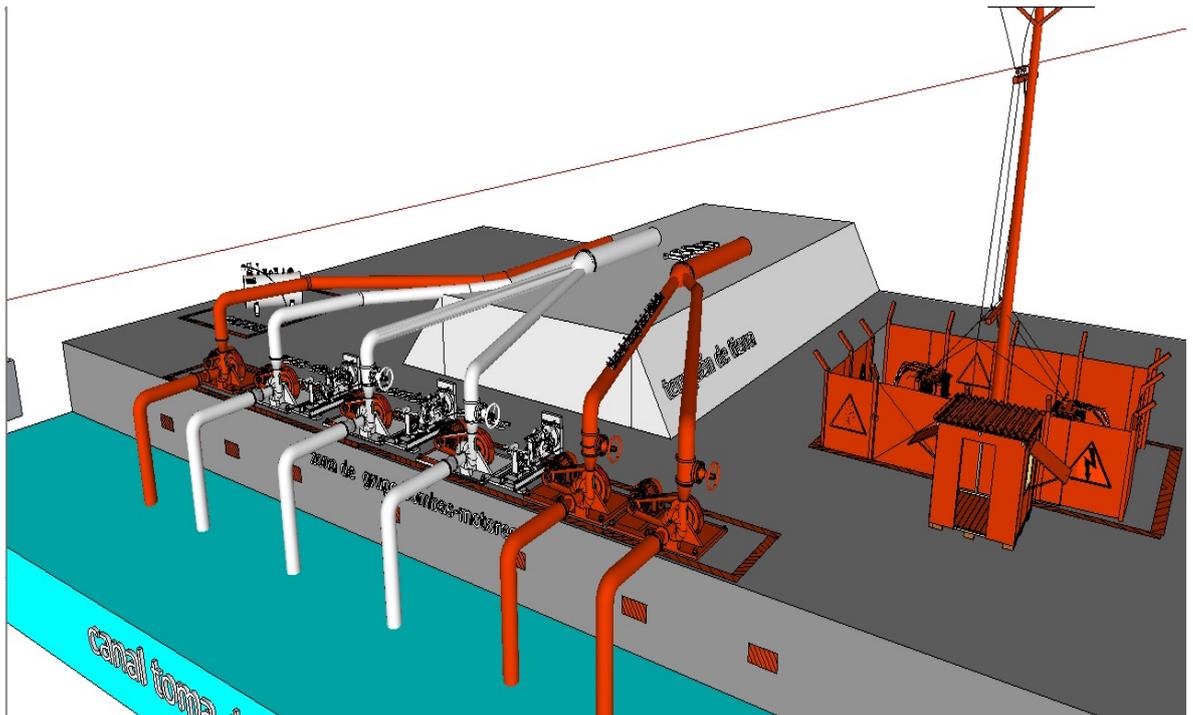
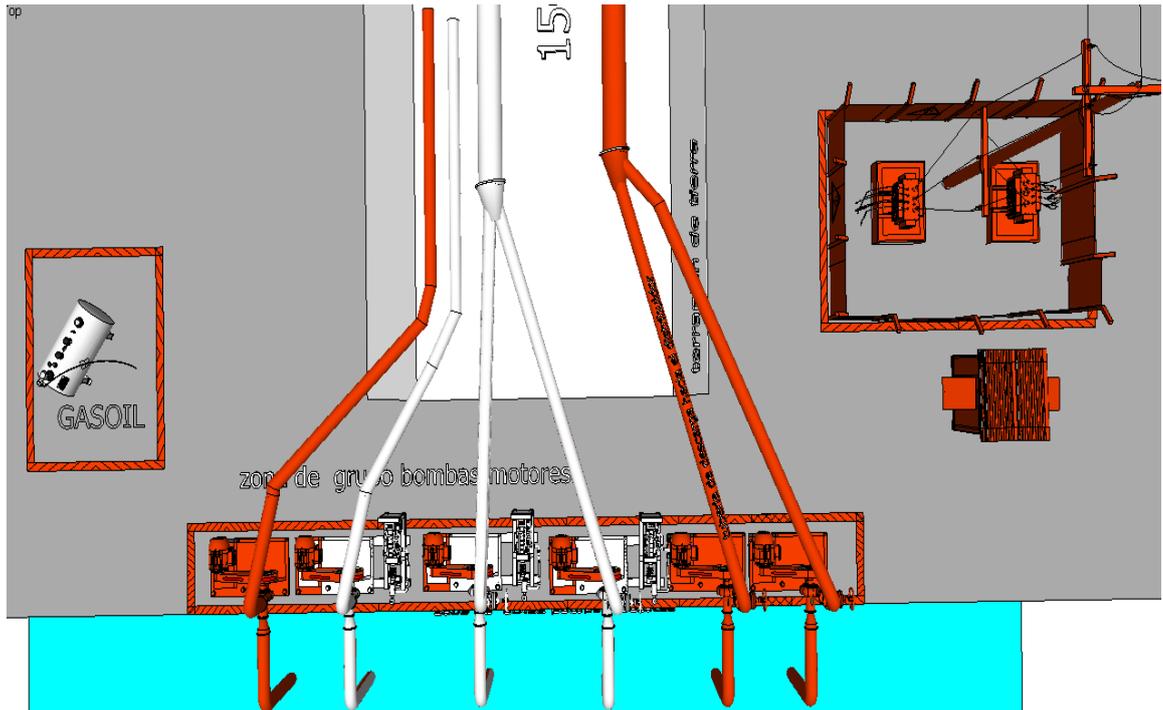
En el siguiente diagrama se ve esquematizado el flujo del agua, como así también la entrada de energía a las bombas.

En el mismo se ha remarcado en azul el sistema de impulsión de bombas actual, el cual será reemplazado por el sistema de impulsión eléctrica remarcado de color rojo.

En negro se encuentra reflejado el sistema de tuberías y bombas existentes las cuales serán verificadas a lo largo del proyecto para determinar si son aptas para las condiciones de trabajo.

El sistema de impulsión eléctrica remarcado, también será el utilizado para cumplir con el punto que se refiere a la ampliación de las hectáreas cultivadas, además en el diagrama se ve en color rojo la ampliación de las tuberías de descarga, las cuales serán diseñadas para abastecer de agua a 1000 hectáreas, cantidad en que se ampliará la producción.





En las figuras anteriores se aprecian de color gris los elementos existentes, mientras que en anaranjado se ve el resto de los elementos que serán diseñados o bien seleccionados en este proyecto.

Nota: Los motores diesel que se tienen instalados actualmente permanecerán en su sitio, una vez efectuada la reconversión, con el fin de poder acoplarlos a las bombas en caso de falta de energía eléctrica por tiempo prolongado.

2.1 Bombas.

En este punto se desarrollaran dos alternativas distintas para suplantar los motores diesel por eléctricos.

La primera de ellas será reutilizar las bombas que se encuentran instaladas actualmente y acoplarlas al motor eléctrico mediante transmisión a correas.

En la segunda alternativa se propone utilizar bombas de mayor revoluciones para que se puedan acoplar directamente al motor eléctrico a través de un acople flexible.

Para el punto de la conversión se hará un estudio de verificación de las bombas existentes para determinar si son aptas para las condiciones sometidas, de ser así se utilizará el mismo modelo para la parte de la ampliación.

2.2 Tuberías.

Las tuberías instaladas actualmente para transportar el fluido desde el canal de aspiración hasta el distribuidor serán verificadas a las condiciones propuestas de trabajo con el fin de poder utilizarlas sin modificación alguna.

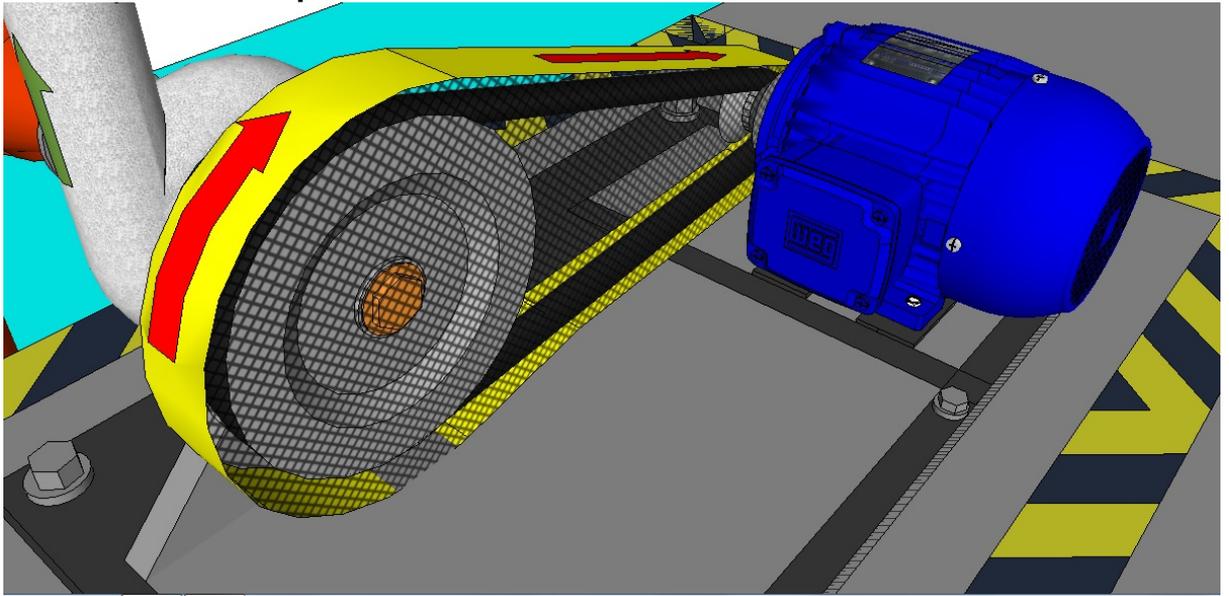
3 Motor.

Se utilizaran motores eléctricos asincrónicos de 4 polos para una frecuencia de red de 50 Hz y una tensión de servicio de 220 / 380 Volt.

Para seleccionar el motor eléctrico se deberá tener en cuenta:

- El trabajo de la bomba afectado por el rendimiento de la transmisión a correas.
- margen de seguridad según ISO 5199.
- Tensión de trabajo.
- Numero de polos.

4 Transmisión por correas.



El acople entre el motor eléctrico y el eje de la bomba se llevara a cavo a través de una transmisión a correas la cual también será la encargada de reducir las vueltas que entrega el motor en su eje para adecuarlas a las revoluciones requeridas por la bomba en sus condiciones de trabajo establecidas.

Para el diseño de la transmisión por correas necesario a implementar motores eléctricos se debe considerar previamente:

- Revoluciones por minuto del motor.
- Potencia a transmitir.
- Revoluciones necesarias en el eje de la bomba.
- Factor de corrección de la potencia a transmitir el cual tiene en cuenta el tipo de motor, tipo de maquina conducida y horas de servicio diarias.

5 Determinación de la ubicación de maquinas y tableros.

A partir de la distribución en planta de las distintas maquinas, se procede a determinar el trazado de las distintas líneas para alimentar dichas cargas con el fin de determinar las ubicaciones de los tableros y las distancias de las cargas a dichos tableros para con ello poder efectuar los cálculos correspondientes a los conductores y protecciones.

6 Conductores eléctricos.

Se utilizan conductores tripolares para los tramos comprendidos entre los tableros secundarios y los motores y tetrapolares directamente enterrados para el tramo transformador a tablero.

7 Tableros.

La instalación contará con dos tableros generales y seis tableros secundarios, de los cuales corresponde uno a cada equipo de bombeo conteniendo sus respectivas protecciones.

8 Protecciones.

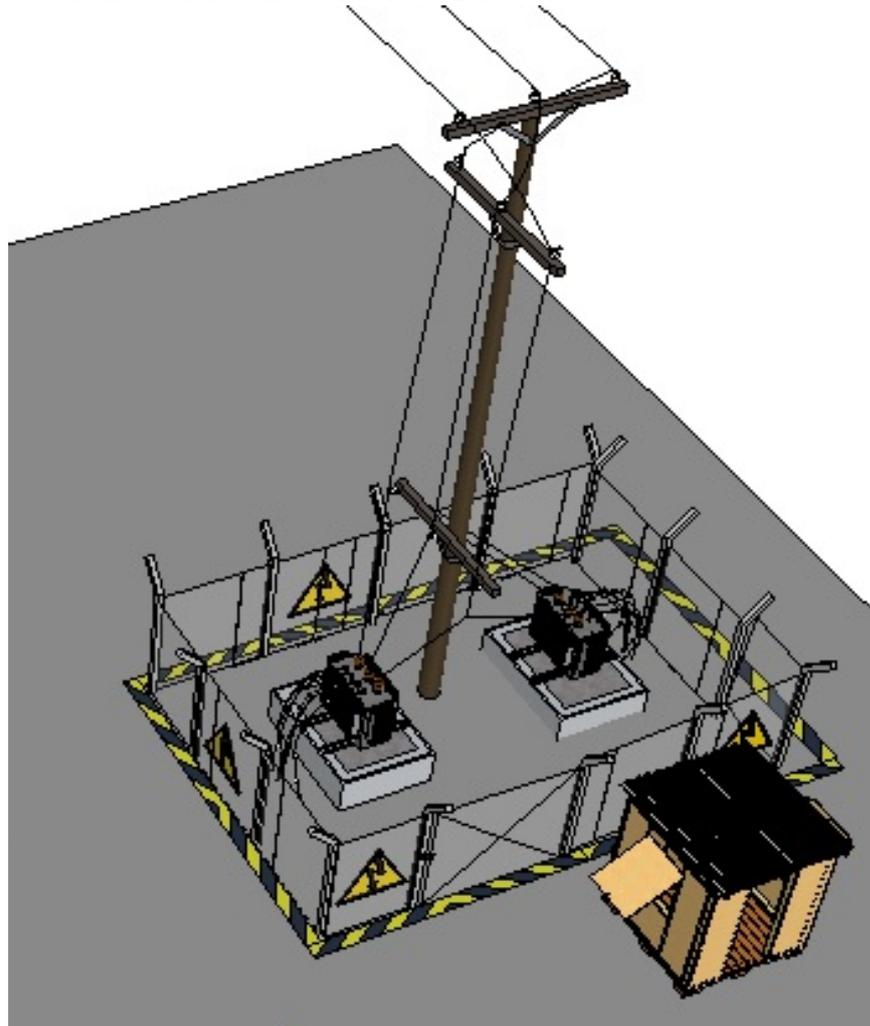
Se seleccionaran las protecciones necesarias tanto para proteger los transformadores, conductores, motores y personas.

9 Mandos.

Se diseñaran los circuitos de mando para los accionamientos con la selección de sus respectivos componentes.

En este punto se estudiara también los métodos de arranque más convenientes para su utilización.

10 Subestación transformadora MT / BT.



Se contara con una subestación transformadora de 33 / 0,4 kV. La misma estará compuesta de dos transformadores destinados estos a alimentar tres equipos de bombeo cada uno.

Se deberá tener en cuenta para el dimensionado de la subestación transformadora los puntos siguientes:

- Determinación del número y potencia de los transformadores, a partir de la previsión de cargas y naturaleza de las mismas.
- Elección del tipo constructivo de la SET, interior o exterior, de superficie o subterráneo, etc.
- Diseño de la disposición interior de la SET, disposición de aparatos y elementos dentro de la SET. Ubicación de las puertas de acceso, entradas y salidas de ventilación, etc.
- Elección del régimen de neutro (TN, TT, IT) de la salida en BT.

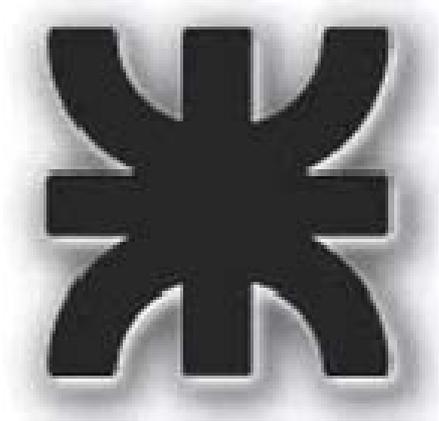
11 Normas y reglamentos.

Las normativas y reglamentos a considerar para el desarrollo de los distintos puntos del proyecto son:

- DPEC: Reglamento General para el Suministro de Energía Eléctrica.
- AEA 95401: Centros de transformación y suministros en media tensión
- AEA 90364: Reglamentación para las instalaciones eléctricas en inmuebles.
- IRAM 2281-3: A Tierra de sistemas eléctricos, Instalaciones Industriales Y Domiciliarias (Inmuebles) y redes de baja tensión.

Capítulo IV.

Ingeniería de Detalle.



REDISEÑO Y AMPLIACION DE CENTRAL DE BOMBEO PARA ARROCERA.**INDICE CAPITULO IV**

1. Alternativas de sistemas de bombeo.....	27
1.1. Reutilización de las bombas.....	27
1.1.1. Bombas.....	27
1.1.2. Transmisión por correas.....	30
1.2. Bombas de acople directo.....	33
1.2.1. Bombas centrifugas.....	33
1.2.2. Acoplamiento elástico.....	33
2. Sistema de purgado.....	34
2.1. Bomba sumergible.....	35
3. Tuberías.....	36
3.1. Tuberías de aspiración.....	37
3.2. Tuberías de descarga.....	38
4. Motores.....	41
5. Análisis de costos gas oíl vs energía eléctrica.....	44
6. Conductores eléctricos.....	45
6.1. Tramo transformador - tablero general.....	45
6.2. Tramo tablero secundario – motor.....	46
7. Tableros.....	47
7.1. Tablero general 1.....	48
7.1.1. Interruptor termomagnético general.....	49
7.1.2. Relé Vigirex.....	51
7.1.3. Interruptor termomagnético trifásico.....	53
7.1.4. Interruptor termomagnético monofásico.....	53
7.1.5. Interruptor diferencial.....	55
7.1.6. Distribuidores de entrada.....	57
7.1.7. Distribuidores de salida.....	58
7.1.8. Barras flexibles.....	59
7.1.9. Señales luminosas.....	60
7.1.10. Pulsadores y llave.....	61
7.1.11. Voltímetro.....	62

7.1.12. Cosfímetro.	64
7.1.13. Gabinete.	66
7.2. Tablero general 2.	68
7.2.1. Interruptor termomagnético general.	68
7.2.2. Relé Vigirex.	68
7.2.3. Distribuidores de entrada.	69
7.2.4. Distribuidores de salida.	69
7.2.5. Barras flexibles.	69
7.2.6. Señales luminosas.	70
7.2.7. Pulsadores.	70
7.2.8. Voltímetro.	71
7.2.9. Cosfímetro.	71
7.2.10. Gabinete.	71
7.3. Tablero secundario N° 1 al 5.	72
7.3.1. Interruptor termomagnético.	72
7.3.2. Arrancador suave.	74
7.3.3. Amperímetro.	76
7.3.4. Señales luminosas.	79
7.3.5. Pulsadores.	80
7.3.6. Gabinetes.	82
7.4. Tablero secundario N° 6.	84
7.4.1. Interruptor termomagnético.	84
7.4.2. Convertidor de frecuencia.	86
7.4.3. Amperímetro.	90
7.4.4. Señales luminosas.	93
7.4.5. Pulsadores.	94
7.4.6. Gabinete.	96
8. Compensación del factor de potencia.	97
8.1. Banco de capacitores automático.	98
8.2. Banco de capacitores fijos.	102
9. Puesta a tierra de protección.	103
9.1. Jabalinas.	104
9.2. Conductor acero-Cobre.	105

9.3. Conductor de protección.....	105
9.4. Cajas de inspección.....	105
10. Subestación transformadora.....	106
10.1. Transformadores.....	106
10.2. Instalación de los transformadores.....	108
11. Acometida y puesto de medida indirecto en media tensión.....	108
11.1. Modulo de transformación para medida.....	111
11.2. Gabinete para medidor de energía.....	113
11.3. Seccionador fusible.....	114
11.3.1. Fusible Positrol.....	115
11.4. Descargadores de sobre tensión.....	116
11.5. Celdas de Media Tensión.....	117
11.5.1. Celda de acometida.....	118
11.5.2. Celda de seccionamiento.....	120
12. Cerco perimetral.....	122
12.1. Señalización del cerco perimetral según AEA 95401.....	124
13. Tratamiento del neutro y puesta a tierra.....	125
13.1. Puesta a tierra de la SET.....	126
13.1.1. Jabalinas.....	126
13.1.2. Conductor de tierra.....	127
13.2. Uniones entre conductores y jabalinas.....	127
14. Comandos y telecomandos.....	129
14.1. Automatización propuesta.....	129
14.2. Selección elementos de mando y control.....	129
14.2.1. Variador de frecuencia.....	130
14.2.2. Transmisor de presión.....	130
14.2.3. Equipo de telecontrol.....	133
14.2.4. Contactores de Mando manual de bombas.....	135
14.2.5. Temporizadores para Mando manual de bombas.....	136
15. Listado de materiales.....	137

1. Alternativas de sistemas de bombeo.

Las alternativas de bombeo propuestas para reemplazar los motores de combustión por motores eléctricos son:

- 1° alternativa Reutilización de las bombas instaladas.
- 2° alternativa Bombas de acople directo.

1.1. Reutilización de las bombas.

1.1.1. Bombas.

Marca	Modelo	Serie	Cantidad
SYLWAN	S-40	Gran Caudal	6

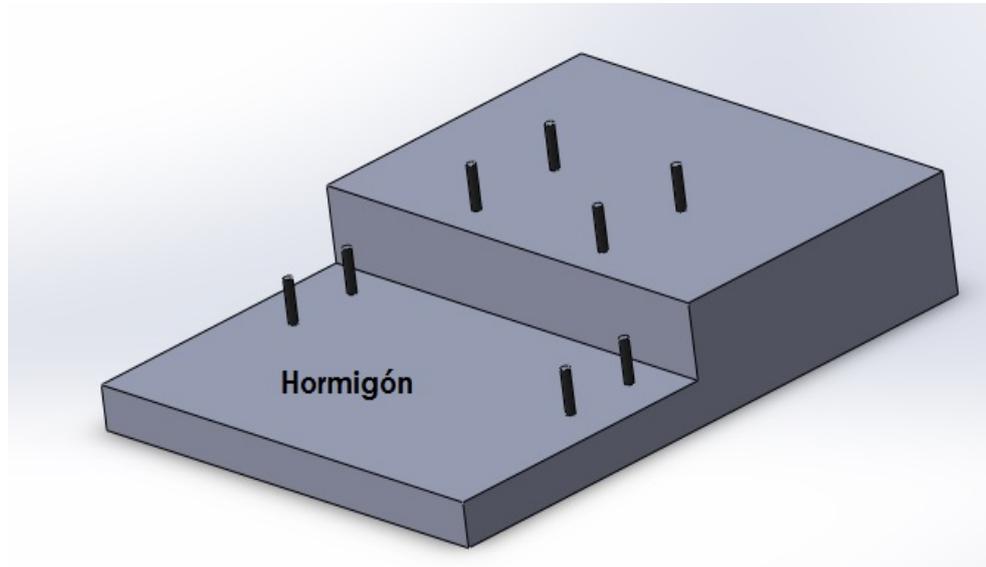
Se utilizarán **6 bombas del tipo axial-helicoidal**. Estas bombas son de industria nacional marca “SYLWAN” de la serie gran caudal **modelo S-40**.

La distribución de las mismas se encuentra detallada en el Plano N°1 “Distribución de equipos de bombeo”.

De estas bombas tres se encuentran ya instaladas por lo que solo se deberán incorporar tres más para cumplir con la parte de la ampliación de hectáreas cultivadas.



Las bases de sujeción de las bombas se encuentran empotradas en la cimentación de hormigón y su detalle lo encontramos en el Plano N°2 “Base y Fundación de Bombas”.



a) **Características.**

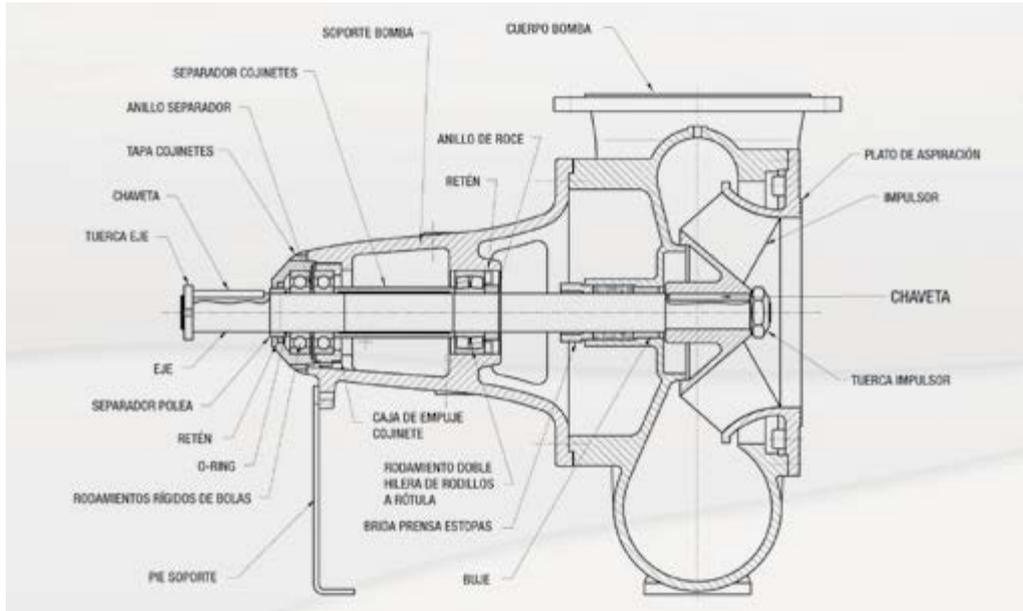
- Adecuadas para cubrir grandes caudales.
- Muy poco mantenimiento.
- Apto para el bombeo de aguas de río o lagunas.
- Fácil instalación.

b) **Campo de empleo.**

- Caudales de 400 a 9500 m³/h.
- Presión máxima de 2,5 kg/cm².
- Apta para el bombeo de aguas con sólidos.
- Accionamiento con poleas o acopladas a motores eléctricos.

c) **Materiales constructivos.**

- Impulsor de bronce.
- Cuerpo de fundición de hierro.
- Eje de acero 1045.
- Carter con amplios cojinetes en baño de aceite o grasa.



1.1.1.1. Punto de trabajo.

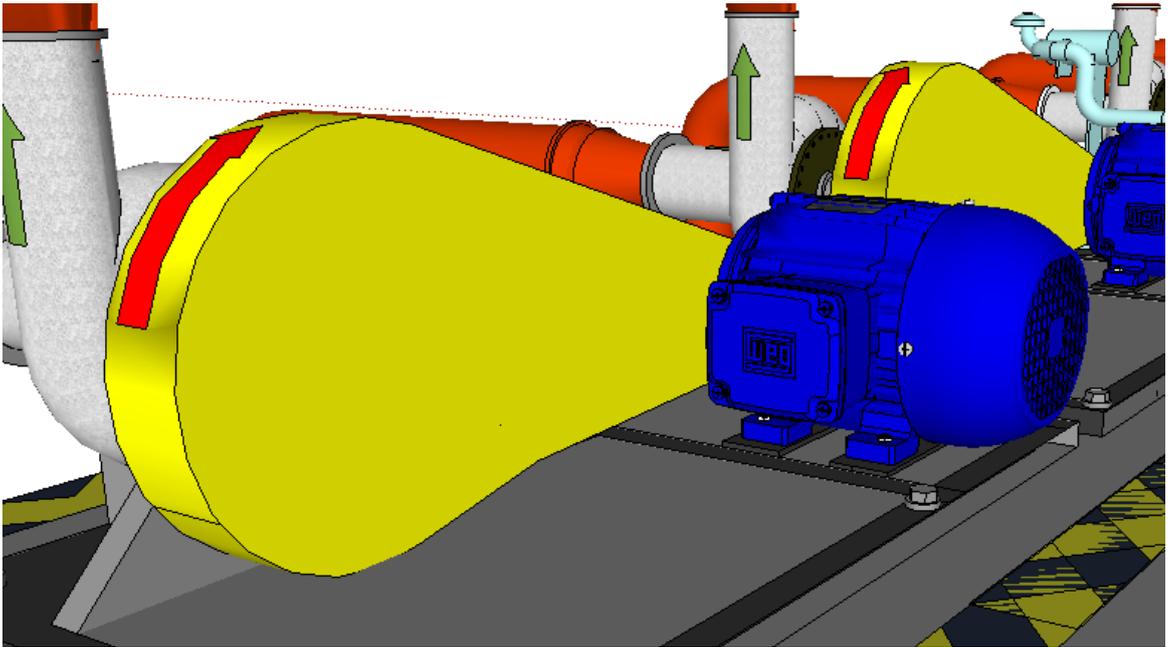
Estas bombas se encuentran trabajando a un régimen aproximado de 850 revoluciones por minuto entregando las siguientes prestaciones:

RPM : Modelo	970			850			750		
	Q	H	HP	Q	H	HP	Q	H	HP
S - 40	1400	20	128	1250	15	86	1100	12	59
	1700	18	134	1500	13,5	89	1300	11	61
	2000	15,5	135	1750	12	91	1550	9,5	62
	2200	14	132	1950	10,5	89	1700	8,5	60
400 mm	2400	12	126	2100	9	85	1850	7	58
	2600	10	115	2300	7,5	77	2000	6	53
	2750	8	105	2400	6	70	2100	5	48

Donde:

- Q = Caudales en metros cúbicos por hora.
- H = Altura manométrica total en metros.
- HP = Potencia absorbida.

1.1.2. Transmisión por correas.



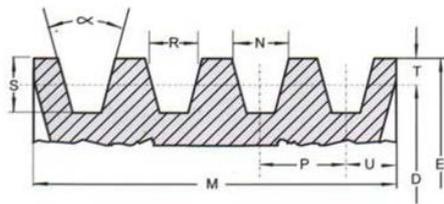
Polea	Diámetro	Canales	Proveedor	Cantidad
Mayor	700 mm	5	Transmisiones industriales ALFA.	6
Menor	450 mm	5	Transmisiones industriales ALFA.	6

Para poder adecuar el régimen de vueltas entregado por el motor a las necesarias en el eje de la bomba y acoplar los mismos se optó por una transmisión por correas, la misma presenta las siguientes características:

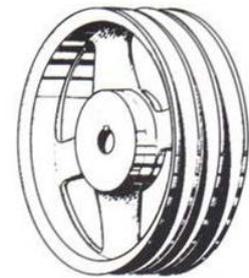
La **relación de transmisión** necesaria es **de 1,67**, lo cual se logra colocando:

- Diámetro de la polea menor 450 milímetros.
- Diámetro de la polea mayor 700 milímetros.

Se seleccionaron poleas de transmisiones industriales alfa de las siguientes dimensiones a considerar:



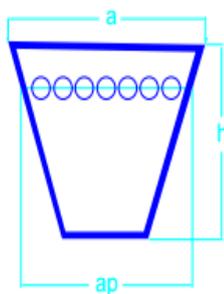
$D = E - 2T$
 $E = D + 2T$
 $M = P(n - 1) + 2U$
 $n = \text{número de canales}$



Sección	E	N	P	R	S	T	U	
A	72 a 144	34°	12.54	15.9	10.62	12.45	3.17	9.52
	sobre 144	38°	12.80					
B	126 a 187	34°	16.18	19	13.46	14.73	4.44	12.70
	sobre 187	38°	16.51					
C	187 a 214	34°	22.27	25.4	19.22	19.81	5.80	17.46
	215 a 316	36°	22.32					
D	sobre 316	38°	22.73	36.5	27.33	26.67	7.62	22.22
	316 a 345	34°	31.97					
E	346 a 447	36°	32.28	44.5	32.18	33.02	10.16	28.57
	sobre 447	38°	32.58					
	477 a 630	36°	38.78					
	sobre 630	38°	39.16					

La transmisión estará compuesta de 5 correas perfil D de la marca Dunlop de longitud de desarrollo nominal de 3967 milímetros (N°153).

Marca	Perfil	Desarrollo nominal	N° de correas por motor	Cantidad
DUNLOP	D	3967 mm (N° 153)	5	30



a Ancho base superior.
 h Altura o espesor.
 ap Ancho primitivo.

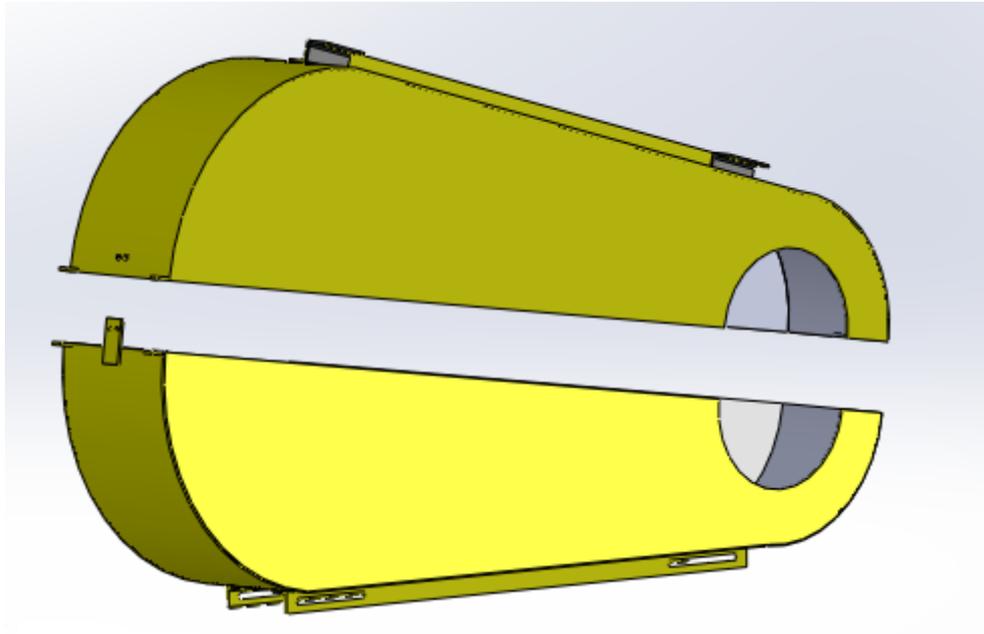
Sección	a mm	h mm	ap mm
Z	10	6	8.5
A	13	8	11
B	17	11	14
C	22	14	19
D	32	19	27
E	38	25	32

La distancia entre los ejes de la bomba y el motor será de 1100 milímetros.

1.1.2.1. Cubre correas.

Será **fabricado en chapa de acero comercial de 1/8 de pulgada**, reforzado en su parte superior e inferior por hierro estructural **DIN tipo L 40x40x4**.

Las medidas y detalles constructivos del elemento descrito lo encontramos en el Plano N°6 “Cubre Correas”.

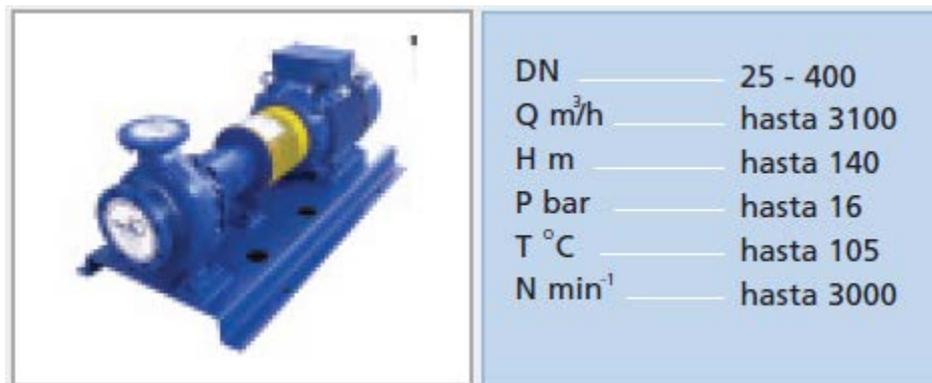


1.2. Bombas de acople directo.

1.2.1. Bombas centrifugas.

Marca	Modelo	Cantidad
KSB	Meganorm 350-370 A	6

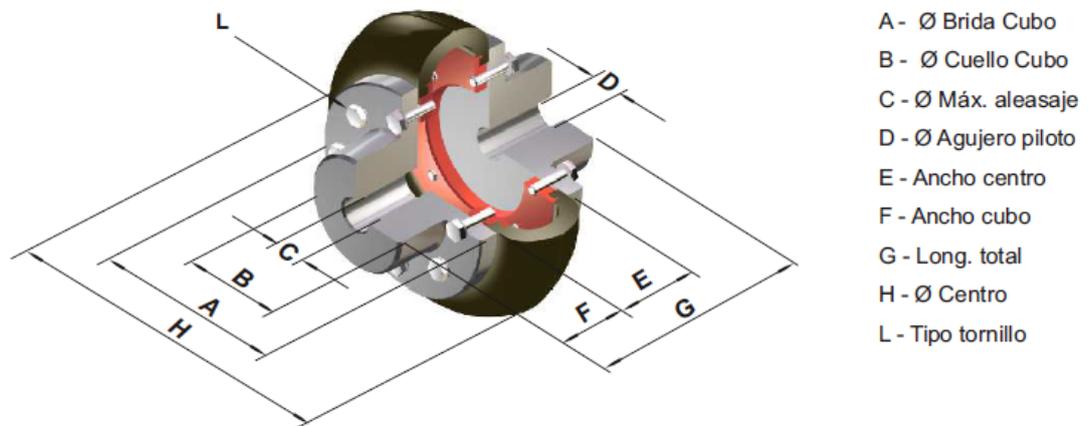
Se utilizaran **6 bombas del tipo axial-helicoidal**. Estas bombas son de marca “KSB” de la serie Meganorm 350-370 A.



1.2.2. Acoplamiento elástico.

Marca	Modelo	Cantidad
GUMMI	A-90	6

Se utilizaran **6 acoples elásticos de la marca “Gummi”, modelo A-90**, el cual deberá tornearse por un lado a **C = 80 mm** y el otro a **D= 75 mm**.



2. Sistema de purgado.

Una vez que se enciende el sistema de riego, **se activara la bomba sumergible de purgado**, en caso de detectar falta de nivel de liquido por sobre el rodete.

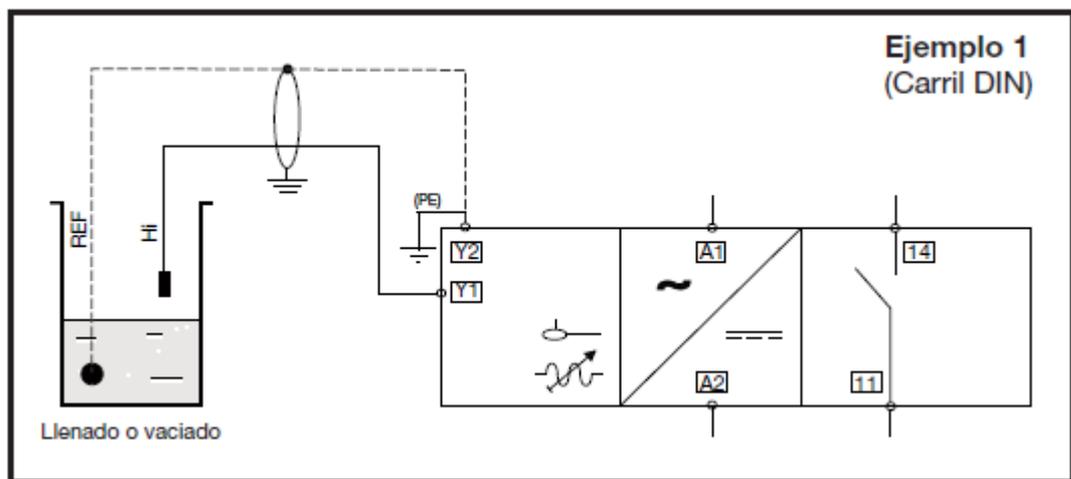
El detector de nivel se encuentra situado por encima de la brida de descarga de la bomba que cuenta con control de velocidad, ya que esta será la que se pondrá primero en marcha.

Las tuberías de descarga se encuentran **interconectadas** a través de un **caño de 1 pulgada** para que así se purguen el resto de las bombas y mantener purgado el sistema.

Detector de nivel conductivo.

Marca	Código	Cantidad
CARLO GAVAZZI	CLD1EA1CM24	1

Conexionado:



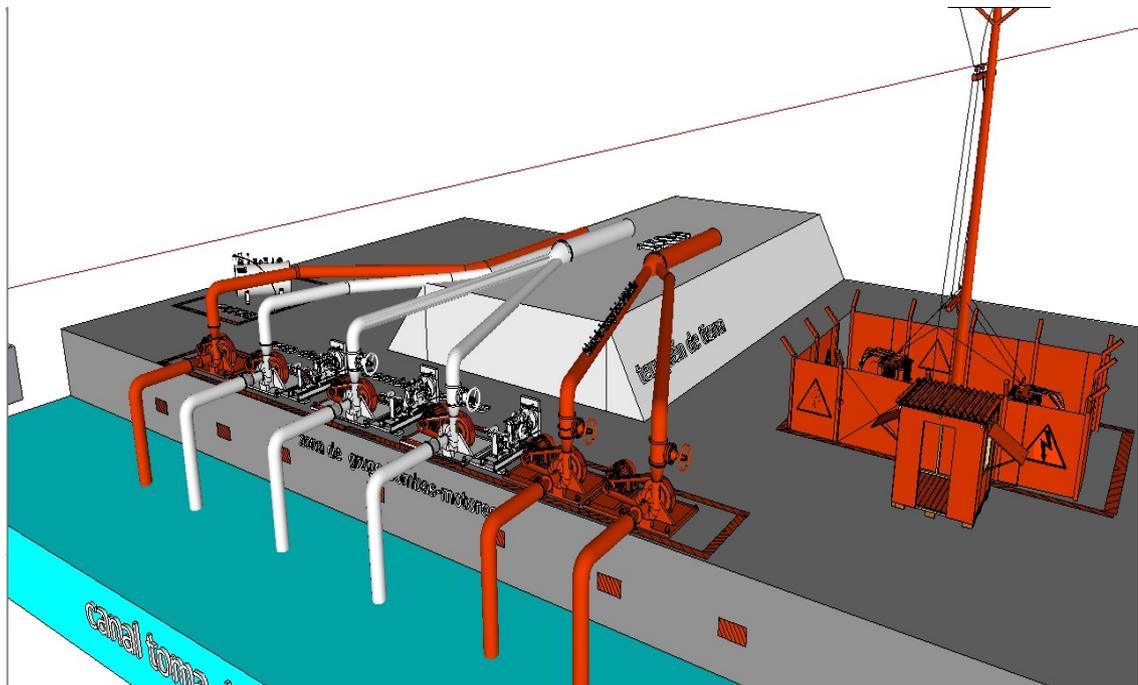
3. Tuberías.

Las tuberías **serán de acero comercial** y estarán divididas en dos grupos, destinados cada uno de ellos al transporte de los caudales de tres bombas.

Cada grupo se compondrá de dos tuberías una de ellas transportara el caudal de una sola bomba y la restante estará destinada al traslado del caudal generado por dos bombas trabajando en paralelo.

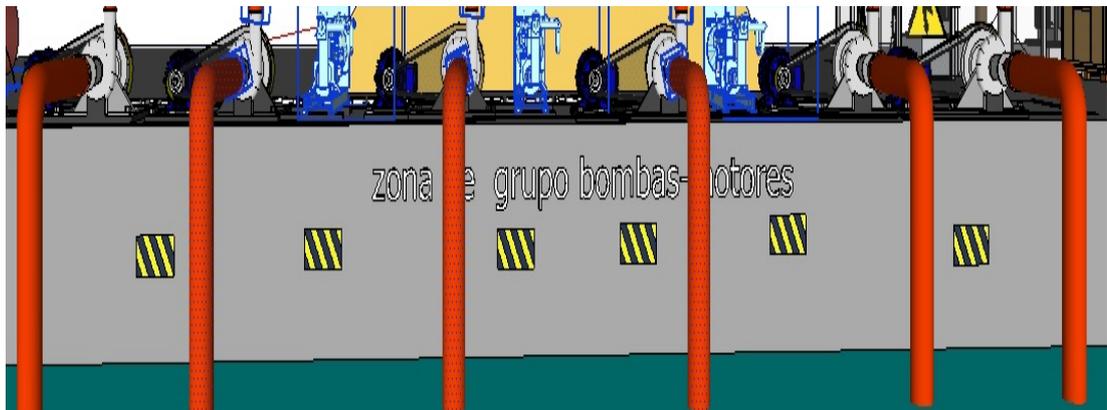
El trazado y dimensionamiento de las tuberías, tanto de la existente como la de las que se deben construir se encuentra en el Plano N°3 “Tuberías Vista Superior” y el Plano N°4 “Tuberías Vista Frontal”.

Este mismo plano será entregado a la firma “Falmetal S.R.L” para que de esta manera se encarguen de la construcción de los elementos que la componen y su montaje.



3.1. Tuberías de aspiración.

Elemento	Diámetro	Cantidad	Proveedor
Curva de 90°	800 mm	6	FALMETAL S.R.L
Válvula de pie con filtro	800 mm	6	FALMETAL S.R.L
Tubo difusor	400 / 800 mm	6	FALMETAL S.R.L



Las tuberías de aspiración de cada una de las bombas serán iguales, a continuación se describirán los detalles de las mismas.

Se colocarán **tuberías de diámetro 800 milímetros** de acero comercial “fabricadas por industria metalúrgica Falmetal S.R.L” las cuales tienen un espesor de pared de 3/16 de pulgada.

Estas tuberías constarán con una **válvula de pie con filtro**, también fabricada por la misma industria metalúrgica Falmetal S.R.L con el propósito de filtrar sólidos en la aspiración y cumplir la función de retención en el caso de la detención de la bomba.

Además se deberá colocar un **codo a 90° de gran curvatura** de diámetro 800 mm y un **tubo difusor excéntrico de 400 / 800 mm** para acoplar la salida de la bomba con la tubería, elementos provistos por la metalúrgica Falmetal S.R.L.

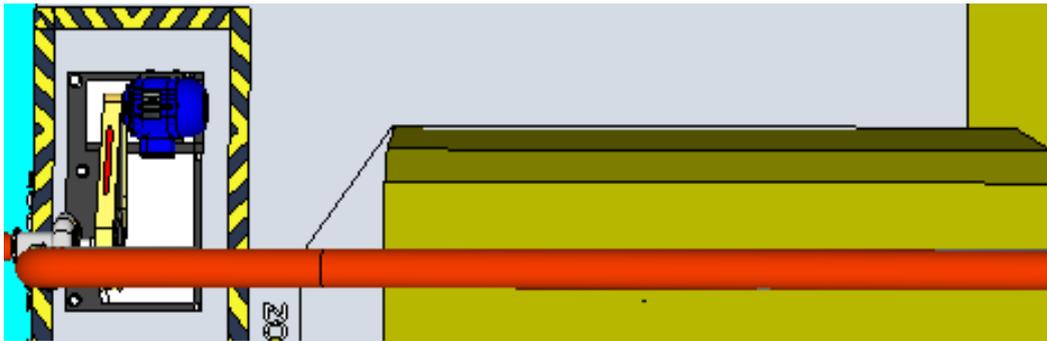
Esta tubería tendrá una **longitud** de tramo recto de **4 metros**.

3.2. Tuberías de descarga.

Cada grupo de tubería estará formado por dos tuberías de descarga diferentes ya que cada una de ellas transportara un caudal distinto.

a) Tubería para caudal 1950 m³/h.

Elemento	Diámetro	Cantidad	Proveedor
Curva de 90°	600 mm	2	FALMETAL S.R.L
Curva de 45 °	600 mm	2	FALMETAL S.R.L
Tubo difusor	400 / 600 mm	2	FALMETAL S.R.L
Válvulas de venteo	600 mm	4	FALMETAL S.R.L



Esta tubería transportara el caudal generado por una de las bombas, el mismo tiene un valor de 1950 m³/h. Este tramo estará formado de la siguiente manera:

Se adopta para la construcción de este tramo **tubos** de acero comercial **de 600 mm de diámetros** y espesor 3/16 de pulgada fabricados por la metalúrgica Falmetal S.R.L.

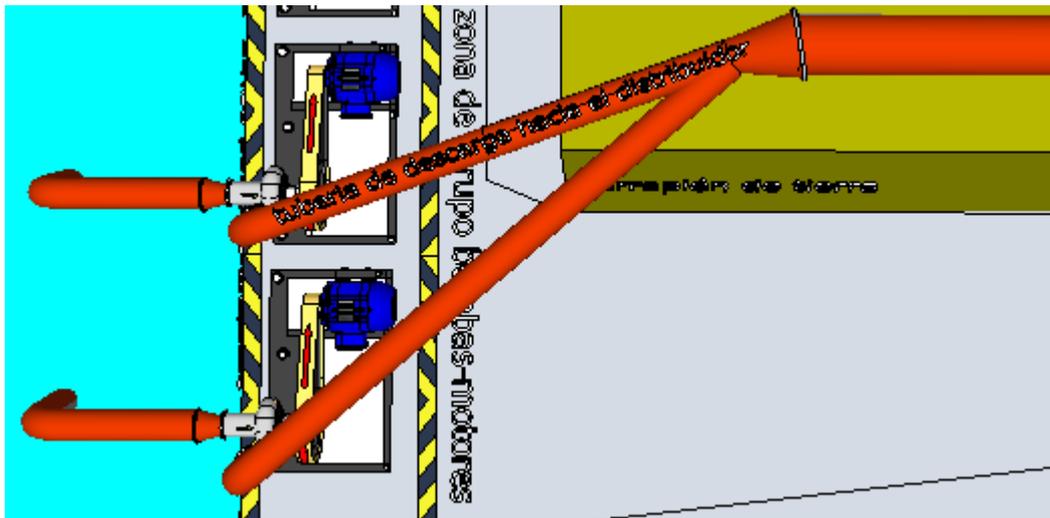
Esta tubería también **contara con un tubo difusor excéntrico de 400/600** milímetros y un **codo a 90° de gran curvatura** de diámetro 600 mm, ambos elementos también provistos por Falmetal S.R.L.

Se colocaran a lo largo de la misma **dos válvulas de venteo** con el propósito de aliviar depresiones en caso de vaciado brusco de la tubería.

Esta tubería tendrá **una longitud de 155 metros**.

b) Tubería para caudal 3900 m³/h.

Elemento	Diámetro	Cantidad	Proveedor
Curva de 90°	600 mm	4	FALMETAL S.R.L
Válvula exclusiva	600 mm	4	FALMETAL S.R.L
Tubo difusor	400 / 600 mm	4	FALMETAL S.R.L
Válvula de retención	600 mm	4	FALMETAL S.R.L
Unión en forma de Y	600 mm	2	FALMETAL S.R.L
Tubo difusor	600 / 900 mm	2	FALMETAL S.R.L
Válvula de venteo	900 mm	4	FALMETAL S.R.L



En este caso la tubería estará destinada al transporte del caudal producido por dos de las bombas, resultando este de 3900 m³/h. Por lo tanto este tramo será conformado por:

La **descarga** de cada bomba **individual** será de **diámetro 600 milímetros** ya que por este tramo circula un caudal de 1950 m³/h al igual que para el caso de la bomba que trabaja individual.

Por lo tanto se utilizarán tubos de acero comercial de 600 milímetros de diámetro con un espesor de 3/16 de pulgada, la **longitud del tramo** será de **2,5 metros**.

Además este tramo deberá contar con un **codo a 90° de gran curvatura** de diámetro 600 mm y un tubo difusor excéntrico de 400 / 600 milímetros.

Todos estos elementos constructivos serán fabricados por la empresa metalúrgica Falmetal S.R.L.

También se dispondrá en este trayecto de la tubería de **una válvula exclusiva** para realizar el cierre en caso de que la bomba que alimenta dicha tubería no esté funcionando y de una **válvula de retención tipo clapeta**.

Llegando con **los dos conductos de salida**, en este punto **se los unirá** a través de **una unión Te en forma de “Y”** de diámetro 600 milímetros, elemento que será provisto por metalúrgica Falmetal S.R.L.

La **salida de la unión en Te** será unida a una tubería que desembocara en el distribuidor, esta **tendrá una longitud de 152,5 metros**. A través de la ecuación del diámetro económico se calculara el diámetro necesario.

De esta manera **se adoptaran** para la construcción **tubos** de acero comercial **de 900 mm de diámetro** y espesor de la pared de 3/16 de pulgada, los cuales son fabricados por la metalúrgica Falmetal S.R.L.

También se deberán utilizar un **tubo difusor excéntrico de 600 / 900 milímetros** para acoplar la salida de la Te con la tubería, este elemento será provisto por la misma empresa metalúrgica.

Además se colocaran a lo largo del conducto dos válvulas de venteo con el propósito de aliviar depresiones en caso de vaciado brusco de la tubería.

“Se debe considerar que un grupo de tubería ya se encuentra instalado y funcionando a través de motores diesel.”

4. Motores.

Marca	Modelo	Potencia	Cantidad
WEG	W22	90 KW	6

Se optó por la instalación de **seis motores eléctricos** distribuidos en dos grupos de tres motores ya que se dispondrá de dos transformadores los cuales alimentaran por separado cada uno de los grupos.

Cada motor eléctrico **ira ubicado sobre una estructura metálica**, la cual se encuentra empotrada en la cimentación de hormigón a través de un **perfil L 30x30x3**.

Estas bases son **construidas de perfil UPN 100-150 y planchuelas de espesor $\frac{3}{4}$ y de $\frac{1}{2}$ pulgada**. Los detalles y dimensiones de la estructura se encuentran en el Plano N° 5 “Base de Motor Eléctrico 90 kW”.

Además estas bases cuentan con **correderas** destinadas **para tensionar las correas** que comunican el motor con la bomba.

Los motores seleccionados son de **cuatro polos** para una tensión de trabajo **220 / 380 V** ya que para la puesta en marcha se utilizara un arrancador suave para cinco de los motores y el restante constara con un variador de frecuencia.

Los mismos son de la marca WEG y sus características las vemos especificadas a continuación:

a) Datos electricos.

W22 Carcasa de Hierro Gris - Premium Efficiency - IE3



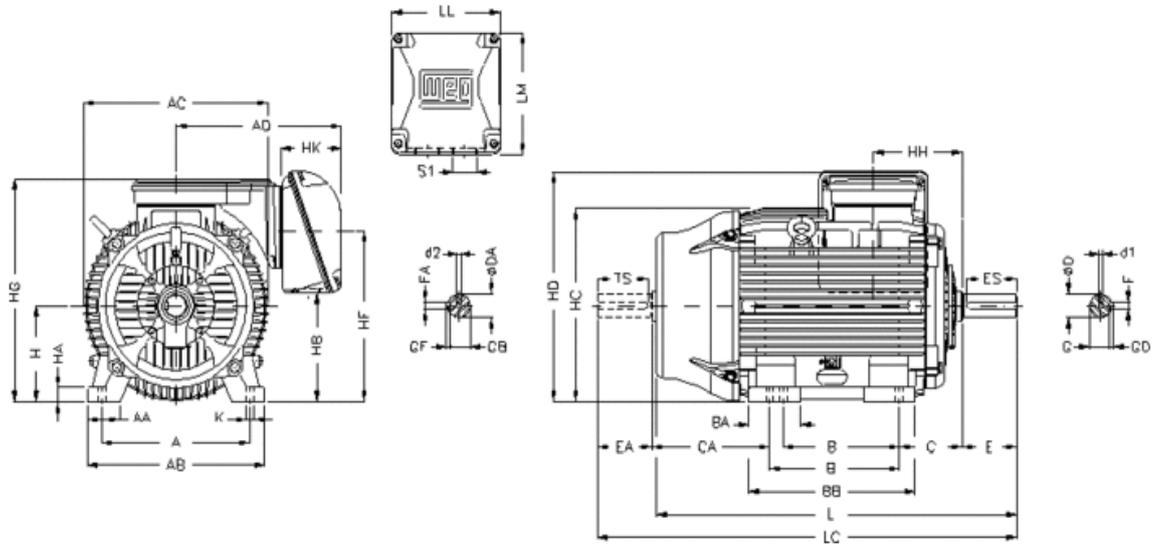
Características

- Carcasa: 280 S/M
- Potencia: 90 kW
- Frecuencia: 50 Hz
- Polos: 4
- Rotación nominal: 1485
- Deslizamiento: 1,00 %
- Voltaje nominal: 220/380 V
- Corriente nominal: 287/166 A
- Corriente de arranque: 2130/1230 A
- I_p / I_n : 7,4
- Corriente en vacío: 104/60,0 A
- Par nominal: 579 Nm
- Par de arranque: 230 %
- Par máxima: 280 %
- Categoría: N
- Clase de aislación: F
- Elevación de temperatura: 80 K
- Tiempo de rotor bloqueado: 25 s (caliente)
- Factor de Servicio: 1,00
- Régimen de servicio: S1
- Temperatura Ambiente: -20°C – +40°C
- Altitud: 1000 m
- Protección: IPW55
- Masa aproximada: 777 kg
- Momento de inercia: 2,5518 kgm²
- Nivel de ruido: 69 dB(A)

Factor de Potencia		
50%	75%	100%
0,74	0,82	0,86

Rendimiento (%)		
50%	75%	100%
95,0	95,5	95,8

b) Características físicas.



A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB	C	CA	D
457	100	557	599	445	368/419	151	517	190	385/334	75m6
E	ES	F	G	GD	DA	EA	TS	FA	GB	GF
140	125	20	67.5	12	65m6	140	125	18	58	11
H	HA	HB	HC	HD	HF	HG	HH	HK	K	L
280	42	386	580	700	572	686	266	147	24	1071
LC	LL	LM	S1				d1		d2	
1223	314	312	2xM63x1,5				DM20		DM20	

	Delantero	Trasero
Rodamiento	6316 C3	6316 C3
Intervalo de lubricación	13000 h	13000 h
Cantidad de grasa	34 g	34 g

5. Análisis de costos gas oíl vs energía eléctrica.

Si se compara el **consumo por hectárea** para el riego de arroz utilizando combustible **diesel vs energía eléctrica** los resultados que se obtienen los apreciamos en la siguiente tabla:

Consumo energético por hectárea de sembrado en una campaña.	
Combustible Diesel	Energía eléctrica
190 l / ha / campaña	500 kW / ha / campaña

Si a estos valores los afectamos por el costo en pesos de ambos tipos de energía (de $1,06 \frac{\$}{kWh}$ para energía eléctrica y de $12,50 \frac{\$}{l}$ para el gas oíl) podemos obtener el ahorro económico que obtendría el productor en una campaña.

Costo del riego por hectárea en una campaña	
Costo combustible Diesel	Costo energía eléctrica
2350 \$ / ha / campaña	540 \$ / ha / campaña

Lo que arroja un **ahorro de \$ 1800** por campaña por hectárea de cultivo, lo que representa un 77 % menos de gastos en energía.

6. Conductores eléctricos.

El tendido de los conductores eléctricos se dividirá en dos tramos, los cuales estarán comprendidos por:

- Tramo transformador – Tablero general.
- Tramo Tablero secundario – Motor.

6.1. Tramo transformador - tablero general.

Marca	Sección	Modelo	Tipo	Disposición
PRYSMIAN	150/70 mm ²	Sintenax Valio	Tetrapolar	Directamente enterrado

En este tramo se utilizarán **dos conductores tetrapolares** directamente enterrados **en paralelo** con una sección de **150/70 mm²**, transportando cada uno de ellos la mitad del total de las cargas.

El conductor seleccionado es de la marca “Prysmian”, modelo **Sintenax Valio**, debido a que son cables diseñados para distribución de energía en baja tensión en edificios e instalaciones industriales, en tendidos subterráneos o sobre bandejas. Especialmente aptos para instalaciones en industrias y empleos donde se requiera amplia maniobrabilidad y seguridad ante la propagación de incendios.

Dicho conductor tiene las características:

Sintenax Valio							
Características técnicas- Cables con conductores de cobre							
Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	ohm/km
150/70	-	1,8/1,4	2,4	42	5546	0,150	0,0720

Tetrapolares (almas de color marrón, negro, rojo y azul claro)

Sección nominal	Método D1 Caño enterrado	Método D1 Caño enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado
mm ²	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
150	-	258	363	-	325

(12) Un cable bipolar
 (13) Un cable tripolar o tetrapolar
 (14) Tres cables unipolares
 (15) Un cable Bipolar
 (16) Un cable Tripolar o Tetrapolar

El tendido de los conductores de este tramo lo vemos en detalle en el Plano N°7 “Tendido de Conductores de Baja Tensión”.

6.2. Tramo tablero secundario – motor.

Marca	Sección	Modelo	Tipo	Disposición
PRYSMIAN	95 mm ²	Sintenax Valio	Tripolar	Sobre bandeja no perforada

Se utilizara en este tramo un **conductor tripolar** con una sección de **95 mm²**, la disposición de estos conductores es sobre bandeja no perforada o de fondo solido.

El conductor seleccionado es de la marca “Prysmian”, **modelo Sintenax Valio**, debido a que son cables diseñados para distribución de energía en baja tensión en edificios e instalaciones industriales, en tendidos subterráneos o sobre bandejas. Especialmente aptos para instalaciones en industrias y empleos donde se requiera amplia maniobrabilidad y seguridad ante la propagación de incendios.

Dicho conductor tiene las características:

Sintenax Valio							
Características técnicas- Cables con conductores de cobre							
Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	ohm/km
Tripolares (almas de color marrón, negro y rojo)							
95	12,7	1,6	2,1	33	3208	0,232	0,0733

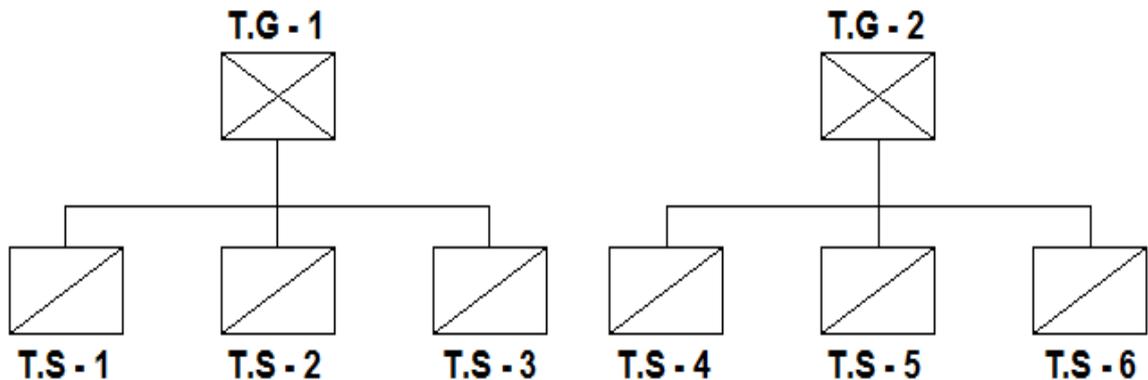
Sección nominal	Método B1 y B2 Embutido en pared Caño a la vista	Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido	Método E Bandeja perforada
mm ²	(1) (2)	(3) (4)	(5) (6)
95	-	156	224
		194	245
			207

(1) Un cable bipolar.
 (2) Un cable tripolar o tetrapolar
 (3) Un cable bipolar o dos cables unpolares
 (4) Un cable tripolar o tetrapolar o tres cables unpolares

El tendido de los conductores de este tramo lo vemos en detalle en el Plano N°7 “Tendido de Conductores de Baja Tensión”.

7. Tableros.

La distribución de los tableros será de **dos tableros generales**, uno para cada transformador, los cuales alimentaran **tres tableros secundarios cada uno**.



Los dos tableros generales difieren en su composición en que el TG-1 contara con protecciones monofásicas para circuitos de vivienda del aguador, iluminación y de uso general, los demás elementos constitutivos serán los mismos.

Los tableros secundarios numerados del 1 al 5 estarán compuestos cada uno de los mismos elementos, mientras que el número 6 será distinto a los demás ya que el mismo dispondrá del variador de frecuencia para el motor destinado a la regulación de caudal.

7.1. Tablero general 1.

Este tablero general estará compuesto de los elementos de protección que se detallaran en la siguiente tabla.

Elemento	Cantidad	Poder de corte necesario
Interruptor termomagnético general (tetrapolar)	1	23,8 kA
Relé Vigirex	1	23,8 kA
Interruptor termomagnético trifásico	1	23,8 kA
Interruptor termomagnético monofásico	3	23,8 kA
Interruptor diferencial monofásico	2	23,8 kA

El conexionado y distribución interna de los elementos en el tablero se encuentra en el Plano N° 8 “Diagrama de Potencia Tablero General 1” y Plano N° 16 “Botonera-Señales Tablero General 1”.

A continuación se detalla la selección de los diferentes elementos que componen este tablero.

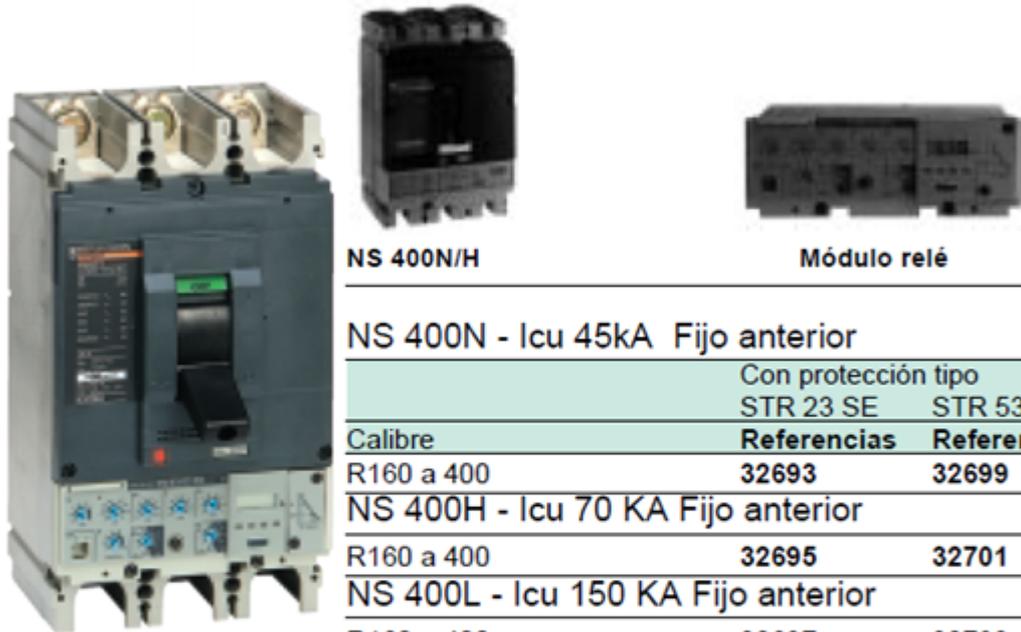
7.1.1. Interruptor termomagnético general.

Marca	Modelo	Código	Poder de Corte	Cantidad
SCHNEIDER	Tetrapolar compact NS 630N	32893	45 KA	1

En tablero general también se colocará un interruptor termomagnético general, el mismo se seleccionó del catálogo “Schneider” resultando un **interruptor tetrapolar Compact NS630 N** con un Pdc de 45 kA, **código 32893**.

El interruptor utilizado posee las siguientes características:

Compact NS 400/630 Series N, H y L Tripolares



	NS 400N/H	Módulo relé
NS 400N - Icu 45kA Fijo anterior		
		Con protección tipo
		STR 23 SE
		STR 53 UE
Calibre	Referencias	Referencias
R160 a 400	32693	32699
NS 400H - Icu 70 KA Fijo anterior		
R160 a 400	32695	32701
NS 400L - Icu 150 KA Fijo anterior		
R160 a 400	32697	32703
NS 630N - Icu 45 KA Fijo anterior		
R250 a 630	32893	32899
NS 630H - Icu 70 KA Fijo anterior		
R250 a 630	32895	32901
NS 630L - Icu 150 KA Fijo anterior		
R250 a 630	32897	32903

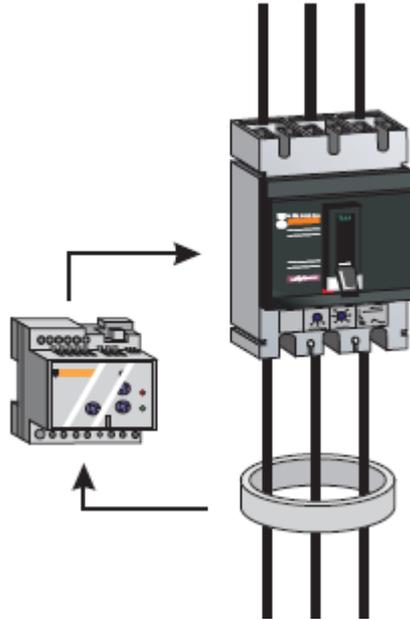
Características interruptores automáticos Compact				NS630			
Número de polos				3	4		
Mando	Manual	Con empuñadura		■			
		Rotativo directo o prolongado		■			
Conexión	Eléctrico	Fija	Toma anterior	■			
			Toma posterior	■			
	Extraíble con zócalo	Toma anterior	■				
		Toma posterior	■				
	Extraíble con chasis	Toma anterior	■				
		Toma posterior	■				
Características eléctricas según CEI-EN 60947-2							
Intensidad asignada (A)	I_n	40 °C	630				
		65 °C	500				
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i	750					
Ten. asignada soportada al impulso (kV)	U_{imp}	8					
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz	690				
		CC	500				
Tipo de interruptor automático				N	H	L	
Poder de corte último (kA eff.)	I_{cu}	CA	220/240 V	85	100	150	
			50/60 Hz	380/415 V	50	70	150
				440 V	42	65	130
				500 V	30	50	70
				525 V	22	35	50
			660/690 V	10 ⁽²⁾	20 ⁽²⁾	35 ⁽²⁾	
		CC	250 V (1 polo)	–	85	–	
			500 V (2 p. en s.)	–	85	–	
		Poder de corte de servicio (kA eff.)	I_{cs}	% I_{cu}	100 %		
		Aptitud al seccionamiento				■	
Categoría de empleo				A			
Resistencia (ciclos F/0)	Mecánica				15.000		
	Eléctrica	440 V	$I_n/2$	8.000			
I_n			4.000				
Características eléctricas según NEMA AB1				N	H	L	
Poder de corte (kA)	240 V		83	100	200		
	480 V		42	65	130		
	600 V		20	35	50		
Características eléctricas según UL508				N	H	L	
Poder de corte (kA)	240 V		85	85	–		
	480 V		42	65	–		
	600 V		30	30	–		
Protecciones y medidas							
Bloques de relés (electrónico)			STR53 (elect.)				
Protección contra las sobrecargas	Largo retardo $I_r (I_n \times \dots)$		■				
Protección contra los cortocircuitos	Corto retardo $I_{sc} (I_r \times \dots)$		■				
	Instantánea $I_i (I_n \times \dots)$		■				
Protección contra los defectos a tierra	$I_g (I_n \times \dots)$		■				
Selectividad lógica	ZSI		■				
Potección diferencial adicional	Por bloque Vigi		■				
	Por relé Vigirex asociado		■				
Medida de intensidades				■			
Auxiliares de medida, señalización y mando complementarios							
Contactos de señalización							
Bobinas de disparo a emisión de corriente MX y a mínima tensión MN							
Indicador de presencia de tensión							
Bloque transformadores de intensidad y bloque amperímetro							
Bloque de vigilancia de aislamiento							
Comunicación a distancia mediante Bus							
Señalización del estado de los aparatos				■			
Mando a distancia del aparato				■			
Transmisión de las regulaciones de los selectores				■			
Señalización e identificación de las protecciones				■			
Transmisión de las intensidades medidas				■			
Instalación							
Accesorios	Pletinas y espaciadores						
	Cubrebornes y separadores de fase						
	Marcos de puerta						
Dimensiones (mm) L x H x P	Fijo, toma anterior		2-3P/4P	/ 185 x 255 x 110			
Peso (kg)	Fijo, toma anterior		3P/4P	/ 7,8			
Inversores de redes (ver capítulo de inversores de redes)							
Inversores manuales, con mando eléctrico o automatismo							

Tabla H2-3-061: interruptores automáticos Compact NS100-NS630.

7.1.2. Relé Vigirex.

Marca	Modelo	Código	Cantidad
SCHNEIDER	Vigirex RH99M	56173	1

El interruptor **NS compact 630N** tiene la opción de **instalar protección diferencial mediante la utilización del relé Vigirex** asociado.

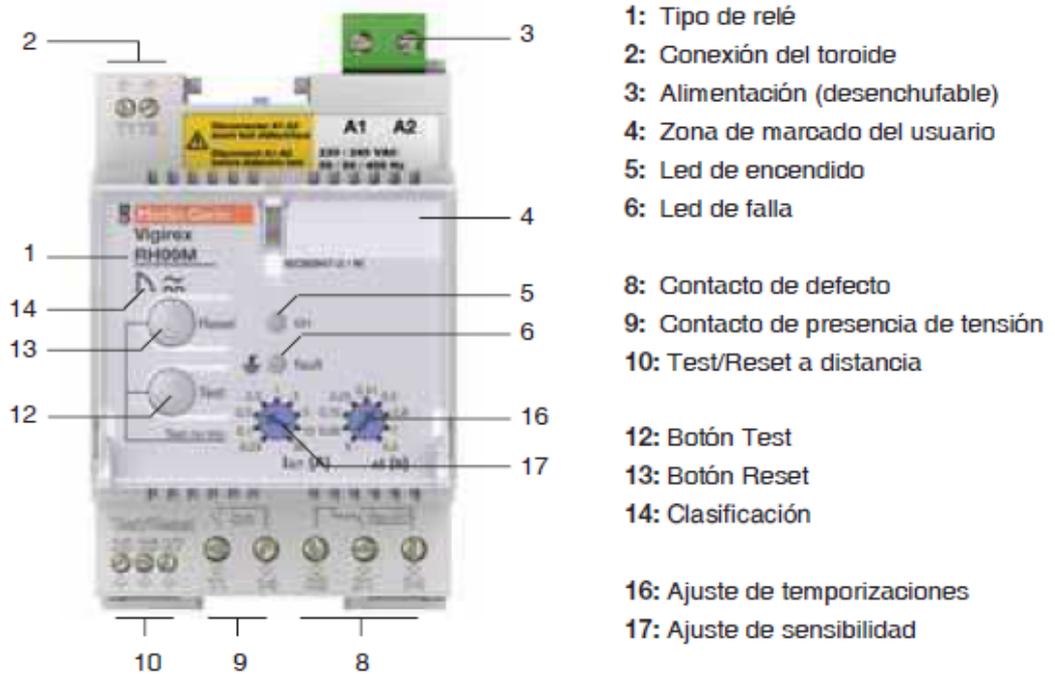


Por lo tanto para cumplir con la protección diferencial **se seleccionó** el relé Vigirex marca “Schneider” modelo **Vigirex RH99M**. El mismo cuenta con las siguientes características.

- Código: **56173**



Alimentación	referencia
12 a 24 VAC - 12 a 48 VDC	50/60 Hz 56170
48 VAC	50/60 Hz 56171
110 a 130 VAC	50/60 Hz 56172
220 a 240 VAC	50/60/400 Hz 56173
380 a 415 VAC	50/60 Hz 56174
440 a 525 VAC	50/60 Hz 56175



- 1: Tipo de relé
- 2: Conexión del toroide
- 3: Alimentación (desenchufable)
- 4: Zona de marcado del usuario
- 5: Led de encendido
- 6: Led de falla
- 8: Contacto de defecto
- 9: Contacto de presencia de tensión
- 10: Test/Reset a distancia
- 12: Botón Test
- 13: Botón Reset
- 14: Clasificación
- 16: Ajuste de temporizaciones
- 17: Ajuste de sensibilidad

7.1.2.1. Toroide para relé diferencial Vigirex.

Marca	Código	Corriente de Operación	Cantidad
SCHNEIDER	56053	1600 A	1

Se utilizara un **toroide rectangular** de la marca “Schneider” con una corriente de operación **de 1600 A y dimensiones 280x115 mm.**

- Código: **56053**



dimensiones internas (mm)	le corriente de operación	referencia
280 X 115	1600	56053
470 X 160	3200	56054

7.1.3. Interruptor termomagnético trifásico.

Marca	Modelo	Código	Poder de Corte	Cantidad
SCHNEIDER	Tripolar NG125N	18632 Curva C	25 KA	1

Se seleccionó de catálogo “Schneider” **interruptor automático tripolar** sistema **multi 9**, **modelo NG125N** con una I_n de 10 A, curva C con un $P_{dc} = 25KA$.

Interruptores automáticos NG125N curvas B, C y D

3 polos
protegidos
Ancho de paso
en 9mm: 9



25kA - IEC 947.2

3 polos

I_n (A)	Referencias		
	curva B	curva C	curva D
10		18632	
16		18633	

7.1.4. Interruptor termomagnético monofásico.

El tablero general **contara con tres interruptores termomagnéticos bipolares**, uno para el circuito que alimentara la vivienda del aguador, otro para el circuito de iluminación y el restante para el circuito de tomas de uso general.

7.1.4.1. Interruptor termomagnético para circuito vivienda.

Marca	Modelo	Código	Poder de Corte	Cantidad
SCHNEIDER	Bipolar NG125N	18626 Curva C	25 KA	1

Se seleccionó de catálogo “Schneider” **interruptor automático bipolar** sistema **multi 9**, **modelo NG125N** con una In de 40 A, curva C con un Pdc = 25KA.

2 polos protegidos
Ancho de paso en 9mm: 6



2 polos

In (A)	Referencias		
	curva B	curva C	curva D
10		18621	
16		18622	
20		18623	
25		18624	
32		18625	
40		18626	
50		18627	
63		18628	
80		18629	

7.1.4.2. Interruptor termomagnético para circuito iluminación.

Marca	Modelo	Código	Poder de Corte	Cantidad
SCHNEIDER	Bipolar NG125N	18621 Curva C	25 KA	1

Se selecciono de catálogo “Schneider” **interruptor automático bipolar** sistema **multi 9**, **modelo NG125N** con una In de 10 A, curva C con Pdc=25KA.

2 polos protegidos
Ancho de paso en 9mm: 6



2 polos

In (A)	Referencias		
	curva B	curva C	curva D
10		18621	
16		18622	
20		18623	
25		18624	
32		18625	
40		18626	

7.1.4.3. Interruptor termomagnético para circuito de uso general.

Marca	Modelo	Código	Poder de Corte	Cantidad
SCHNEIDER	Bipolar NG125N	18623 Curva C	25 KA	1

Se Utilizara un **interruptor automático bipolar** sistema **multi 9** de catálogo “Schneider”, **modelo NG125N** con una In de 25 A, curva C con Pdc = 25KA.

2 polos
protegidos
Ancho de paso
en 9mm: 6



2 polos

In (A)	Referencias		
	curva B	curva C	curva D
10		18621	
16		18622	
20		18623	
25		18624	
32		18625	
40		18626	

7.1.5. Interruptor diferencial.

El tablero general portara **dos interruptores diferenciales monofásicos**, uno para el circuito de iluminación y el restante para el circuito de tomas de uso general.

7.1.5.1. Interruptor diferencial para circuito iluminación.

Marca	Código	Sensibilidad	Cantidad
SCHNEIDER	16201 Clase AC	30 mA	1

Se colocara un **interruptor diferencial** marca “Schneider” sistema **multi 9 tipo iD** para uso industrial, el mismo tiene una **sensibilidad de 30 mA** y una **In de 25 A**.



N° de polos	tensión V	sensibilidad (mA)	calibre (A)	referencias ID clase AC
instantáneos				
2 polos	230	10	25	16200
		30	25	16201
		30	40	16204
		30	63	16208
		30	80	16212
		300	25	16202
		300	40	16206
		300	63	16210

7.1.5.2. Interruptor diferencial para circuito de uso general.

Marca	Código	Sensibilidad	Cantidad
SCHNEIDER	16201 Clase AC	30 mA	1

Para este circuito se selecciona de catálogo “Schneider” **interruptor diferencial sistema multi 9 tipo iD** para uso industrial, el cual posee una **sensibilidad de 30 mA** y una **In de 25 A**.



N° de polos	tensión V	sensibilidad (mA)	calibre (A)	referencias ID clase AC
instantáneos				
2 polos	230	10	25	16200
		30	25	16201
		30	40	16204
		30	63	16208
		30	80	16212
		300	25	16202
		300	40	16206
		300	63	16210

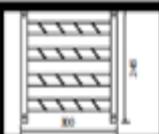
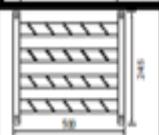
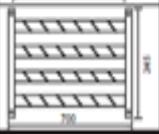
7.1.6. Distribuidores de entrada.

Marca	Código	N° de Barras	Cantidad
NOLLMANN	HD 34310	3+1	1

Para la conexión de los dos conductores que llegan del transformador al tablero general se colocara un **distribuidor tipo juego de barras**, el mismo se seleccionó de la marca “Nollmann” **de 3+N**, teniendo las siguientes dimensiones:



Distribuidores III + III N 630A y 690V

Cotas	Ancho	Intens. Amp.	N° de barras	Sección (mm.) Ancho x esp.	Código	Coef.1
	300	300	4	20 x 5	HD34205	97,50
		370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD34255	104,65
		429	3+1	30 x 5 + 20 x 5	HD34305	109,20
		630	3+1	30 x 10 + 30 x 5	HD34310	135,85
	500	300	4	20 x 5	HD54205	107,25
		370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD54255	121,55
		429	3+1	30 x 5 + 20 x 5	HD54305	128,70
		630	3+1	30 x 10 + 30 x 5	HD54310	173,55
	700	300	4	20 x 5	HD74205	114,40
		370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD74255	137,80
		429	3+1	30 x 5 + 30 x 5	HD74310	209,95



7.1.7. Distribuidores de salida.

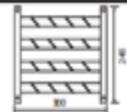
Marca	Código	N° de Barras	Cantidad
NOLLMANN	HD 54310	3+1	1

Para la conexión de los circuitos de salida del tablero general a los distintos tableros secundarios se colocara un **distribuidor tipo juego de barras**.

Por lo cual se seleccionó un distribuidor de la marca NOLLMANN de **3+N**, con las siguientes dimensiones:



Distribuidores III + III N 630A y 690V

Cotas	Ancho	Intens. Amp.	N° de barras	Sección (mm.) Ancho x esp.	Código	Coef.1
	300	300	4	20 x 5	HD34205	97,50
		370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD34255	104,65
		429	3+1	30 x 5 + 20 x 5	HD34305	109,20
		630	3+1	30 x 10 + 30 x 5	HD34310	135,85
	500	300	4	20 x 5	HD54205	107,25
		370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD54255	121,55
		429	3+1	30 x 5 + 20 x 5	HD54305	128,70
		630	3+1	30 x 10 + 30 x 5	HD54310	173,55
	700	300	4	20 x 5	HD74205	114,40
		370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD74255	137,80
		429	3+1	30 x 5 + 30 x 5	HD74310	209,95



7.1.8. Barras flexibles.

Marca	Código	Corriente
GENROD	119821	630 A

La **interconexión de los distintos componentes** del tablero se realizara por **medio de barras flexibles**, las mismas se seleccionaron del catálogo “Genrod” para una corriente de 630 A, resultando el siguiente modelo:

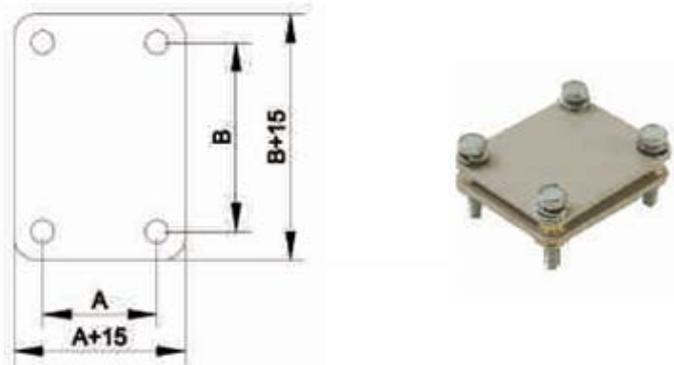
- Código: 119821.
- Dimensiones: ancho (B) = 32 mm, espesor (C) = 1mm y láminas (A) = 5.



7.1.8.1. Prensa barras para unión en cruz.

Marca	Código
GENROD	119943

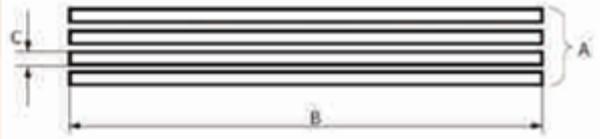
Para unir las barras flexibles con las rígidas se utilizaran prensa barras para unión en cruz marca “Genrod”.



Las barras seleccionadas poseen las siguientes características:

- Código 119943
- Dimensiones: A = 40 mm y B = 50 mm.

Código (H) mm.	Para unir barras de (mm.)	Dimensiones	
		A	B
11 9942	40x10 / 20x5	30	50
11 9943	40x10 / 30x5	40	50
11 9944	40x10 / 40x10	50	50



7.1.9. Señales luminosas.

Marca	Código	Color	Cantidad
WEG	CSW-SD6	ámbar	3

Para la indicación de presencia de tensión se utilizarán por cada una de las fases, R - S - T, una lámpara color ámbar.

- Lámparas ámbar 22 mm.
- Código: CSW-SD6.
- Tensión: 220 Vca.



7.1.10. Pulsadores y llave.

Marca	Código	Cantidad
WEG	CSW-BESG	1
WEG	CK2F90	1

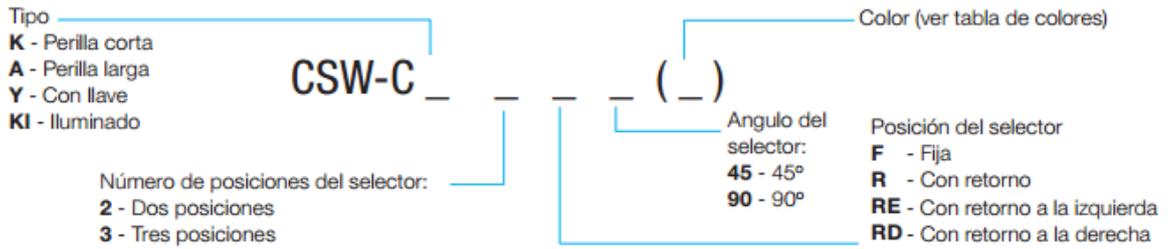
El tablero general contara con **un pulsador de parada de emergencia**, el mismo se selecciono de la marca WEG, resultando el siguiente modelo.

- Modelo: Línea CSW (diámetro 22 mm).
- Tipo: G – girar para soltar.
- Código: CSW-BESG.



También se colocara en este tablero **una selectora de dos posiciones** para poder seleccionar el modo de accionamiento manual o automático según se desee. El código de la misma es: **CK2F90**.





7.1.11. Voltímetro.

Marca	Código	Escala	Cantidad
THOMELEC	5TH-V72.500	0 V a 500 V	1

Este instrumento se selecciono del catalogo de la marca “Thomelec” optando por un **voltímetro analógico de hierro móvil clase 1,5** de dimensiones 72x72 mm con una **escala de 0 a 500 Volt**. Código del producto **5TH-V72.500**.



Voltímetros analógicos - CI = 1,5

Código	Descripción	Dimensión [mm]	VAC
5TH-V72.500	Voltímetro analógico hierro móvil	72 x 72	500

7.1.11.1. Selectora voltimétrica.

Marca	Código	N° Posiciones	Cantidad
THOMELEC	5TH-CV	6	1

Se colocara una **selectora voltimétrica** de medición, marca “Thomelec” con el propósito de que se pueda ir variando según la necesidad la tensión medida ya sea esta de fase o de línea. El **código del producto es 5TH-CV**.

Selectora voltimétrica 6 posiciones.

Conmutadoras de medición

Código	Descripción	VAC	Ith [A]
5TH-CV	Voltimétrica 6 posiciones TR-ST-RS- OFF -RN-SN-TN	380	20



7.1.12. Cosfímetro.

Marca	Código	Rango de Medición	Cantidad
THOMELEC	5TH-COSFI.220	0,5 Capacitivo a 0,5 Inductivo	1

Se selecciono del catalogo de la marca Thomelec un **cosfímetro analógico clase 1,5** de tamaño 96x96 mm para un **rango de medición de 0,5 capacitivo a 0,5 inductivo**. Código del producto **5TH-COSFI.220**, modelo para conexión en 220 Vca y entrada de corriente x/5 A.



Cosfímetro analógico, modelo para conexión en 220 Vca y entrada de corriente X/5, rango de medición de 0.5 capacitivo a 0.5 inductivo. Disponible en tamaño estándar: 96x96 mm.

Clase: 1,5

Cosfímetro analógico

Código	Descripción	Dimensión [mm]	VAC
5TH-COSFI.220	Cosfímetro analógico 96x96 monofásico X/5	96 x 96	220

7.1.12.1. Transformador de intensidad.

Marca	Código	Intensidad	Cantidad
THOMELEC	5TH-MSQ60.1000	1000/5 A	3

Para adecuar la corriente de medida a la apta por el instrumento de medición se colocaran **transformadores de intensidad de 1000/5A modelo 5TH-MSQ60.1000** seleccionado del catalogo de la marca “Thomelec”.



El mismo cuenta con las siguientes características:

Transformadores de intensidad - CI = 1

Código	Descripción	Potencia (VA)	Ventana	Diámetro
5TH-MSQ60.1000	T. de intensidad 1000/5A	15	60 x 21	46

7.1.13. Gabinete.

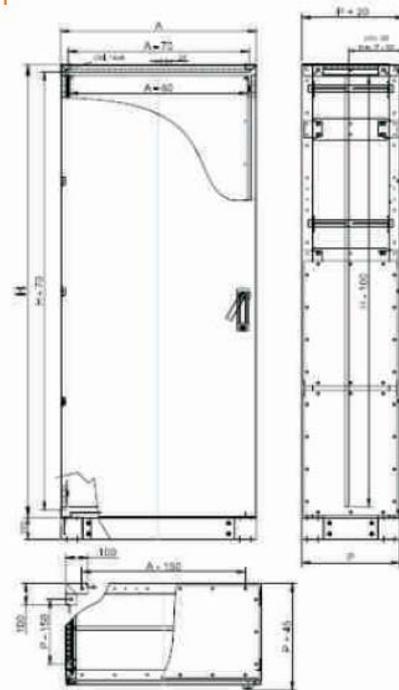
Marca	Código
GENROD	97977262

Se utilizaran para cada tablero general **gabinets** de la marca “Genrod” **componibles estándar con bandeja y laterales, código 97977262**. los mismos poseen las siguientes dimensiones:

- Altura (H) = 1800 mm.
- Ancho (A) = 600 mm.
- Profundidad (P) = 450 mm.



Conjunto general con dimensiones



7.1.13.1. Zócalos para gabinete.

Marca	Código
GENROD	971945601

Se colocaran **zócalos desmontables** diseñados para elevar los gabinetes sobre el nivel del piso y facilitar el acceso a las entradas de cables por debajo del mismo. Estos zócalos serán de marca “Genrod” y en el caso de los tableros generales se utilizara el **modelo 97 1945601 el cual tiene una altura de 100 mm.**



Zócalos desmontables alto 100 mm

Profundidad Gabinete (P) mm	Ancho Gabinete (A) en mm						
	200	300	450	600	750	900	1200
450	97 1920451	97 1930451	97 1945451	97 1945601	97 1945751	97 1945901	97 1945121

7.2. Tablero general 2.

El tablero general 2, alimentado por el transformador 2, estará compuesto por los mismos elementos que el TG - 1, con la excepción de los componentes destinados a la protección de circuitos monofásicos.

Entonces los elementos que lo conforman son:

Elemento	Cantidad	Poder de corte necesario
Interruptor termomagnético general	1	23,8 kA
Relé Vigirex	1	23,8 kA

El conexionado y distribución interna de los elementos en el tablero se encuentra en el Plano N° 9 “Diagrama de Potencia Tablero General 2” y Plano N° 18 “Botonera-Señales Tablero General 2”.

A continuación se detalla la selección de los diferentes elementos que componen este tablero.

7.2.1. Interruptor termomagnético general.

Marca	Modelo	Código	Poder de Corte	Cantidad
SCHNEIDER	Tetrapolar compact NS 630N	32893	45 KA	1

7.2.2. Relé Vigirex.

Marca	Modelo	Código	Cantidad
SCHNEIDER	Vigirex RH99M	56173	1

7.2.2.1. Toroide para relé diferencial Vigirex.

Marca	Código	Corriente de Operación	Cantidad
SCHNEIDER	56053	1600 A	1

7.2.3. Distribuidores de entrada.

Marca	Código	N° de Barras	Cantidad
NOLLMANN	HD 34310	3+1	1

7.2.4. Distribuidores de salida.

Marca	Código	N° de Barras	Cantidad
NOLLMANN	HD 54310	3+1	1

7.2.5. Barras flexibles.

Marca	Código	Corriente
GENROD	119821	630 A

7.2.5.1. Prensa barras para unión en cruz.

Marca	Código
GENROD	119943

7.2.6. Señales luminosas.

Marca	Código	Color	Cantidad
WEG	CSW-SD6	ámbar	3

Para la indicación de presencia de tensión se utilizarán por cada una de las fases, R - S - T, una lámpara color ámbar.



7.2.7. Pulsadores.

Marca	Código	Cantidad
WEG	CSW-BESG	1

El tablero general contará con un pulsador de parada de emergencia, el mismo se selecciono de la marca WEG, resultando el siguiente modelo.



7.2.8. Voltímetro.

Marca	Código	Escala	Cantidad
THOMELEC	5TH-V72.500	0 V a 500 V	1

7.2.8.1. Selectora voltimétrica.

Marca	Código	N° Posiciones	Cantidad
THOMELEC	5TH-CV	6	1

7.2.9. Cosfímetro.

Marca	Código	Rango de Medición	Cantidad
THOMELEC	5TH-COSFI.220	0,5 Capacitivo a 0,5 Inductivo	1

7.2.9.1. Transformador de intensidad.

Marca	Código	Intensidad	Cantidad
THOMELEC	5TH- MSQ60.1000	1000/5 A	3

7.2.10. Gabinete.

Marca	Código
GENROD	97977262

- Altura (H) = 1800 mm.
- Ancho (A) = 600 mm.
- Profundidad (P) = 450 mm.

7.2.10.1. Zócalos para gabinete.

Marca	Código
GENROD	971945601

7.3. Tablero secundario N° 1 al 5.

Los tableros secundarios numerados del 1 al 5 estarán conformados por los mismos elementos de protección, los cuales se detallaran en la tabla siguiente.

Elemento	Cantidad por tablero	Poder de corte necesario
Interruptor termomagnético	1 (total 5)	23,8 kA
Arrancador Suave	1 (total 5)	23,8 kA

El conexionado y distribución interna de los elementos en el tablero se encuentra en el Plano N° 10 “Diagrama de Potencia Tableros Secundarios 1 al 5” y Plano N° 10 “Diagrama de potencia Tablero Secundario 1 al 5”.

A continuación se detalla la selección de los elementos de protección necesarios como también los de medición y señalización.

7.3.1. Interruptor termomagnético.

Marca	Modelo	Código	Cantidad
WEG	Tripolar DWB 250	DWB 250N200-3 DF	5

Del catálogo “WEG” interruptores en caja moldeada estándar, para protección de circuitos eléctricos y motores se seleccionó **el modelo DWB 250 de 3 polos** con una capacidad de interrupción de cortocircuito máxima $I_{cc} = 35 \text{ KA}$ y para una corriente nominal de 200 A regulable entre 160 A y 200 A **con térmico ajustable y magnético fijo**. El mismo posee las siguientes características:

- Referencia: DWB 250N200-3DF.

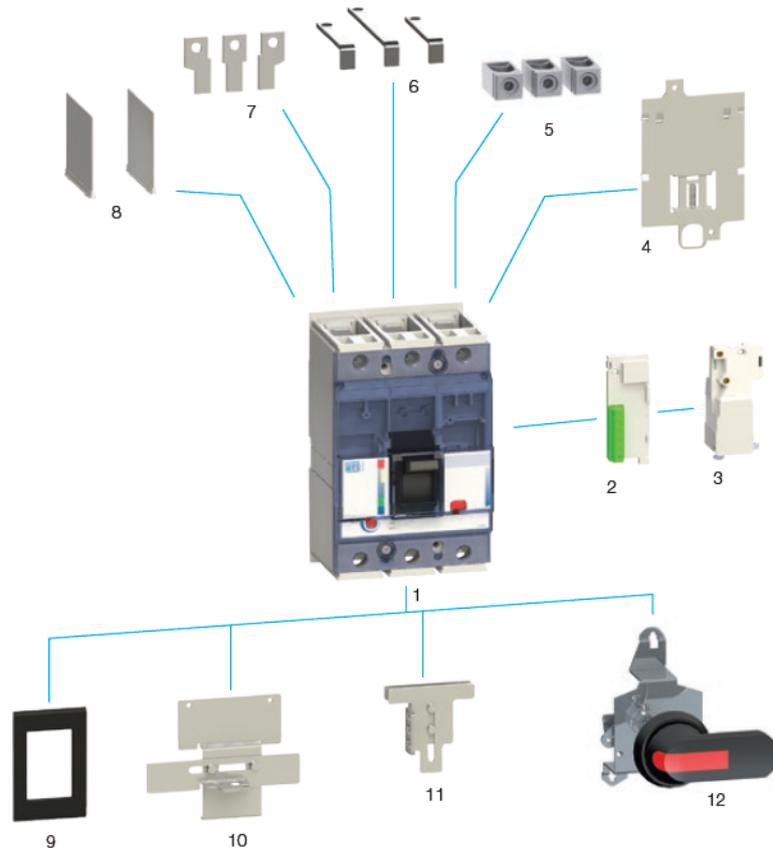
Interruptores en Caja Moldeada para Protección de Circuitos de Distribución - 2 y 3 Polos

DWB250

Corriente nominal (A)				Capacidad de interrupción de cortocircuito máxima Icu (kA)						Referencia	
In	Protección térmica ajuste de corriente		Protección magnética ajuste de corriente	220-240 V ca	380-415 V ca	440 V ca	460-500 V ca	525-550 V ca	660-690 V ca	3 polos	2 polos ¹⁾
	Mínima	Máxima		DWB250B - Térmico ajustable y magnético fijo							
200	160	200	2000	85	35	30	8	7	6	DWB250N200-3DF	DWB250N200-2DF

Accesorios

Visión General del DWB250



- 1 - Interruptor en caja moldeada DWB250
- 2 - Bloques de contactos auxiliares BC, bloques de alarma AL, bloques de contacto/alarma BCAL
- 3 - Bobina de apertura por mínima tensión BS, bobina de apertura a distancia BD
- 4 - Base para fijación rápida en riel DIN BFR DWB250 3P
- 5 - Terminal prensacable PC DWB250 3P
- 6 - Barras de extensión para conexión posterior CT DWB250 3P
- 7 - Barras de extensión BE DWB250 3P
- 8 - Separador de fases del DWB250 suministrado como estándar y como accesorio
- 9 - Marco frontal de puerta MP DWB250
- 10 - Enclavamiento mecánico BLIM DWB250 3P
- 11 - Bloqueo por candado PL DWB250
- 12 - Manija para accionamiento rotativo en puerta de tablero

Los accesorios a utilizar son la bobina de apertura a distancia y por mínima tensión.

7.3.2. Arrancador suave.

Marca	Modelo	Código	Cantidad
WEG	SSW-07 De 171 A	EXSS070171T5OZ	5

Se optó por la utilización de arrancadores suaves para la puesta en marcha de los motores debido a las diferentes ventajas que estos presentan.

Para ello **se seleccionó el arrancador suave** de la marca “WEG”, **modelo SSW-07 de 171 A.**

**POTENCIAS Y CORRIENTES NOMINALES CONFORME MOTORES WEG,
ESTÁNDAR, IP55, IV POLOS**

Modelo SSW-07	Tensión del Motor 220/230V		Tensión del Motor 380/400V		Tensión del Motor 440/460V		Tensión del Motor 525V		Tensión del Motor 575V	
	(cv)	(kW)	(cv)	(kW)	(cv)	(kW)	(cv)	(kW)	(cv)	(kW)
171 A	60	45	125	90	125	90	150	110	175	132

El arrancador suave **SSW-07** es un producto de alto desempeño lo cual **permite el control del arranque de motores de inducción trifásicos.** De esta forma, **se evitan golpes mecánicos en la carga y picos de corrientes en la red** de alimentación.

Especificación del modelo a pedir:

- EXSSW070171T5OZ = Arrancador suave SSW-07 de 171 A.
- Entrada trifásica 220-575 Vca con opcionales y con manual en inglés, español y portugués.

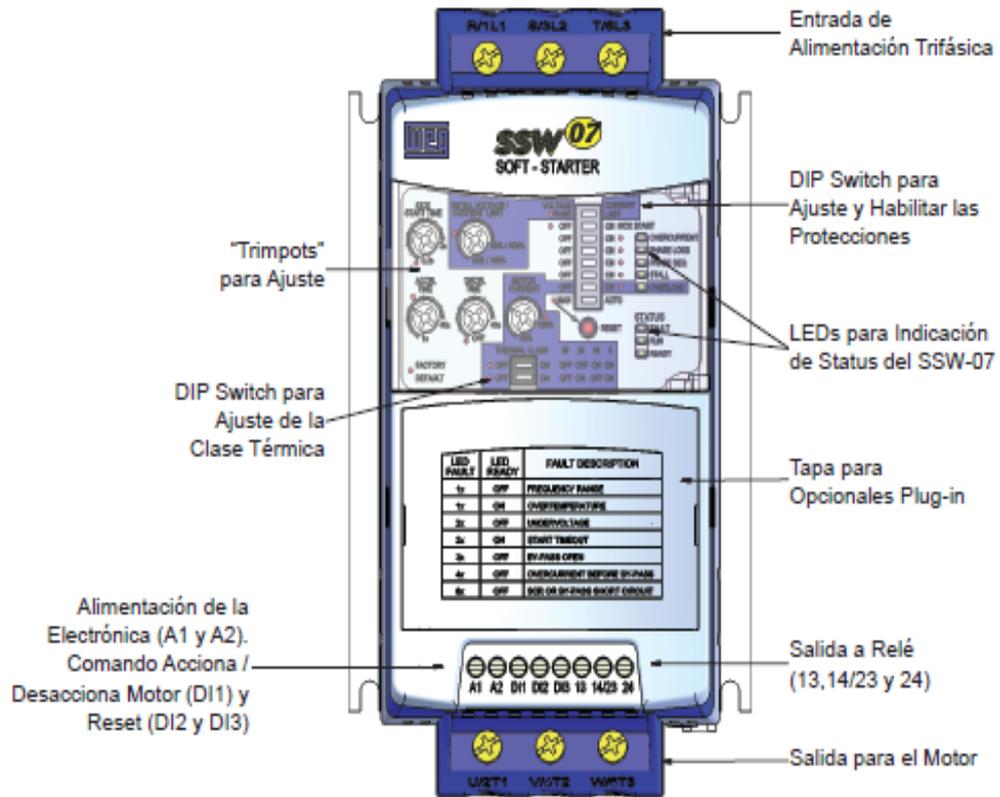


Figura 2.1 - Vista frontal del SSW-07

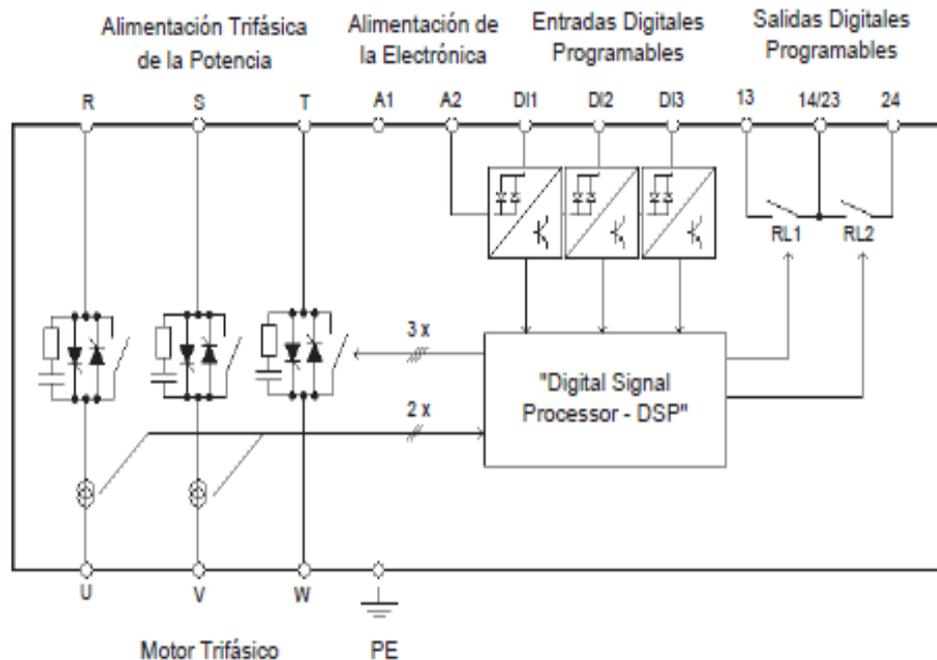


Figura 2.2 - Diagrama de bloques del Arrancador Suave SSW-07

7.3.3. Amperímetro.

Marca	Código	Escala	Cantidad
THOMELEC	5TH-A72.5A	0 a 500 A	5

Cada uno de los tableros secundarios contara con **un amperímetro analógico para tener un control visual de la corriente consumida.**

Este elemento se selecciono del catálogo de la marca “Thomelec” optando por un **amperímetro analógico de hierro móvil clase 1,5** de conexión indirecta x/5 A de tamaño 72x72 milímetros siendo el **código del producto 5TH-A72.5A.**

**Amperímetros analógicos hierro móvil para transformador In/5A - CI = 1,5**

Código	Descripción	Dimensión [mm]	In [A]
5TH-A72.5A	Amperímetro analógico p/TI	72 x 72	5
5TH-A96.5A	Amperímetro analógico p/TI	96 x 96	5

También se selecciono **la escala de 0 a 500 A** para dicho amperímetro, código del producto **5TH-E72.500A**.

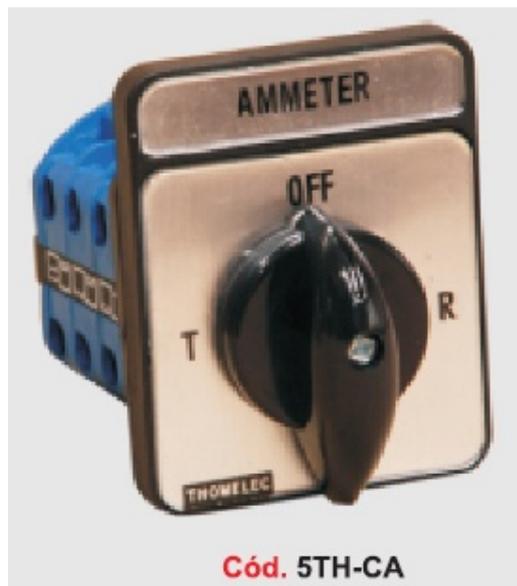
Escalas para amperímetros analógicos c/transformador In/5A

Código	Descripción	Dimensión [mm]
5TH-E72.500A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 500A	72 x 72

7.3.3.1. Selectora de medición.

Marca	Código	N° Posiciones	Cantidad
THOMELEC	5TH-CA	4	5

Además se colocara una **llave selectora de medición** la cual tiene como fin **poder ir optando por la lectura de corriente entre las tres fases**, código del producto **5TH-CA**.



Selectora amperométrica 4 posiciones.

Conmutadoras de medición

Código	Descripción	VAC	Ith [A]
5TH-CA	Amperométrica para TI /5A 4 posiciones R-S-T-OFF	380	20

7.3.3.2. Transformador de corriente.

Marca	Código	Intensidad	Cantidad
THOMELEC	5TH-MNQ40.500	500/5 A	15

Para realizar la medición se deberán colocar transformadores de corriente para reducir la corriente que circula por el conductor a un rango apto para el instrumento de medida, por lo que se optó por un **transformador de corriente 500/5 A modelo 5TH-MSQ40.500** seleccionado del catalogo de la marca “Thomelec”.



El mismo posee las siguientes características:

Transformadores de intensidad - CI = 1

Código	Descripción	Potencia (VA)	Ventana	Diámetro
5TH-MSQ40.500	T. de intensidad 500/5A	5	42 x 11	31

7.3.4. Señales luminosas.

Cada tablero secundario contara de una señal lumínica **que indique que el motor se encuentra en marcha (luz verde)** y una que se encenderá en caso de que el **motor se haya parado por alguna avería (luz roja)**.

Estos elementos se seleccionaron de la marca WEG, resultando los siguientes:

➤ Lámpara motor en marcha.

Marca	Código	Color	Cantidad
WEG	CEW-SM24D23	Verde	5

- Lámparas verde 22 mm.
- Código: CEW-SM24D23.
- Tensión: 220 Vca.

Lámpara piloto monobloco		
Color	Unibloc	Código de tensión
<ul style="list-style-type: none"> ○ SM0 ● SM1 ● SM2 ● SM3 ● SM4 	 <p>0,025 kg</p>	E25 - 12 V ca/cc E26 - 24 V ca/cc C14 - 110-130 V cc D13 - 110 V ca D23 - 220 V ca

➤ Lámpara indicadora de falla.

Marca	Código	Color	Cantidad
WEG	CEW-SM1D23	Rojo	5

- Lámparas verde 22 mm.
- Código: CEW-SM1D23.
- Tensión: 220 Vca.

Lámpara piloto monobloco		
Color	Unibloc	Código de tensión
<ul style="list-style-type: none"> ○ SM0 ● SM1 ● SM2 ● SM3 ● SM4 	 <p>0,025 kg</p>	E25 - 12 V ca/cc E26 - 24 V ca/cc C14 - 110-130 V cc D13 - 110 V ca D23 - 220 V ca

7.3.5. Pulsadores.

Cada tablero secundario contara con **un pulsador de marcha y uno de parada** que conectara o desconectara respectivamente al motor eléctrico que corresponda a ese tablero.

➤ Pulsadores de marcha.

Marca	Código	Color	Cantidad
WEG	CSW-BFI2	Verde	5

- Modelo: Línea CSW (diámetro 22 mm).
- Tipo rasante iluminado.
- Código: CSW-BFI2.



➤ Pulsadores de pare.

Marca	Código	Color	Cantidad
WEG	CSW-BCI1	Rojo	5

- Modelo: Línea CSW (diámetro 22 mm).
- Tipo Hongo iluminado.
- Código: CSW-BCI1.



7.3.6. Gabinetes.

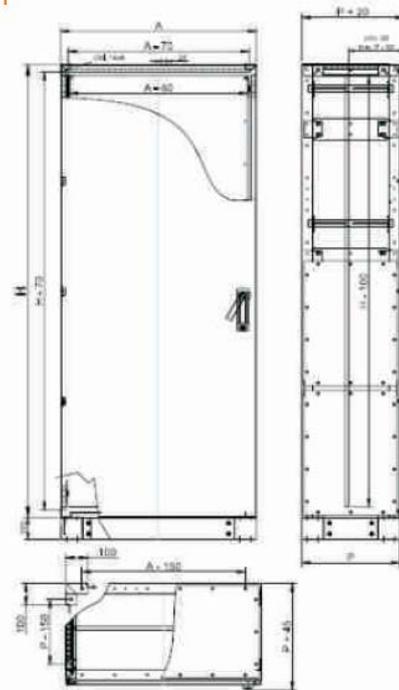
Marca	Código	Cantidad
GENROD	9797432	5

Se utilizaran **para cada tablero secundario del N° 1 al 5 gabinetes** de la marca "Genrod" **componibles estándar con bandeja y laterales, código 9797432. Los mismos poseen las siguientes dimensiones:**

- Altura (H) = 900 mm.
- Ancho (A) = 450 mm.
- Profundidad (P) = 450 mm.



Conjunto general con dimensiones

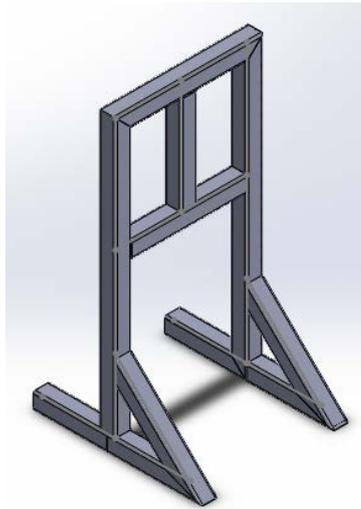


7.3.6.1. Base para gabinete.

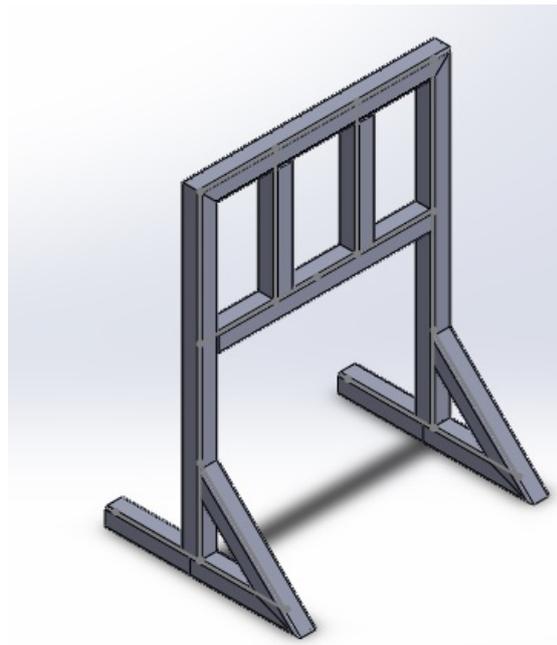
Estos tableros se montaran sobre una estructura para elevarlos del nivel del piso y así obtener una mejor visión, manejo y accesibilidad a los tableros.

La estructura es de tipo pórtico con tubos estructurales cuadrados ANSI de 4x4x0.25 pulgadas.

La estructura de soporte para los tableros TS-1 y TS-2 será la siguiente y sus detalles se encuentran en el Plano N° 11 “Estructura soporte Tablero Secundario TS-1 TS-2”.



Mientras que para los tableros TS-3, TS-4 y TS-5 la estructura la siguiente y sus detalles se encuentran en el Plano N° 12 “Estructura soporte Tablero Secundario TS-3 TS-4 TS-5”.



7.4. Tablero secundario N° 6.

Este tablero secundario será distinto de los demás ya que **portara el variador de frecuencia que controlará la bomba destinada a la regulación del caudal.**

Los elementos de protección que componen este tablero son:

Elemento	Cantidad	Poder de corte necesario
Interruptor termomagnético	1	23,8 kA
Convertidor de frecuencia	1	23,8 kA
Ventilador	1	-

El conexionado y distribución interna de los elementos en el tablero se encuentra en el Plano N° 13 “Diagrama de Potencia Tablero Secundario 6” y Plano N° 19 “Botonera-Señales Tablero Secundario 6”.

A continuación se detalla la selección de los elementos de protección necesarios como también los de medición y señalización.

7.4.1. Interruptor termomagnético.

Marca	Modelo	Código	Cantidad
WEG	Tripolar DWB 250	DWB 250N200-3 DF	1

Del catálogo “WEG” interruptores en caja moldeada estándar, para protección de circuitos eléctricos y motores se seleccionó el **modelo DWB 250 de 3 polos con una capacidad de interrupción de cortocircuito máxima $I_{cc} = 35 \text{ KA}$** y para una corriente nominal de 200 A regulable entre 160 A y 200 A con térmico ajustable y magnético fijo. El mismo posee las siguientes características:

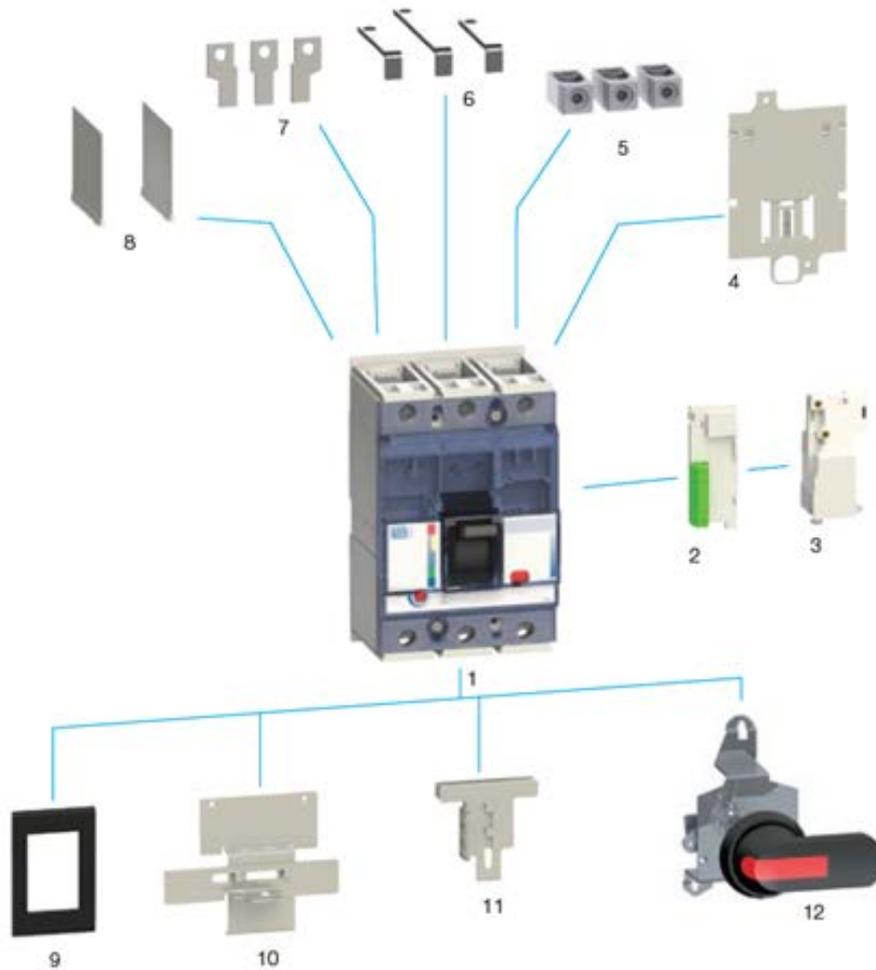
- Referencia: DWB 250N200-3DF.

Interruptores en Caja Moldeada para Protección de Circuitos de Distribución - 2 y 3 Polos

DWB250

Corriente nominal (A)				Capacidad de interrupción de cortocircuito máxima Icu (kA)						Referencia	
In	Protección térmica ajuste de corriente		Protección magnética ajuste de corriente	220-240	380-415	440	460-500	525-550	660-690	3 polos	2 polos ¹⁾
	Mínima	Máxima		V ca	V ca	V ca	V ca	V ca	V ca		
200	160	200	2000	85	35	30	8	7	6	DWB250N200-30F	DWB250N200-20F

Visión General del DWB250



- | | |
|---|---|
| 1 - Interruptor en caja moldeada DWB250 | 7 - Barras de extensión BE DWB250 3P |
| 2 - Bloques de contactos auxiliares BC, bloques de alarma AL, bloques de contacto/alarma BCAL | 8 - Separador de fases del DWB250 suministrado como estándar y como accesorio |
| 3 - Bobina de apertura por mínima tensión BS, bobina de apertura a distancia BD | 9 - Marco frontal de puerta MP DWB250 |
| 4 - Base para fijación rápida en riel DIN BFR DWB250 3P | 10 - Enclavamiento mecánico BLIM DWB250 3P |
| 5 - Terminal prensacable PC DWB250 3P | 11 - Bloqueo por candado PL DWB250 |
| 6 - Barras de extensión para conexión posterior CT DWB250 3P | 12 - Manija para accionamiento rotativo en puerta de tablero |

7.4.2. Convertidor de frecuencia.

Marca	Serie	Código	Cantidad
FUJI ELECTRIC	FRENIC-ECO	FRN90F1S	1

Se seleccionó el tipo de **arranque con convertidor de frecuencia** (inverter) de la marca FUJI ELECTRIC, de la serie FRENIC-ECO.

Para un motor de 90 Kw, una In =160 A y tensión 380 / 400 V, IP55 de 4 polos. Se tiene el siguiente modelo:

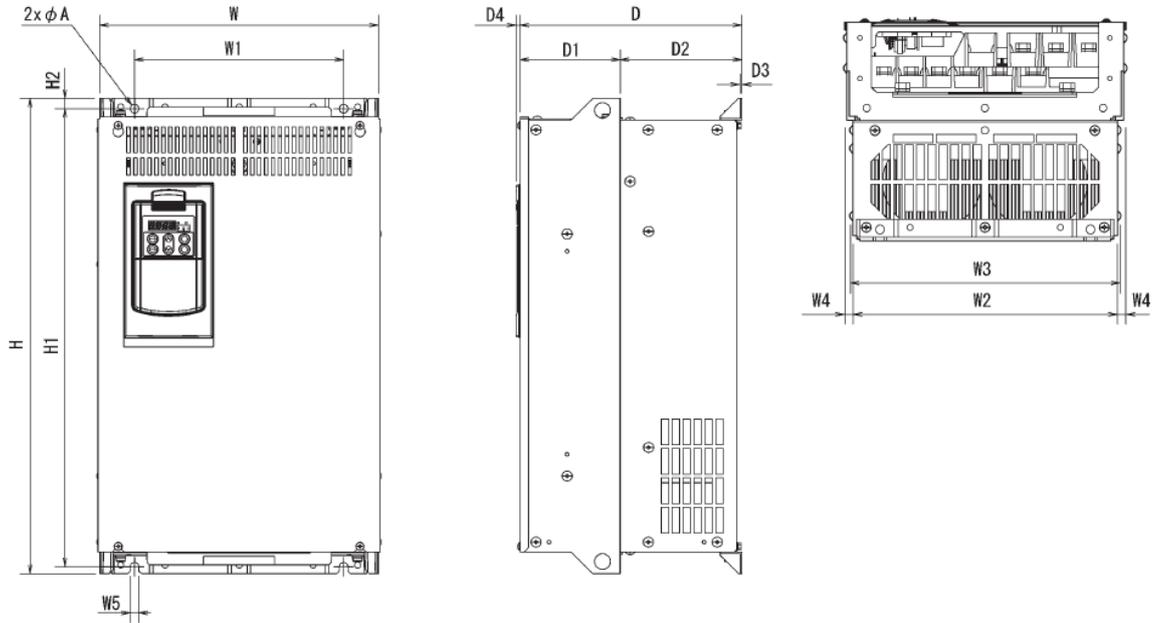
Tipo: **FRN90F1S-4E.**

Trifásico 400 V (75 a 560 kW)

Modelo		Especificaciones														
Tipo (FRN___F1S-4E)		75	90	110	132	160	200	220	280	315	355	400	450	500	560	
Potencia nominal motor (kW) *1		75	90	110	132	160	200	220	280	315	355	400	450	500	560	
Datos de salida	Potencia nominal (kVA) *2	105	128	154	182	221	274	316	396	445	495	563	640	731	792	
	Tensión nominal (V) *3	Trifásico, 380, 400 V/50 Hz, 380, 400, 440, 460 V/60 Hz (con función AVR)														
	Corriente nominal (A) *4	139	168	203	240	290	360	415	520	585	650	740	840	960	1040	
	Capacidad de sobrecarga	120% de la corriente nominal durante 1 min														
	Frecuencia nominal	50, 60 Hz														
Datos de entrada	Fases, voltaje, frecuencia	Alimentación principal	Trifásico, 380 a 440 V, 50 Hz o trifásico, 380 a 480 V, 60 Hz													
		Entrada de aliment. auxiliar de control	Monofásico, 380 a 440 V, 50Hz o monofásico, 380 a 480 V, 60Hz													
		Entrada de aliment. aux. del ventilador *5	Monofásico, 380 a 440 V/50 Hz Monofásico, 380 a 480 V/60 Hz													
	Tolerancia de voltaje/frecuencia	Voltaje: +10 to -15% (desequilibrio de voltaje: 2% o menos)*9, Frecuencia: +5 a -5%														
	Corriente nominal (A) *6	(con DCR)	138	164	201	238	286	357	390	500	559	628	705	789	881	990
	(sin DCR)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Potencia de alimentación (kVA)*7		96	114	140	165	199	248	271	347	388	435	489	547	611	686	
Frenado	Par (%) *8	10 a 15														
	Freno CC	Frecuencia de inicio: 0,0 a 60,0 Hz, Tiempo frenado: 0,0 a 30,0 s, Nivel frenado: 0 a 60%														
Inductancia CC (DCR)		Estándar														
Normas de seguridad aplicables		UL508C, C22.2 No.14, EN50178:1997														
Armario (IEC60529)		IP00, UL open type														
Método de refrigeración		Refrigeración con ventilador														
Peso (kg)		34	42	45	63	67	96	98	162	165	282	286	355	360	360	

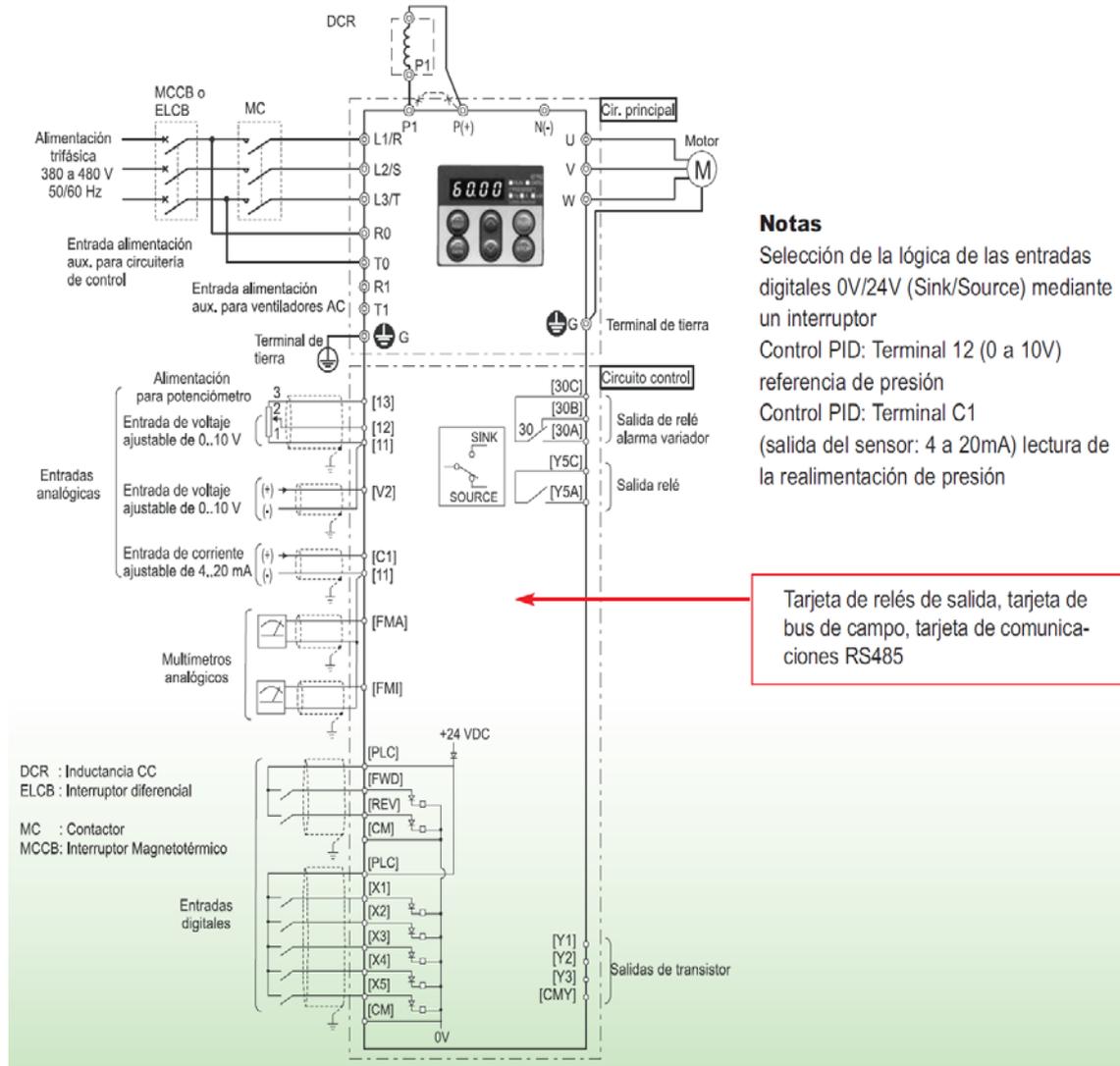
*1 Motor Fuji 4 polos estándar
 *2 La potencia nominal se calcula asumiendo el voltaje nominal de salida como 440 V para la serie 400 V trifásica.
 *3 El voltaje de salida no puede ser superior al voltaje de la alimentación eléctrica.
 *4 Un valor excesivamente bajo de la frecuencia portadora puede dar lugar a una temperatura alta en el motor o puede aparecer un error del variador debido a una sobrecorriente. Bajar la carga continua o la carga máxima. (Cuando se ajusta la frecuencia portadora (F26) a 1 kHz, reducir la carga al 80% de su capacidad.)
 *5 Usar los terminales [R1, T1] para hacer girar los ventiladores AC del convertidor alimentado por el bus de continua, como también con el "módulo regenerativo" PWM (En funcionamiento normal, no se usan los terminales.)
 *6 Calculado bajo condiciones específicas de Fuji.
 *7 Obtenido cuando se usa una inductancia CC (DCR).
 *8 Par de frenado medio (Varía con la eficacia del motor.)
 *9 Desequilibrio de voltaje(%) = $\frac{\text{Voltaje máx (V)} - \text{Voltaje mín (V)}}{\text{Voltaje medio trifásico}} \times 67$ (IEC61800-3 (5.2.3))
 Si este valor es 2 a 3%, usar una inductancia CA (ACR).
 *10 Monofásico, 380 a 440 V/50 Hz o monofásico, 380 a 480 V/60 Hz

Dimensiones externas:



Modelo	Dimensiones (mm)														
	W	W1	W2	W3	W4	W5	H	H1	H2	D	D1	D2	D3	D4	ØA
FRN37F1S-4E	320	240	304	310,2	8	10	550	530	12	255	115	140	4	4,5	10
FRN45F1S-4E	320	240	304	310,2	8	10	550	530	12	255	115	140	4	4,5	10
FRN55F1S-4E	355	275	339	345,2	8	10	550	530	12	255	115	155	4	4,5	10
FRN75F1S-4E	355	275	339	345,2	8	10	615	595	12	270	115	155	4	4,5	10
FRN90F1S-4E	355	275	339	345,2	8	10	740	720	12	300	145	155	4	6	10
FRN110F1S-4E	355	275	339	345,2	8	10	740	720	12	300	145	155	4	6	10
FRN132F1S-4E	530	430	503	509,2	13,5	15	740	710	15,5	315	135	180	4	6	15
FRN160F1S-4E	530	430	503	509,2	13,5	15	740	710	15,5	360	180	180	4	6	15

Diagrama básico de conexionado (funcionamiento del variador mediante los terminales de control):

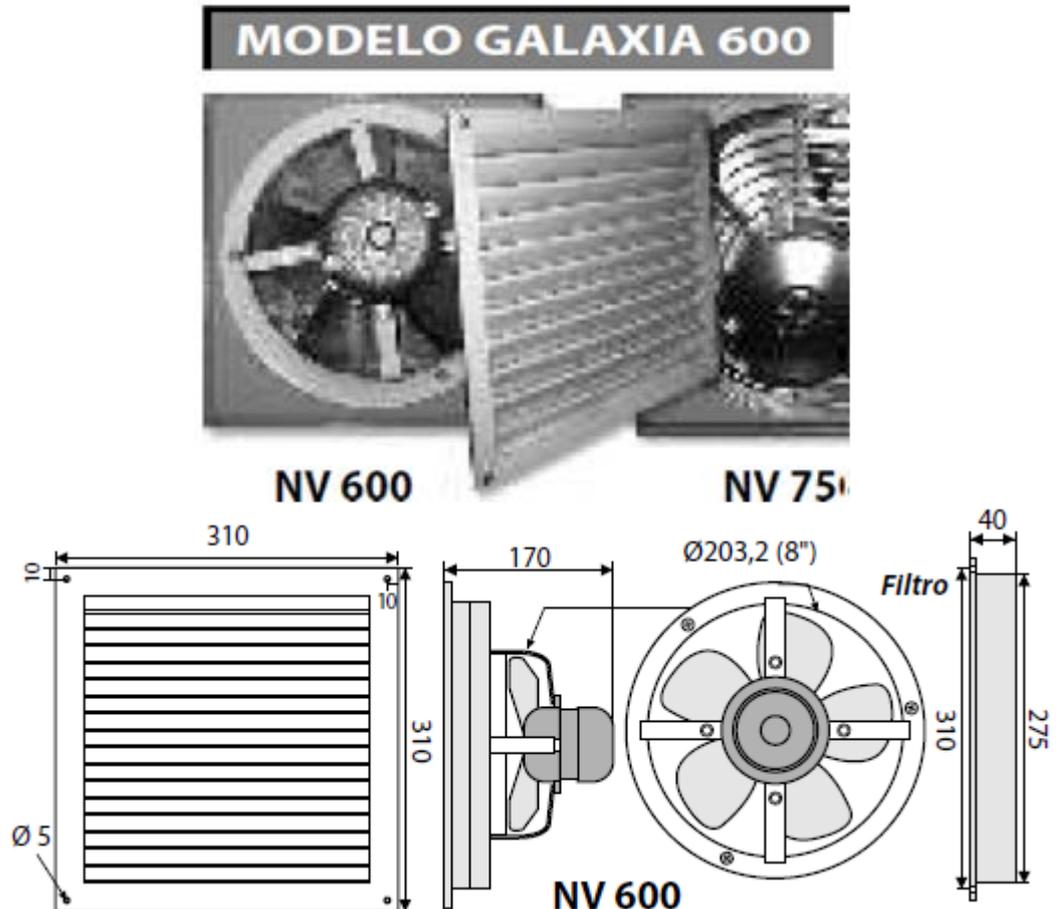


7.4.2.1. Ventilador.

Marca	Modelo	Cantidad
NOLLMANN	Galaxia 600	1

Para cumplir con el **flujo de aire requerido para la refrigeración del convertidor de frecuencia se instalara en el gabinete un ventilador con filtro incorporado marca "Nollmann", modelo Galaxia 600** presentando las características siguientes.

- Caudal: $588 \text{ m}^3/\text{h} = 9,8 \text{ m}^3/\text{min}$.
- Potencia: 30 W.
- Tensión de alimentación: 380 V.
- Velocidad: 400 rpm.



7.4.3. Amperímetro.

Marca	Código	Escala	Cantidad
THOMELEC	5TH-A72.5A	0 a 500 A	1

Este tablero secundario contará con un amperímetro analógico para tener un control visual de la corriente consumida.

Este elemento se selecciono del catálogo de la marca “Thomelec” optando por **un amperímetro analógico de hierro móvil clase 1,5** de conexión indirecta x/5 A de tamaño 72x72 milímetros siendo **el código del producto 5TH-A72.5A**.

**Amperímetros analógicos hierro móvil para transformador In/5A - CI = 1,5**

Código	Descripción	Dimensión [mm]	In [A]
5TH-A72.5A	Amperímetro analógico p/TI	72 x 72	5
5TH-A96.5A	Amperímetro analógico p/TI	96 x 96	5

También se selecciono la **escala de 0 a 500 A** para dicho amperímetro, código del producto **5TH-E72.500A**.

Escalas para amperímetros analógicos c/transformador In/5A

Código	Descripción	Dimensión [mm]
5TH-E72.500A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 500A	72 x 72

7.4.3.1. Selector de medición.

Marca	Código	N° de Posiciones	Cantidad
THOMELEC	5TH-CA	4	1

Además se colocara una **llave selectora de medición la cual tiene como fin poder ir optando por la lectura de corriente entre las tres fases**, código del producto **5TH-CA**.



Selector amperométrica 4 posiciones.

Conmutadoras de medición

Código	Descripción	VAC	Ith [A]
5TH-CA	Amperométrica para TI /5A 4 posiciones R-S-T-OFF	380	20

7.4.3.2. Transformador de corriente.

Marca	Código	Intensidad	Cantidad
THOMELEC	5TH-MSQ40.500	500/5 A	3

Para realizar la medición se deberán colocar transformadores de corriente para reducir la corriente que circula por el conductor a un rango apto para el instrumento de medida, por lo que se optó por **un transformador de corriente 500/5 A modelo 5TH-MSQ40.500** seleccionado del catalogo de la marca “Thomelec”.



El mismo posee las siguientes características:

Transformadores de intensidad - CI = 1

Código	Descripción	Potencia (VA)	Ventana	Diámetro
5TH-MSQ40.500	T. de intensidad 500/5A	5	42 x 11	31

7.4.4. Señales luminosas.

Cada tablero secundario contara de una señal lumínica **que indique que el motor se encuentra en marcha (luz verde)** y una que se encenderá en caso de que el **motor se haya parado por alguna avería (luz roja)**.

Estos elementos se seleccionaron de la marca WEG, resultando los siguientes:

➤ Lámpara motor en marcha.

Marca	Código	Color	Cantidad
WEG	CEW-SM24D23	Verde	1

- Lámparas verde 22 mm.
- Código: CEW-SM24D23.
- Tensión: 220 Vca.

Lámpara piloto monobloco		
Color	Unibloc	Código de tensión
<ul style="list-style-type: none"> ○ SM0 ● SM1 ● SM2 ● SM3 ● SM4 	 <p>0,025 kg</p>	E25 - 12 V ca/cc E26 - 24 V ca/cc C14 - 110-130 V cc D13 - 110 V ca D23 - 220 V ca

➤ Lámpara indicadora de falla.

Marca	Código	Color	Cantidad
WEG	CEW-SM1D23	Rojo	1

- Lámparas verde 22 mm.
- Código: CEW-SM1D23.
- Tensión: 220 Vca.

Lámpara piloto monobloco		
Color	Unibloc	Código de tensión
<ul style="list-style-type: none"> ○ SM0 ● SM1 ● SM2 ● SM3 ● SM4 	 <p>0,025 kg</p>	E25 - 12 V ca/cc E26 - 24 V ca/cc C14 - 110-130 V cc D13 - 110 V ca D23 - 220 V ca

7.4.5. Pulsadores.

Cada tablero secundario contara con **un pulsador de marcha y uno de parada** que conectara o desconectara respectivamente al motor eléctrico que corresponda a ese tablero.

➤ Pulsadores de marcha.

Marca	Código	Color	Cantidad
WEG	CSW-BFI2	Verde	1

- Modelo: Línea CSW (diámetro 22 mm).
- Tipo rasante iluminado.
- Código: CSW-BFI2.



➤ Pulsadores de pare.

Marca	Código	Color	Cantidad
WEG	CSW-BCI1	Rojo	1

- Modelo: Línea CSW (diámetro 22 mm).
- Tipo Hongo iluminado.
- Código: CSW-BCI1.



7.4.6. Gabinete.

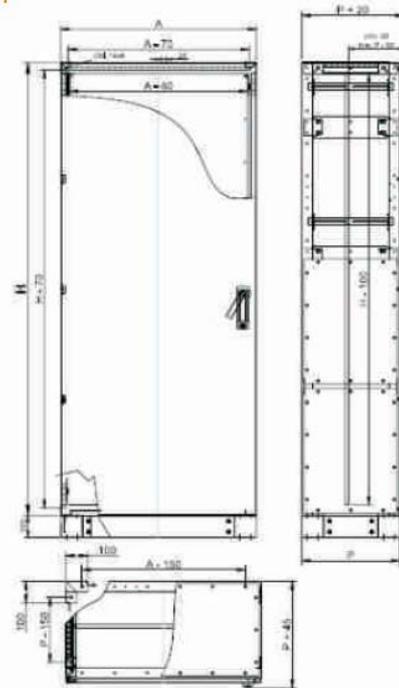
Marca	Código	Cantidad
GENROD	97977262	1

Se utilizara para el tablero secundario N° 6, **gabinete** de la marca “Genrod” **componibles estándar con bandeja y laterales, código 97977262**. Los mismos poseen las siguientes dimensiones:

- Altura (H) = 1800 mm.
- Ancho (A) = 600 mm.
- Profundidad (P) = 450 mm.



Conjunto general con dimensiones



7.4.6.1. Zócalos.

Marca	Código	Cantidad
GENROD	971945601	1

Se colocaran **zócalos desmontables** diseñados para elevar los gabinetes sobre el nivel del piso y facilitar el acceso a las entradas de cables por debajo del mismo. Estos zócalos serán de marca “Genrod” y en el caso de los tableros generales se utilizara el **modelo 97 1945601 el cual tiene una altura de 100 mm.**



Zócalos desmontables alto 100 mm

Profundidad Gabinete (P) mm	Ancho Gabinete (A) en mm						
	200	300	450	600	750	900	1200
450	97 1920451	97 1930451	97 1945451	97 1945601	97 1945751	97 1945901	97 1945121

8. Compensación del factor de potencia.

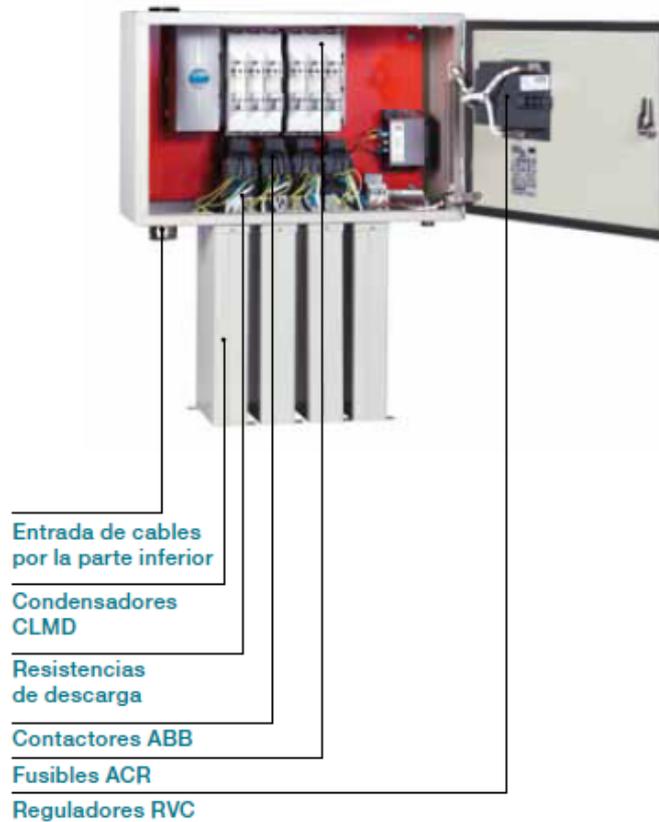
Para mejorar el factor de potencia de la instalación **se dispone utilizar la compensación central o global colocando un banco de compensación automática ubicado junto al tablero general.**

Además se instalara un banco de capacitores fijos en bornes del transformador con el propósito de compensar las pérdidas inductivas del transformador en baja tensión.

8.1. Banco de capacitores automático.

Marca	Modelo	Código	Cantidad
ABB	CLMT-1	AC 301 024 BJ	2

Se optó por seleccionar un banco de capacitores de la marca “ABB” siendo este un sistema listo para conectarse y compensar potencias reactivas.

**Baterías Automáticas de Condensadores - CLMT**

Gama estándar 400 V - 50 Hz. Condensadores de tensión nominal 415 V

Q (kvar)	Número Escalones	Modelo	Composición	Sec.	Código	Intensidad (A)	Peso (kg)
80,00	4x20	CLMT-1	4x20	1:1:1	AC 301 024-BJ	115,47	39

El modelo elegido es el **CLMT-1** con una potencia de **80 kVAr en cuatro pasos de 20 kVAr (4x20)**, siendo una **batería automática de condensadores** compacta, adecuada para emplazamientos muy pequeños en potencias medianas, presentando las siguientes características.

Construcción e instalación:

- La CLMT se presenta como un condensador normal dividido en varios pasos, en cuya parte superior hay una caja que contiene todos los elementos necesarios para la protección, regulación y control de cada escalón de condensadores. La caja se abre mediante una sola puerta frontal.
- Su puesta en marcha se puede realizar en forma automática.
- Se puede instalar en pared o bien en el suelo mediante un juego de rieles de fijación.
- Cada escalón es un condensador independiente que, en caso de ser necesario su cambio, es fácilmente extraíble sin que por ello deba permanecer desconectada de la red.

Operación:

Las múltiples funciones automáticas del RVC, así como su interfaz de fácil manejo, hacen que la CLMT sea de una utilización extremadamente simple.

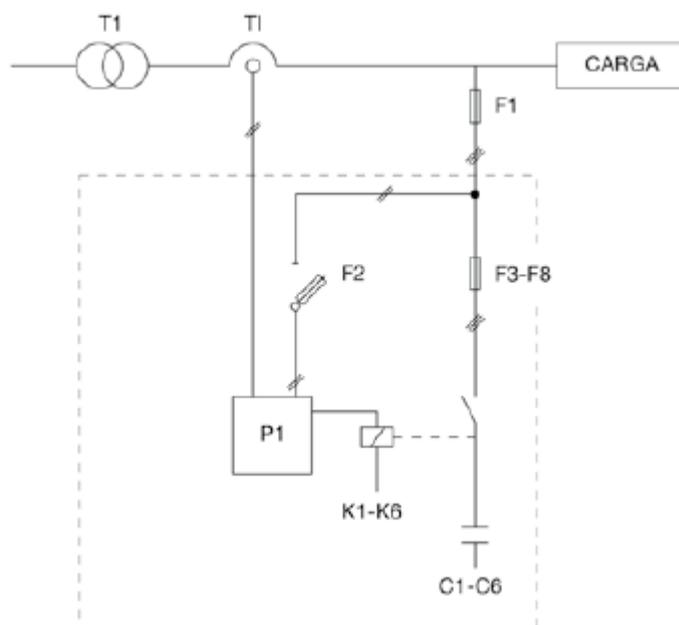
Componentes de la batería:

- Condensadores ABB tipo CLMD: El CLMD es un condensador compacto y potente especialmente diseñado para el uso en baterías automáticas de condensadores. Ofrece larga vida incluso bajo solicitaciones eléctricas elevadas, prestaciones únicas y un sistema de protección secuencial.
- Contactores: Las CLMT montan contactores ABB especialmente diseñados para maniobrar condensadores. Van equipados con resistencias de preinserción que absorben la corriente de pico que se genera al conectar el condensador. Presentan una duración de 250.000 maniobras para tensiones de red menores de 500 V y de 100.000 maniobras para tensiones de red iguales o mayores a 500 V.
- Regulador del factor de potencia tipo RVC: El RVC es un regulador del factor de potencia de fácil manejo, que permite la puesta en marcha de forma automática, es insensible a la presencia de armónicos y resiste temperaturas ambientes de hasta 70° C.

- Además cuenta con: Un interruptor de corte en carga automático o manual y raíles para fijación al suelo, este accesorio permite la fijación al suelo de la CLMT de una forma sencilla y segura.



Diagramas de conexión.



REFERENCIA	COMPONENTE
C1-C6	Escalones de condensadores.
F1	Fusibles principales o aparatos de protección.
F2	Fusible de control.
F3-F8	Fusible de escalones de condensadores.
K1-K6	Contactores.
P1	Regulador del factor de potencia.
T1	Transformador de potencia.

8.2. Banco de capacitores fijos.

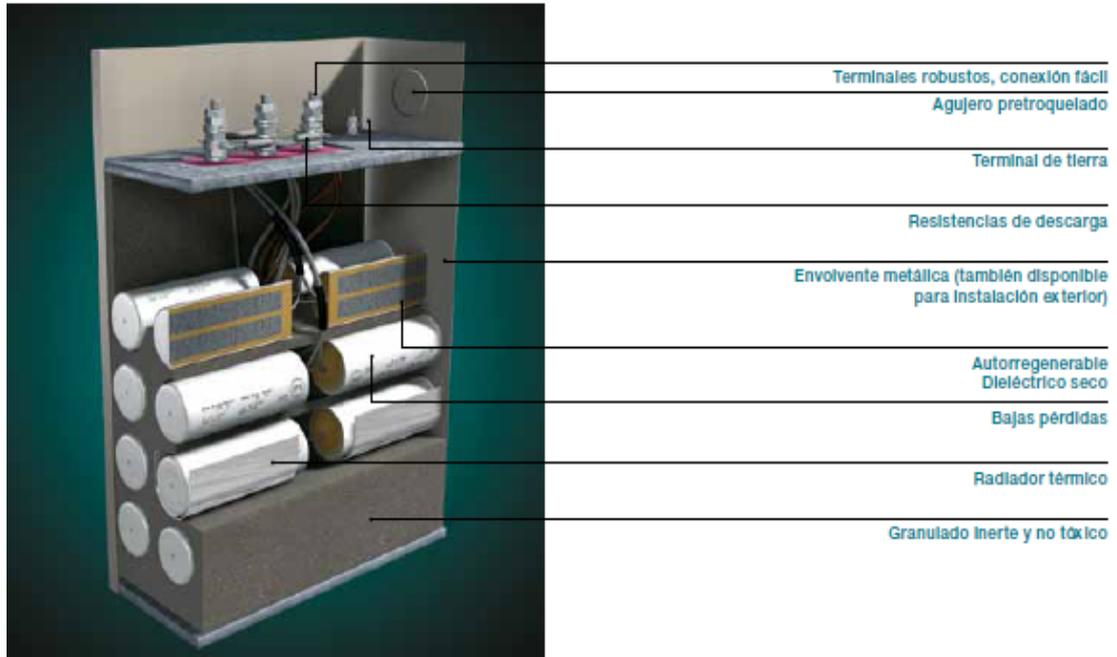
Marca	Modelo	Código	Cantidad
ABB	CLMD-E45	AC 401 002-BB	2

Se optó por **una batería de condensadores fijas** de marca “ABB”, **modelo CLMD-E43 de 25 kVAr**, con las características que siguen.

Tensión (V)	Q (kvar)	Modelo	Código	Intensidad (A)	Peso (kg)
	25,0	CLMD 43	AC 401 002-BB	36,08	6



Los condensadores CLMD están formados por un cierto número de elementos unitarios bobinados, fabricados con film de polipropileno metalizado. Estos elementos secos están provistos de un desconectador secuencial interno que lo desconecta del circuito de forma fiable y selectiva al final de su vida.



Los condensadores fijos con aparellaje CLMD-E contemplan todas las posibilidades para la protección y maniobra de condensadores destinados a la compensación fija de potencia reactiva.

Existen dos variantes básicas: CLMD-E con caja de aparellaje independiente o CLMD-E con aparellaje montado sobre el propio condensador.

La gama estándar de CLMD-E con caja de aparellaje independiente incluye contactor, fusibles, resistencias de descarga rápidas (0 V en menos de 20 s) y temporizador para la reconexión y alternativamente un selector de dos posiciones para maniobra externa.

9. Puesta a tierra de protección.

A este sistema **se conectan todas las masas metálicas y partes conductoras ajenas**, tales como gabinetes, bastidores, postes, estructuras, cercos perimetrales, etc.

De acuerdo a lo establecido **por el reglamento de instalaciones de baja tensión de la Asociación Electrotécnica Argentina, la resistencia de tierra** medida desde cualquier masa **de la instalación no será mayor a 40 Ohm** (a partir del 2006), antes 10 ohm (solo para protección).

Para cumplir con lo requerido por la AEA se colocaran **10 jabalinas unidas por conductor de acero desnudo bañado en cobre de 50 mm²**.

La separación entre las mismas será de dos veces su longitud, también debe respetarse una separación mínima de 20 metros entre las puesta a de servicio y protección del transformador.

El detalle del tendido de la red de puesta a tierra de protección lo encontramos en el Plano N° 14 “Malla de Puesta a Tierra”.

9.1. Jabalinas.

Marca	Modelo	Código	Cantidad
GENROD	L1620	JC 1620	10

A partir del cuadro de jabalinas de acero-cobre IRAM 2309, del catalogo “Genrod”, optamos por **el modelo L1620 jabalina 5/8” x 2000 mm**.

Jabalinas de acero-cobre IRAM 2309

Código	Denominación	Descripción	Cantidad x Envase
JC 1620	L1620	Jabalina 5/8” x 2000 mm	10
JC 1015	L1015	Jabalina 3/8” x 1500 mm	10
JC 1020	L1020	Jabalina 3/8” x 2000 mm	10
JC 1210		Jabalina 1/2” x 1000 mm*	10
JC 1215	L1415	Jabalina 1/2” x 1500 mm	10
JC 1220	L1420	Jabalina 1/2” x 2000 mm	10
JC 1230	L1430	Jabalina 1/2” x 3000 mm	10



9.2. Conductor acero-Cobre.

Marca	Sección	Código
GENROD	50 mm ²	AC C50

Para la **unión entre jabalinas será por medio de un conductor desnudo de acero bañado en cobre de 50 mm²**, el mismo se selecciono del catalogo "Genrod".

Cables de acero cobre

Código	Descripción	peso Kg/mts.
AC C25	Cable de 25 mm ² - 3 N ^o 8	0,206
AC C35	Cable de 35 mm ² - 7 N ^o 10	0,303
AC C50	Cable de 50 mm² - 7 N^o 8	0,482
AC C70	Cable de 70 mm ² - 7 N ^o 8	0,607
AC C95	Cable de 95 mm ² - 7 N ^o 9	0,766

9.3. Conductor de protección.

El conductor utilizado para la conexión de los distintos elementos de la instalación a tierra **será de una sección de 16 mm²**. El mismo será de la marca "Prysmian".

9.4. Cajas de inspección.

Marca	Código	Cantidad
GENROD	Ci 1	10

Se instalarán caja de inspección para indicar el sitio donde está instalada **la jabalina y a su vez proteger el punto de medición** para verificar el valor de resistencia de la puesta a tierra de la instalación.

Las mismas se seleccionaron del catalogo de “Genrod”, optando por **cajas de 25x25 cm.**

Cajas de inspección. Fundición gris

Código	Descripción	Cant. X Envase
Ci 1	25 x 25 cm	1
Ci 2	15 x 15 cm	1



10. Subestación transformadora.

La subestación transformadora **se diseña de acuerdo** a las normativas correspondientes **con la AEA 95401 y al reglamento general para el suministro de energía eléctrica de la empresa** proveedora de la zona, Dirección Provincial de Energía de Corrientes (“DPEC”).

10.1. Transformadores.

Marca	Potencia	Relación	Cantidad
TADEO CZERWENY S.A.	400 kVA	33 +/-2x2,5%/0,4 KV	2

La subestación transformadora 33 / 0,4 kV estará provista de **dos transformadores los cuales trabajaran en forma independiente** y no conectados en paralelo.

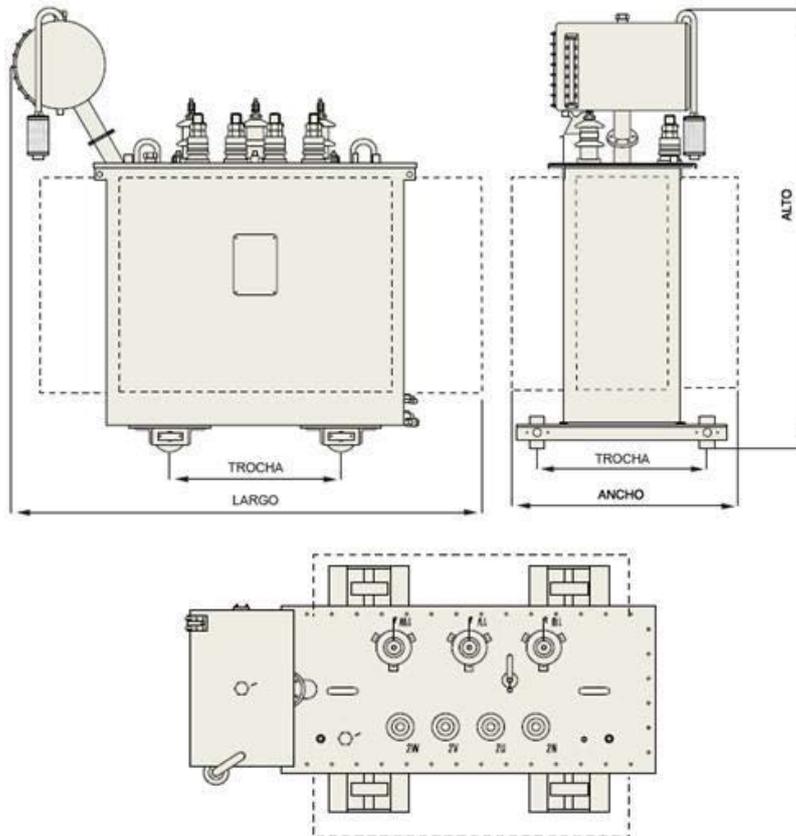
La potencia requerida de los mismos es de unos 390 kVA, para que así los mismos se encuentren trabajando al 75 % de su potencia nominal.

Por lo que **se opto por** la instalación de **transformadores de la firma “Tadeo Czerweny S.A”**, seleccionando un transformador de distribución **de 400 kVA en baño de aceite.**

Características:

I R A M 2 2 5 0 (*)

Transformadores Distribución - Relación 33000 ± 2x2,5% / 400 V/V								
Potencia (kVA)	Pérdidas (W)		Ucc (%)	Dimensiones (mm)				Masa (kg)
	P ₀	P _{cc}		Largo	Ancho	Alto	Trocha	
16	130	480	4	1550	800	1650	600	500
*25	190	650	4	1550	750	1650	600	560
40	290	900	4	1750	800	1650	600	710
*63	320	1500	4	1750	800	1650	600	730
80	330	1600	4	1750	800	1850	600	780
*100	420	1900	4	1750	850	1850	600	930
125	500	2500	4	1850	850	1850	600	1050
*160	600	2800	4	1850	900	1900	600	1150
*200	700	3250	4	1850	900	1900	600	1280
*250	850	4000	4	1850	1050	1950	700	1470
*315	950	4800	4	1850	1050	1950	700	1550
400	1150	5750	4	1950	1050	2200	700	2060
*500	1250	6400	4	1950	1150	2300	700	2350
*630	1500	7600	4	2150	1150	2300	800	2650
*800	1800	9800	5	2200	1200	2300	800	3150
*1000	2200	11700	5	2300	1200	2450	800	3650
*1250	2500	14200	5	2350	1300	2500	1000	4300
*1600	2900	17800	6	2600	2400	2500	1000	5000
*2000	3200	22000	6	2700	2600	2600	1000	5400
*2500	3600	26000	6	3000	2800	2750	1200	6000



10.2. Instalación de los transformadores.

Se dispondrán sobre una base de resistencia adecuada **de 10 cm de altura** sobre el terreno, **en rieles de apoyo**. Para esto se utilizarán perfiles normalizados IPN100.

La distancia entre transformadores será la requerida en la norma de la AEA 95401 tabla 7.8a, para volúmenes de hasta 2000 l de aceite mineral, la distancia **requerida es de 3 metros**.

La distribución de los transformadores dentro del cerco perimetral se puede apreciar en el Plano N° 15 “Subestación 33 / 0,4 kV”.

11. Acometida y puesto de medida indirecto en media tensión.

Desde el punto de retención de la línea de media tensión se deriva un conductor por fase, donde cada uno de ellos llegara a un seccionador fusible.

Los bornes de entradas del seccionador fusible estarán conectados a descargadores de sobretensión.

Desde los bornes de salida de este punto de seccionamiento se llega a los transformadores de medición, a partir de los cuales se pasa con los conductores de potencia hasta las celdas de media tensión, a través de conductores subterráneos, y desde estas se llegara a los transformadores.

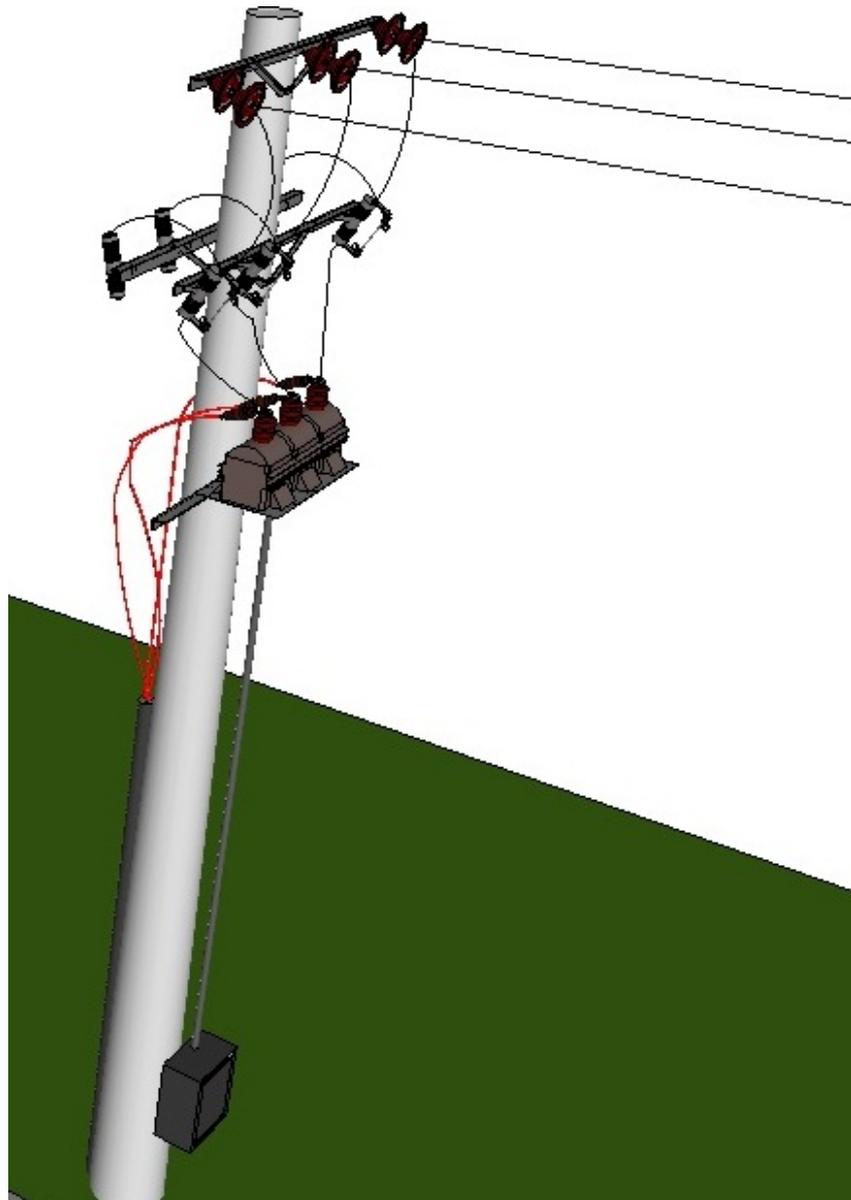
La salida de los bornes secundarios de los transformadores de medición se conectarán a los del medidor de energía, el cual estará ubicado en un gabinete sujeto al poste de hormigón armado, quedando su base inferior a una altura de 1,2 metros sobre el nivel del piso.

Los transformadores de medición son un modulo de transformación compacto de tensión y corriente.

Tanto las carcasas y estructuras metálicas como así también los descargadores estarán debidamente conectados a tierra.

El Plano N° 20 “Esquema Unifilar MT / BT”, muestra la disposición de los elementos perteneciente a este sector de la instalación.

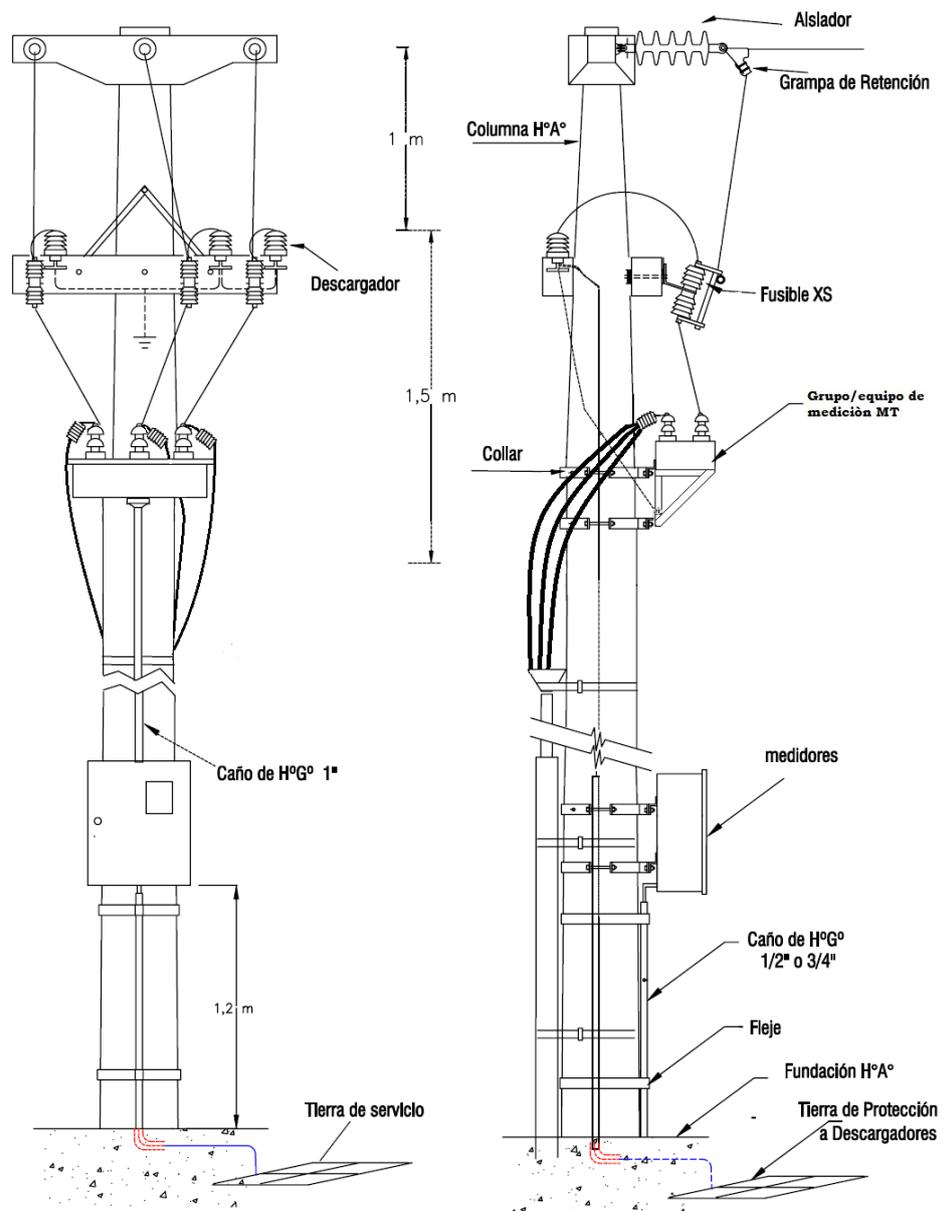
La siguiente figura muestra a modo esquemático la acometida descrita:



Por lo tanto a fin de cumplir con la normativa vigente, los elementos que compondrán esta parte de la instalación y que deben ser seleccionados son:

- Seccionador fusible.
- Descargadores de sobretensión.
- Transformadores de tensión para medida.
- Transformadores de corriente para medida.
- Gabinete para medidor de energía.
- Celda de media tensión para acometida.
- Celda de media tensión para seccionamiento.

PUESTO DE MEDICIÓN INDIRECTO MT



En los puntos siguientes se procede a detallar la selección de cada uno de los elementos constitutivos de la instalación.

11.1. Modulo de transformación para medida.

Marca	Modelo	Cantidad
TAIT S.A	ECU 36	1

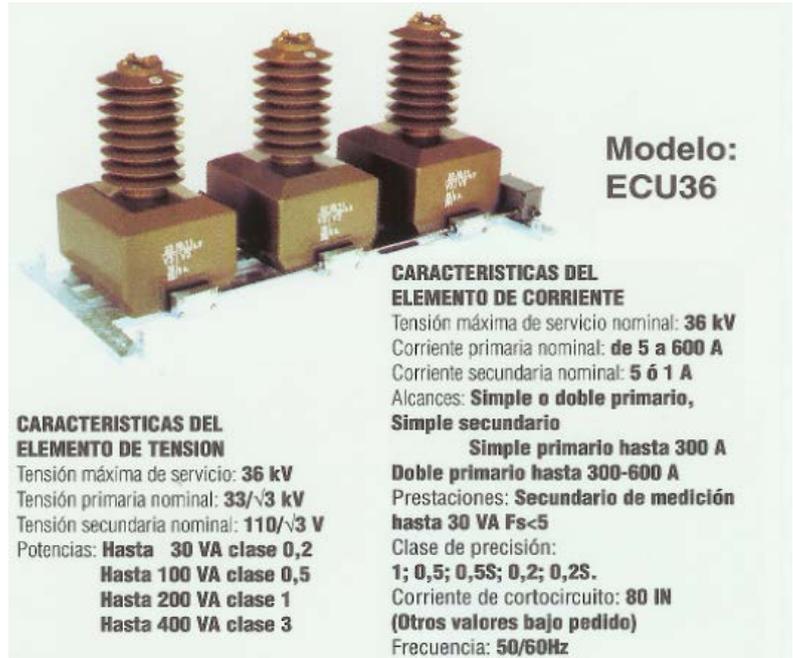
Para adecuar los valores de tensión y corrientes, a los rangos adecuados para la medición del consumo, se colocara un modulo de transformador de medida tensión – corriente.

Para ello se **seleccionó un equipo de medición de la marca “TAIT S.A”, modelo ECU 36.**

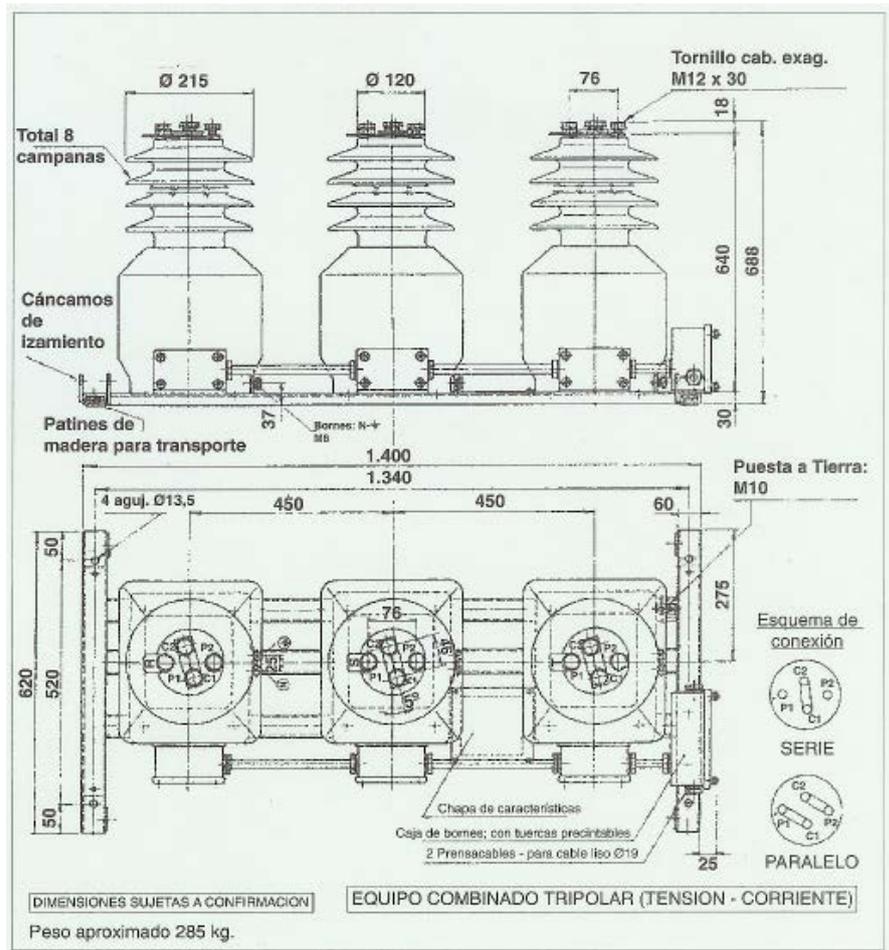
Estos equipos de medición **están compuestos por tres módulos combinados de tensión y de corriente** montados sobre un bastidor único, debidamente cableados y **aptos para instalaciones de uso intemperie.**

Características:

Tensión Máxima de Servicio [kV]	36
Tensión Secundaria [V]	$110/\sqrt{3}$
Corriente Primaria [A]	5 a 500
Corriente Secundaria [A]	1 ó 5
Corriente de cortocircuito	80 In
Clase	0,2
Potencia [VA]	30
Peso aproximado [Kg]	285



Dimensiones:



11.2. Gabinete para medidor de energía.

Marca	Código	Cantidad
DACROCE	63019031	1

De acuerdo con lo reglamentado **las dimensiones mínimas de esta caja deberán ser de 600 mm de alto, 500 mm de ancho y 230 mm de profundidad.**

Por lo cual **se opto por la colocación de un gabinete para medición provisto por la empresa “Dacroce”.**

- Código del gabinete: 63019031.
- Medidas: 640x520x230.



CODIGO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES
63019031	Gabinete para Medición	640x520x230

Descripción del modelo: Son gabinetes **aptos para alojar medidores polifásicos multihorarios y medidores de control con sus borneras de contraste y demás elementos de protección.**

11.3. Seccionador fusible.

Marca	Modelo	Cantidad
FAMI	89053	3

Se seleccionan **tres seccionadores autodesconectores tipo XS unipolares** modelo 89053, para tensión nominal de 34,5 kV y una corriente nominal de 100 A, provisto por “Fammie Fami S.A”.

Modelo	Tensión Nominal (Kv)	Corriente Nominal (A)	Interrupción Asimétrica (kA)	Nivel de Asilación (Kv BIL)
89031	14.4	100	16	110
89032	25	100	12	125
89072	25	200	10	125
89053	34.5	100	12	170



Características:

- Tensión nominal: 34,5 kv.
- Corriente nominal: 100 A.
- Modelo: 89053.
- Poder de ruptura: 12 KA.

Se puede observar que el poder de ruptura del seccionador fusible es mayor a la corriente de cortocircuito calculada para este punto.

11.3.1. Fusible Positrol.

Marca	Modelo	Cantidad
POSITROL	Universal 23"	3

Se selecciona **fusible para seccionador**, porta fusible autodesconectador, **marca Positrol**, el cual posee las características siguientes:

- Fabricante: FAMI FAMI S.A.
- Tensión: 33 kV.
- Corriente nominal: 10 A.
- Modelo: UNIVERSAL 23" (584mm).
- Código: 364020.

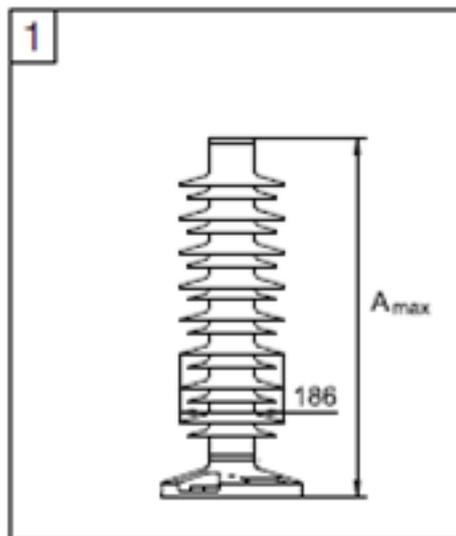


DESCRIPCIÓN			UNID	GARANTIZADOS
1	1	Fabricante		FAMMIE FAMI S.A.
	2	Norma a la que responde		ANSI C37,42
	3	Marca registrada		POSITROL
	4	Tipo		Lamina fusible
2	1	Tensión nominal	A	1 a 200
	2	Velocidad de fusión		Std – K – QR – T
	3	Tensión de servicio	kV	6,6 a 33
	4	Tensión de servicio máxima	kV	7,2 a 36
	5	Tensiones nominales	kV	6,6 – 13,2 – 33
	6	Consumo nominal	W	1A = 0,4 y 100A = 0,7
3	1	Diámetro de la cabeza terminal	mm	19,1
	2	Diámetro exterior máximo del tubo de fusión	mm	1 a 50= 8 y 65 a 100= 11
	3	Largo total mínimo del elemento fusible	mm	585
	4	Tracción mecánica permanente de servicio	kg	4,5
	5	Tracción mecánica de ruptura	kg	Mínimo = 6

11.4. Descargadores de sobre tensión.

Marca	Modelo	Cantidad
ABB	Pexlim R	3

Para la protección contra sobretensiones atmosféricas y de funcionamiento de conmutadores de alta tensión, de transformadores y otros equipos en redes de alta tensión, **se utilizaran descargadores de sobretensión marca ABB.**



Características del modelo seleccionado:

- Marca: ABB.
- Modelo: PEXLIM R.
- Envoltura polimérica.
- Uso exterior e interior.
- Onda de impulso de corriente de 10 kA.
- Tensión nominal: 18 -144 KV.

Descargadores con revestimiento de silicona

PEXLIM R

Datos de protección garantizados

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE			30/60 μ s			8/20 μ s			
		U_C KV _{rms}	MCOV KV _{rms}	1 s KV _{rms}	10 s KV _{rms}	0,5 kA KV _{pico}	1 kA KV _{pico}	2 kA KV _{pico}	5 kA KV _{pico}	10 kA KV _{pico}	20 kA KV _{pico}	40 kA KV _{pico}
24 ³⁾	18	14,4	15,3	20,7	19,8	37,1	38,5	40,3	44,0	46,7	52,3	59,7
	21	16,8	17,0	24,1	23,1	43,2	44,9	47,0	51,3	54,4	61,0	69,7
	24	19,2	19,5	27,6	26,4	49,4	51,3	53,8	58,7	62,2	69,7	79,6
	27	21,6	22,0	31,0	29,7	55,6	57,7	60,5	66,0	70,0	78,4	89,6
36 ³⁾	30	24,0	24,4	34,5	33,0	61,7	64,2	67,2	73,3	77,7	87,1	100
	33	26,4	26,7	37,9	36,3	67,9	70,6	73,9	80,6	85,5	95,8	110
	36	28,8	29,0	41,4	39,6	74,1	77,0	80,0	88,0	93,3	105	120
	39	31,2	31,5	44,8	42,9	80,3	83,4	87,3	95,3	102	114	130
	42	34	34,0	48,3	46,2	86,4	89,8	94,0	103	109	122	140
	48	38	39,0	55,2	52,8	98,8	103	108	118	125	140	160

11.5. Celdas de Media Tensión.

Para la acometida hacia los transformadores **se colocaran, entre la salida de los transformadores de medición y los transformadores de potencia, tres celdas de media tensión, una celda de acometida de cables y dos celdas de seccionamiento**, una para cada transformador instalado.

Estas celdas **se encontraran situadas en una casilla destinada para tal fin**, la cual se encuentra **dispuesta dentro del cerco perimetral** de la subestación transformadora.

11.5.1. Celda de acometida.

Marca	Modelo	Cantidad
TIPEM	AS (acometida)	1

Este celda se seleccionó del catalogo de la marca “TIPEM”, las cuales son fabricadas para este uso específico. Estas celdas poseen las siguientes características:

Las celdas **SYStem-6 Tipem son unidades modulares normalizadas de media tensión para el uso** en diversos proyectos eléctricos **vinculados con la construcción de subestaciones transformadoras de MT / BT** de uso interior y la distribución de energía eléctrica pública e industrial con rangos de tensión posibles entre 3 y 36 kV.

Su diseño se basa en el concepto de la seguridad de las personas y de los bienes. Las reducidas dimensiones les permiten ser instaladas en salas pequeñas, obteniendo un adecuado aprovechamiento de los espacios, y consiguiendo así resolver situaciones complejas. El grado de protección es IP2X, y el acceso es exclusivamente frontal tanto para la operación como para el mantenimiento.

Son fabricadas de acuerdo con las normas IEC 62271 (ex IEC 298), 60265, 60129, 60694, 60420, 60056, 61958, con los procedimientos constructivos más evolucionados, para cumplir las exigencias de los proyectos de distribución eléctrica, proveyendo a los usuarios de una gama completa de tipo de celdas.

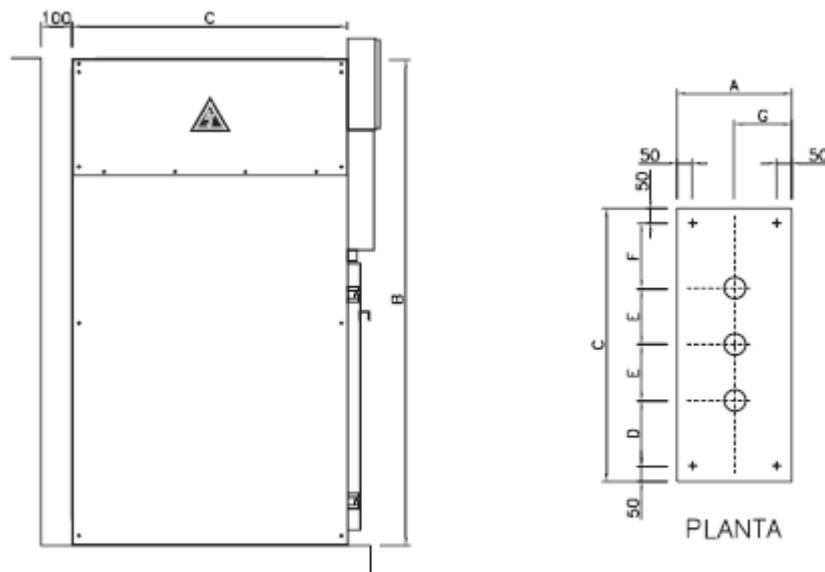
Por lo tanto **se opto por una celda de acometida de cables, AS, SYStem-6 Tipen para una tensión nominal de 36 kV**, la cual viene equipada de:

- Sistemas de barra.
- Resistencia calefactora 220 Vca 50 W.
- Indicador de presencia de tensión.



Dimensiones:

CARACTERISTICAS FISICAS									
Tension Nominal (kV)	Tipo de Celda	Grado de protección	Dimensiones (mm)						
			A	B	C	D	E	F	G
36	AS	IP2X	750	2250	1400	350	350	350	375



11.5.2. Celda de seccionamiento.

Marca	Modelo	Cantidad
TIPEM	I (Seccionamiento)	2

Se trata de **celdas de maniobra compartimentadas** bajo cubierta metálica, **aisladas en aire, con seccionadores bajo carga aislados en SF6**, y / o interruptores de operación en SF6 o vacío, que se pueden complementar con equipos de medición, protección, etc.

Este celda se seleccionó del catalogo de la marca "TIPEM", las cuales son fabricadas para este uso específico. En este caso **se opto por una celda de seccionamiento, I, SYStem-6 Tipen para una tensión nominal de 36 kV**, la cual viene equipada de:

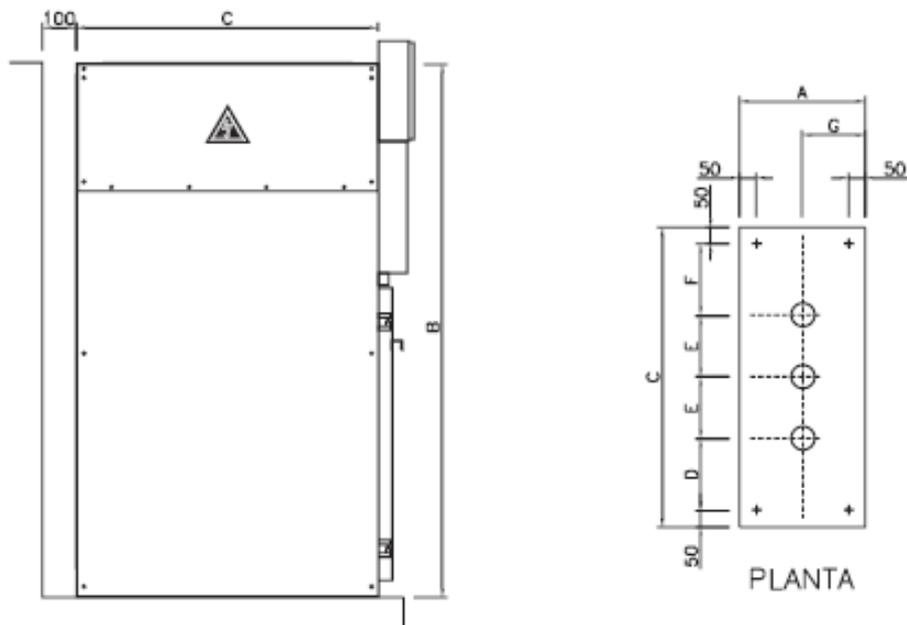
- Sistema de barras.
- Seccionador bajo carga IM6.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Bloqueo a candado.
- Indicador de presencia de tensión.
- Resistencia calefactora 220 Vca 50W.



CARACTERISTICAS ELECTRICAS		
Tensión nominal (kV)		36
Nivel de Aislacion 50 Hz 1 min. (kV eficaz)	Aislamiento	70
	Seccionamiento	80
Nivel de Aislacion 1,2/50 ms (kV cresta)	Aislamiento	170
	Seccionamiento	195
Corriente nominal (A)		400
Corriente de breve duración admisible 1 min. (kA)		12,5
Resistencia al arco interno (kA)		12,5
Poder de cierre (kA)		31,5
Carga principalmente activa		400
Poder de interrupción (A)	Carga de anillo	400
	Transformador en vacío	6,3
	Cable en vacío	16

Dimensiones:

CARACTERISTICAS FISICAS									
Tension Nominal (kV)	Tipo de Celda	Grado de protección	Dimensiones (mm)						
			A	B	C	D	E	F	G
36	I	IP2X	750	2250	1400	350	350	350	375



12. Cerco perimetral.

Para el dimensionado del cerco perimetral que rodea la subestación transformadora **se tienen en cuenta las distancias mínimas, entre los elementos constitutivos del mismo, y los materiales a utilizar establecidos en la norma de la AEA 95401**, como también los materiales utilizados.

Los detalles y especificaciones de la construcción del cerco perimetral de la subestación se encuentran en el Plano N° 15 “Subestación 33 / 0,4 kV”.

Todos las partes metálicas del cerco estarán puestas a tierra.

Para la construcción del cerco necesario **se utilizará tejido de alambre de hierro galvanizado calibre N°10 (Φ 3,4 mm) con malla romboidal de 1 ½” (38,1 mm).**

Las dimensiones de **cada paño serán 2 m de altura** por su longitud correspondiente y estará perfectamente estirado, **sin producir ningún tipo de ondulación. Llevará en cada extremo una planchuela de acero** de sección rectangular **de 4,76 mm x 31,75 mm (3/16” x 11/4”)**, **sujeta al poste mediante bulones gancho.**

El tejido estará asegurado a **los postes intermedios, de 0,10 x 0,10 m**, con tres hilos de alambre liso galvanizado, resistencia 17 / 15 con ganchos cincados con tuerca colocados en ambos extremos y en el medio de dichos postes.

Para sustentar los portones de entrada y salida **se instalaran 2 postes de hormigón armado de 0,125 x 0,125 m de sección, Tipo 3 (Esquinero).**

En las esquinas se colocarán postes de Hormigón Armado de 0,125 x 0,125 m de sección, similares a los postes de sostén del portón. Tipo 3 (Esquinero).

Se reforzarán con dos puntales de hormigón armado de 0,07 x 0,07 m de sección.

En la zona superior de todos los postes, **se colocarán tres hilos de alambre de púas galvanizado de 4”**, resistencia 17 / 15 perfectamente estirados que se ajustarán con ganchos cincados con tuerca colocados a tal fin en los postes de tensión.

Se utilizarán **torniquetes al aire N° 7.**

La puerta se montará sobre un **bastidor de caño de acero Φ 51 mm**, constará de un refuerzo horizontal de caño de acero del mismo diámetro.

El tejido de alambre de la puerta será de idénticas características al del alambrado, con bastidor de planchuela con tornillos para estirar.

Preparó: Dalle Tezze, cristian – Korell, Matias.	Revisó:	Aprobó:	Página 122 de 375
--	---------	---------	-------------------

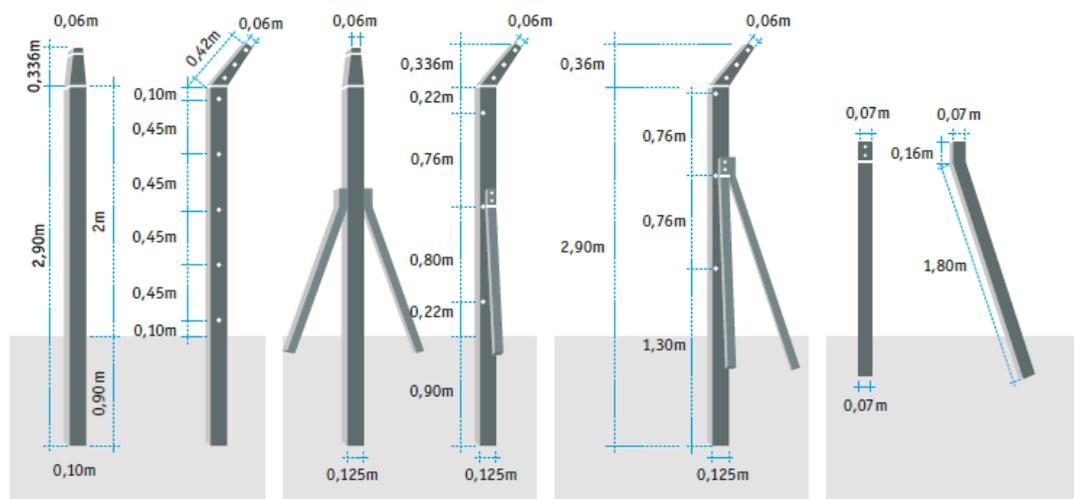
Se colocarán **tres bisagras reforzadas, una manija de hierro tipo U y un cierre portacandado.**

Se seleccionan postes olímpicos de hormigón pretensado y vibrados, de la fábrica” Tensolite S.A”.

Tipo de poste	Lados de la sección (m ²)	Peso (Kg)	Colocación
1 (Intermedio)	10x10	73	Cada 4m
2 (Tensor)	12,5 x 12,5	115,5	Cada 24 o 28m
3 (Esquinero)	12,5 x 12,5	115,9	En esquinas
4 (Puntal)	7 x 7	25	2 por poste tensor o esquinero

Optando por:

- 5 postes tipo 3 (Esquinero).
- 3 postes tipo 1 (Intermedio).
- 8 postes tipo 4 (Puntal).



1. Poste Olímpico intermedio

Se coloca cada 4m. El codo en la parte superior permite tender hasta 3 hilos de alambre de púas.

2. Poste Olímpico tensor o reforzado

Cada 24 o 28m se debe intercalar este poste, cuya función es la de absorber los esfuerzos de tensado del alambre tejido. También sirve como terminal en cercos rectos, o bien en aberturas, portones, etc que interrumpen el alambrado.

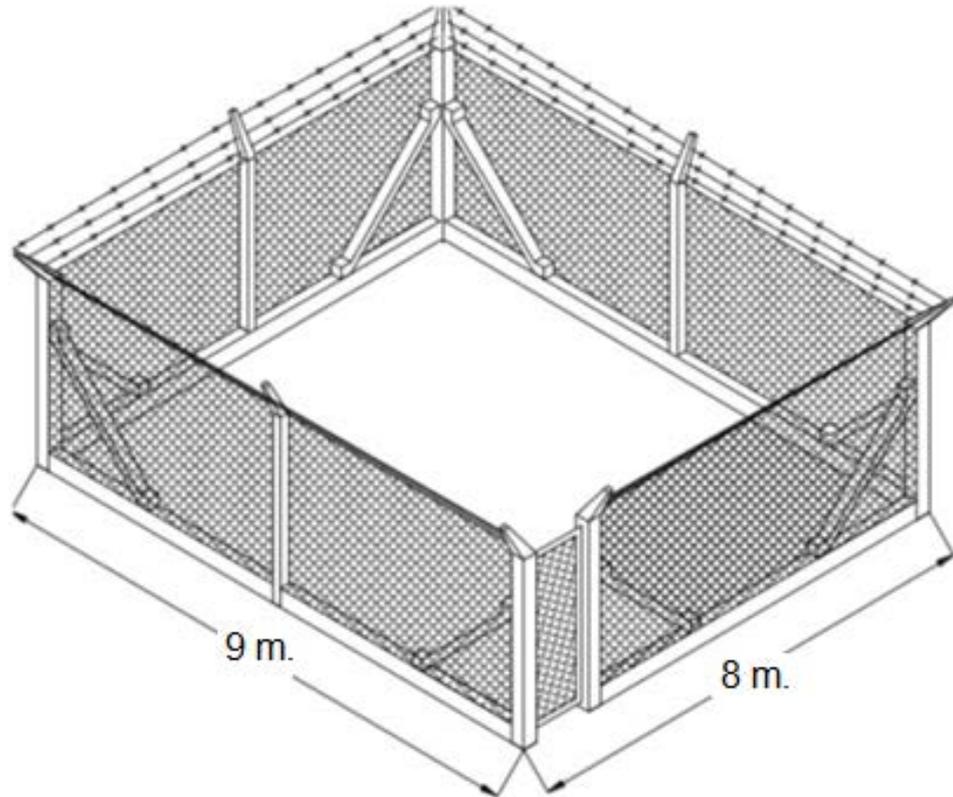
3. Poste Olímpico Esquinero

Se coloca donde el alambre cambia su dirección en 90°

4. Puntal

Colocado con los postes tensores y los esquineros, sirve para reforzarlos y colaborar en la absorción de los esfuerzos producidos por el tiro del alambre tejido

Esquema en escala del cerco perimetral



12.1. Señalización del cerco perimetral según AEA 95401.

Se ubicarán **señalizaciones preventivas** para personal de operación y terceros cuya finalidad es la de evitar accidentes, para ello se dispondrá **carteles en los cuatro laterales del cerco perimetral, los mismo estarán de acuerdo con la norma IRAM 10005 e indicarán la existencia de instalaciones de media tensión de fácil lectura y comprensión.**



Riesgo eléctrico

SEÑAL COMPLEMENTARIA DE RIESGO PERMANENTE

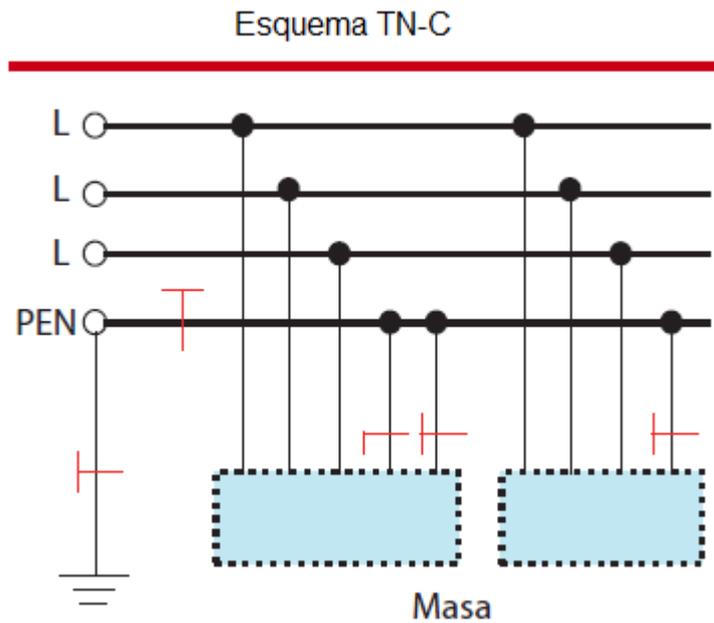
La señalización se efectuará mediante franjas alternas amarillas y negras. Las franjas deberán tener una inclinación aproximada de 45° y ser de dimensiones similares de acuerdo con el siguiente modelo:



13. Tratamiento del neutro y puesta a tierra.

Un factor importante para la protección de personas es el tipo de aterramiento o puesta a tierra de la instalación, definido como esquemas de conexión a tierra (ECT). **La reglamentación** para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles **AEA 90364** de la Asociación Electrotécnica Argentina trata el tema en su sección 771.3.

Debido a las condiciones de la instalación y las cercanías de los elementos que la componen **se adoptó para el régimen de neutro la conexión TN-C.**

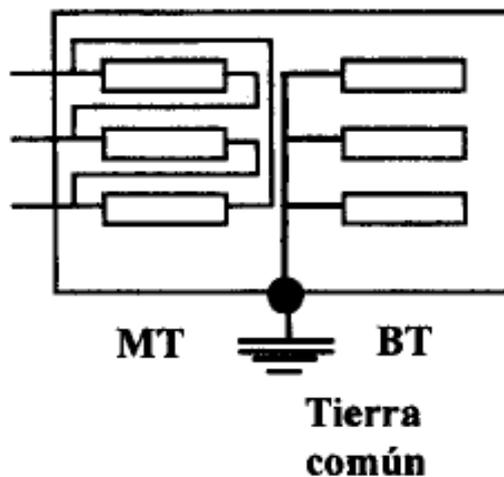


13.1. Puesta a tierra de la SET.

Para la **puesta a tierra del neutro** de BT del transformador MT / BT se opto por una puesta a tierra **unificada con la puesta a tierra de protección.**

El esquema de tendido de la puesta a tierra de servicio se encuentra en el Plano N° 14 “Malla de Puesta a Tierra”.

Sistema de tierra común



La red de tierra se conformara de **una malla de dimensiones 30x30 m**, en la cual **los conductores** se encontraran **espaciados unos 2 m a lo ancho y 2 m a lo largo.**

Resultando una cantidad de conductores de la red:

- A lo largo de la malla: 16 conductores en paralelo.
- A lo ancho de la malla: 16 conductores en paralelo.

13.1.1. Jabalinas.

Optaremos en colocar, **distribuidas en la red, 10 jabalinas de acero-cobre IRAM 2309** marca “GENROD” **de dimensiones nominales 1/2” x 4500 mm**, compuesta por 2 tramos, uno de 3000 mm y otro de 1500 mm. Las características de estos productos son las siguientes:



Jabalinas acoplables acero-cobre

Código	Denominación	Descripción	Cant. x Envase
JCA 1215	LA 1415	Jabalina 1/2" x 1500 mm	10
JCA 1230	LA 1430	Jabalina 1/2" x 3000 mm	5
JCA 1615	LA 1615	Jabalina 5/8" x 1500 mm	5
JCA 1630	LA 1630	Jabalina 5/8" x 3000 mm	5
JCA 1915	LA 1815	Jabalina 3/4" x 1500 mm	5
JCA 1930	LA 1830	Jabalina 3/4" x 3000 mm	5

13.1.2. Conductor de tierra.

Se coloca para el tendido de la malla de tierra un **conductor desnudo de acero/cobre** de la marca “GENROD” con una **sección de 95 mm² - 7 N°9**, código **AC C95**, el cual tiene las siguientes características:

Cables de acero cobre

Código	Descripción	peso Kg/mts.
AC C25	Cable de 25 mm ² - 3 N° 8	0,206
AC C35	Cable de 35 mm ² - 7 N° 10	0,303
AC C50	Cable de 50 mm ² - 7 N° 8	0,482
AC C70	Cable de 70 mm ² - 7 N° 8	0,607
AC C95	Cable de 95 mm ² - 7 N° 9	0,766

13.2. Uniones entre conductores y jabalinas.

Las uniones entre los conductores que conforman la malla de tierra, como así entre estos y las jabalinas serán de soldadura cuproaluminotérmica, para ello será necesario el uso de los siguientes tipos de uniones.

- Unión XB entre cables pasantes.

Unión XB Molde Tipo C Cruce entre cables horizontales enteros Manija aplicable Modelo L160

Código	Sección cable pasante (mm ²)	Sección cable derivado(mm ²)	Cartucho soldadura	Tipo de molde utilizado
MS XBC2525	25	25	45	Especial Tipo 2
MS XBC3535	35	35	90	Especial Tipo 2
MS XBC3525	35	25	45	Especial Tipo 2
MS XBC5050	50	50	150	Especial Tipo 2
MS XBC5035	50	35	115	Especial Tipo 2
MS XBC5025	50	25	115	Especial Tipo 2
MS XBC7070	70	70	200	Especial Tipo 2
MS XBC7050	70	50	200	Especial Tipo 2
MS XBC7035	70	35	150	Especial Tipo 2
MS XBC9595	95	95	250	Especial Tipo 3
MS XBC9570	95	70	200	Especial Tipo 3



- Unión TA entre cable pasante y derivación.

Unión TA Molde Tipo C Conexión tipo T de cable pasante y derivación
Manija aplicable Modelo L160



Código	Sección cable pasante (mm ²)	Sección cable derivado(mm ²)	Cartucho soldadura	Tipo de molde utilizado
MS TAC2525	25	25	25	Estándar
MS TAC3535	35	35	32	Estándar
MS TAC3525	35	25	32	Estándar
MS TAC5050	50	50	90	Estándar
MS TAC5035	50	35	32	Estándar
MS TAC5025	50	25	32	Estándar
MS TAC7070	70	70	90	Estándar
MS TAC7050	70	50	90	Estándar
MS TAC7035	70	35	32	Estándar
MS TAC7025	70	25	32	Estándar
MS TAC9595	95	95	115	Especial Tipo 1
MS TAC9570	95	70	90	Especial Tipo 1

UNIÓN TA

- Unión tipo SS lineal entre cables horizontales.

Unión SS Molde Tipo C Unión lineal de cables horizontales
Manija aplicable Modelo L160

Código	Sección cable (mm ²)	Cartucho soldadura	Tipo de molde utilizado
MS SSC16	16	25	Estándar
MS SSC25	25	25	Estándar
MS SSC35	35	25	Estándar
MS SSC50	50	25	Estándar
MS SSC70	70	45	Estándar
MS SSC95	95	90	Especial Tipo 1
MS SSC120	120	115	Especial Tipo 1
MS SSC150	150	115	Especial Tipo 1



UNIÓN SS

- Unión GT entre cable pasante a tope de jabalina.

Unión GT Molde Tipo C Cable pasante a tope de jabalina
Manija aplicable Modelo L160

Código	∅ Jabalina (NI2309)	Sección cable (mm ²)	Cartucho soldadura	Tipo de molde utilizado
MS GTC1225	1/2"	25	65	Estándar
MS GTC1235	1/2"	35	65	Estándar
MS GTC1250	1/2"	50	65	Estándar
MS GTC1270	1/2"	70	90	Estándar
MS GTC1295	1/2"	95	115	Especial Tipo 1
MS GTC12120	1/2"	120	150	Especial Tipo 1
MS GTC12150	1/2"	150	200	Especial Tipo 1
MS GTC5825	5/8"	25	65	Estándar
MS GTC5835	5/8"	35	65	Estándar



UNIÓN GT

- Unión GR entre cable derivado y tope de jabalina.



UNIÓN GR

Unión GR Molde Tipo C Cable derivado a tope de jabalina
Manija aplicable Modelo L160

Código	Ø Jabalina (NIZ309)	Sección cable (mm ²)	Cartucho soldadura	Tipo de molde utilizado
MS GRC1225	1/2"	25	65	Estándar
MS GRC1235	1/2"	35	65	Estándar
MS GRC1250	1/2"	50	90	Estándar
MS GRC1270	1/2"	70	90	Estándar
MS GRC1295	1/2"	95	90	Especial Tipo 1
MS GRC12120	1/2"	120	90	Especial Tipo 1
MS GRC12150	1/2"	150	90	Especial Tipo 1
MS GRC5825	5/8"	25	65	Estándar
MS GRC5835	5/8"	35	65	Estándar
MS GRC5850	5/8"	50	90	Estándar

14. Comandos y telecomandos.

El control se basa en **mantener constante el nivel de agua en el canal de distribución**, para poder soportar sin inconvenientes las fluctuaciones del caudal requerido en el riego según lo demande el aguador.

Este nivel de “cota” o altura de columna de agua, **se traduce en** una medida de **presión**, por lo tanto **el sistema se regula por la caída o aumento de presión** de acuerdo con que el consumo de agua aumente o disminuya respectivamente, para cumplir con el fin de mantener la presión constante.

14.1. Automatización propuesta.

Para el **arranque / parada de las distintas bombas** se dispondrá de un control de nivel, el cual se hará **a través de un transductor de presión** mediante el cual se dispone **mantener constante la presión** del sistema.

La cañería de control se diseña de acero galvanizado, con un **diámetro de 1 pulgada**, el cual constara en ambos extremos con **un filtro de malla**, además de **dos válvulas esféricas** para permitir el purgado y acceso para el mantenimiento del sensor.

En conjunto **con el sistema de control y protección, se colocara un equipo de telecontrol para monitorizar y obtener información** de datos de los estados **de la estación de bombeo**.

14.2. Selección elementos de mando y control.

A continuación se detalla la selección de los elementos intervinientes en el sistema propuesto de automatización y control.

14.2.1. Variador de frecuencia.

Para el control PID, se utiliza un **variador de frecuencia** para control de bombas, **Frenic-eco** de la marca Fuji Electric, el cual fue **seleccionado en la sección 6.4.2**

Frenic-eco ha sido **diseñado para** contemplar todas las necesidades de los **sistemas de control de presión.**

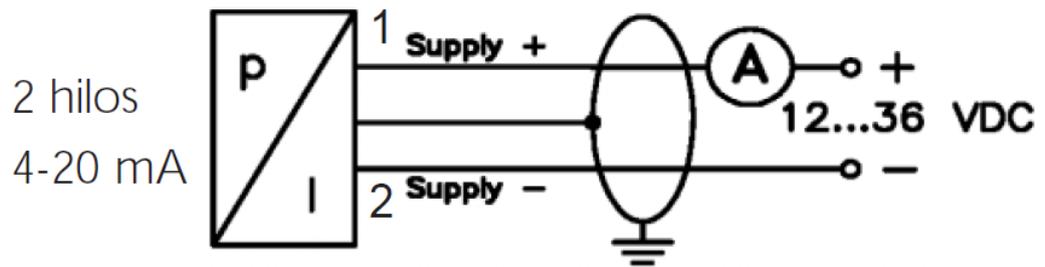
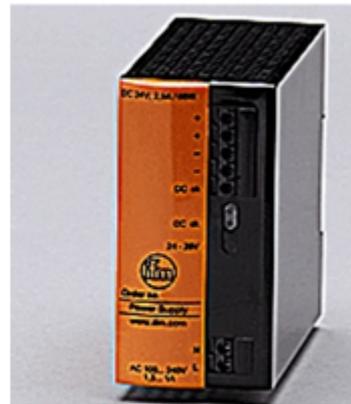
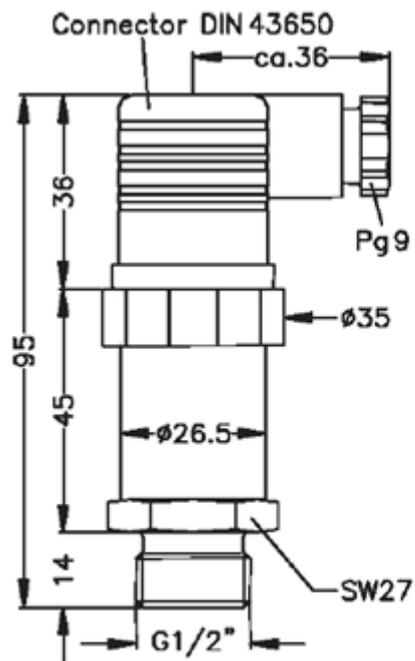
14.2.2. Transmisor de presión.

Mediante un elemento sensor y el suministro de energía auxiliar **la presión** existente en su aplicación **se convertirá en una señal eléctrica** reforzada, estandarizada a través, de la deformación de una membrana.

Para ello se selecciono un **transmisor de presión TPR-16/LP**, es un transmisor de presión creado para mediciones de baja presión **a partir de 10 mbar, salida 4-20 mA.**

Características técnicas:

TPR-16/LP .../HP	LP	HP
- Presión (mbar):	10 20 40 60 100 160	250 400 600 1000
- Rango:		
- Sobrepr. (mbar):	60 300	1000 3000
TPR-16/D		
- Pr. absoluta (bar):	-1.0 0,6 1 1,6 2,5 4 6 10 16 25 40 60 100 160 250 400 600	
- Sobrepr. (bar):	3 3 3 7 7 12 12 25 50 50 120 120 250 500 500 600 750	
- Exactitud:	≤± 0,5 % FSO	
- Conexión a proceso:	1/2" GAS DIN 3852	
- Protección encapsulado:	IP-65	
- Salida: ..	4-20 mA 2 hilos / 0-20 mA 3 hilos (opción 0-5 /0-10 V)	
- Conexión eléctrica:	conector DIN 43650	
- Tensión alimentación:	entre 12 y 36 Vcc	
- Carga máxima:		
2 hilos	[U _B (V) -12 V] / 0,02 A	
3 hilos	>500 Ω	
- Deriva térmica:	≤ ± 0,2 % FSO / año	
- Temperatura de trabajo		
Sensor:	-25 a +90 °C	
Ambiente:	-25 a +85 °C	
Almacenaje:	-40 a +100 °C	
- Tiempo de respuesta:	< 5 ms	
- Resistencia a vibraciones:	10 g / 20 a 2000 Hz	
- Resistencia a choques:	100 g / 11 ms	
- Materiales:		
Caja	Acero inox. 1.4571	
Sensor	Cerámica Al ₂ O ₃ 96%, silicio, RTV	
Juntas	FKM	

Conexión eléctrica:Dimensiones:

Peso: aprox. 0,200 kg

14.2.2.1. Fuente de alimentación para el transmisor de presión.

Se selecciona una fuente de la marca **IFM ELECTRONIC GMBH, modelo DN1030 PSU-1AC / 24V_{DC} - 1,3 A**, potencia de salida 30 W.

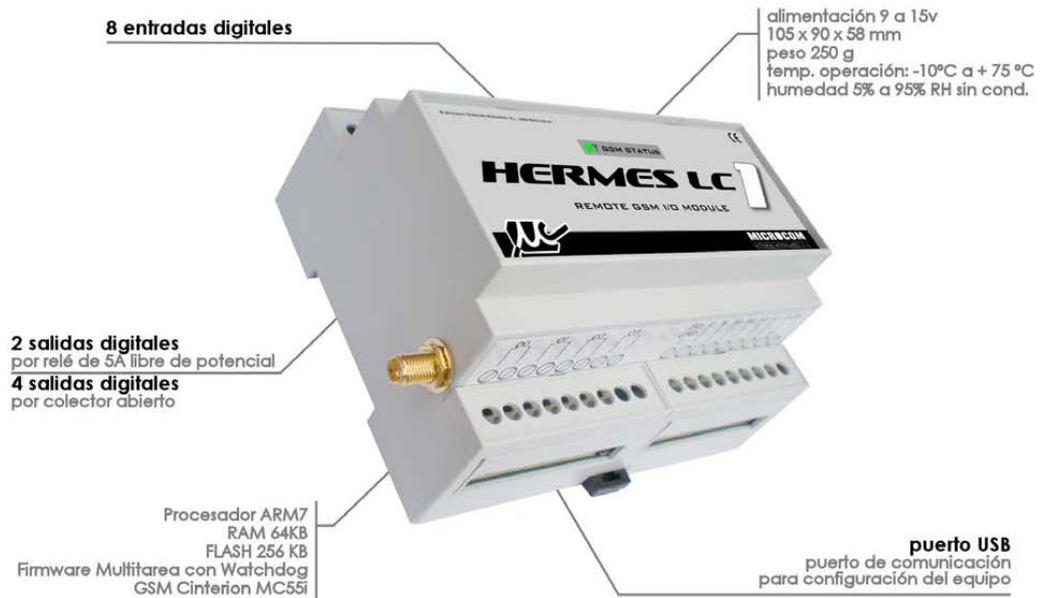
Datos eléctricos:

Rango de tensión de entrada [V]	100...240 AC ($\pm 10\%$)
Tensión nominal [V]	115 / 230 AC
Frecuencia nominal [Hz]	47...63
Tensión de salida [V]	24...28
Salida de corriente [A]	1,25
Eficiencia [%]	84 (230 V AC; 24 V DC; 1,25 A)
Protección contra cortocircuitos	sí
Resistente a sobrecargas	sí

14.2.3. Equipo de telecontrol.

Se adoptó un **equipo de telecontrol Hermes LC-1** de la marca Microcom.

El Hermes LC-1 es un completo **equipo de telecontrol vía GSM que permite controlar desde un teléfono y mediante el servicio de mensajes cortos las incidencias en instalaciones remotas** (estaciones de bombeo, sistemas de riego, repetidores, máquinas de vending, alarmas, etc.)



Características técnicas:

Alimentación	9 a 15v
Consumo	En reposo: 50mA Máximo: 500mA
Procesador	ARM7
Memoria de programa	Flash 256KB
Memoria de datos	64 KB
Memoria de histórico	Flash 256 KB >40000 registros
Radiomodem GSM	Cuatribanda Siemens MC55i
Tamaño	105 x 90 x 58 mm
Peso	250g
Temperatura de operación	-10°C a + 75°C

Entradas digitales:

Numero	8, activación por tensión entre 5 y 15v. Común a masa.
Impedancia	2200 ohm
Frecuencia de muestreo	100Hz

BUS 1Wire:

Numero	1
Voltaje	3,3V
Pull-up	1K

Salidas relé:

Numero	2 (OUT0 y OUT1)
Tensión	250VAC
Intensidad máxima	5A

Salidas por colector abierto:

Numero	4 (OUT2 a OUT5)
Tensión	No superior a la de alimentación.
Intensidad máxima	300mA

14.2.4. Contactores de Mando manual de bombas.

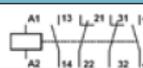
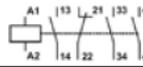
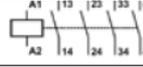
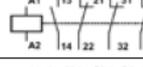
Marca	Modelo Línea	Código	Corriente de operación V bobina	Cantidad
WEG	CWC0 CWCA0	CWCA-31-00-D23	10 A 220V AC 50/60hz	6

Se seleccionó de catálogo “WEG” **contactor** compacto auxiliar, **modelo CWCA-31-00-D23**, para una In de 10 A. tensión de trabajo 220 V, con bobina CA 50/60 Hz y tensión de bobina 220V.

Contadores Compactos CWC0



Contadores Compactos Auxiliares CWCA0⁹⁾

Corriente térmica convencional I _n AC-1 A	Corriente de operación I _c AC-15 A					Diagrama de contactos	Referencia		Bobina CA	Bobina CC
	220V 230V	380V 400V	415V 440V	500V	660V 690V		Terminal tornillo	Terminal resorte	Peso kg	
10	10	6	5	4	2	 22 E	CWCA0-22-00♦	CWCA0-22-00♦S	0,180	0,200
						 31 E	CWCA0-31-00♦	CWCA0-31-00♦S		
						 40 E	CWCA0-40-00♦	CWCA0-40-00♦S		
						 13 E	CWCA0-13-00♦	CWCA0-13-00♦S		

Bobina CA - 50/60 Hz											
Aplicable para modelos CWC07...CWC025											
Códigos de tensión de bobinas	D02	D07	D13	D23	D24	D25	D33	D34	D35	D36	D39
V ca - 50/60 Hz	24	48	110	220	230	240	380	400	415	440	480

14.2.5. Temporizadores para Mando manual de bombas.

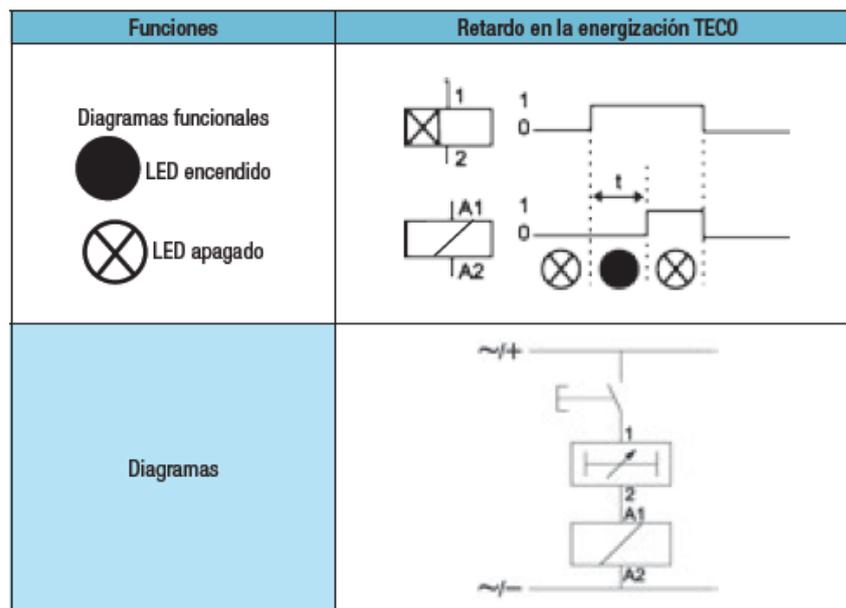
Marca	Modelo Línea	Código	Tensión de operación	Cantidad
WEG	CWC0 TECO	TECO- U030S-E05	24-240V AC 50/60hz	4

Se seleccionó de catálogo “WEG” temporizador electrónico para contactores, con la función retardo en la energización (TECO) de 3 hasta 30 segundos, modelo TECO-U030S-E05, con tensión de trabajo 24-220V CA 50/60 Hz.

Temporizador Electrónico para Contactores Compactos CWC07 hasta CWC025

- Montaje rápida a la derecha
- Temporización hasta 30min
- Indicación de status con LED

Foto ilustrativa	Función	Diagrama de contactos	Tensión	Referencia	Peso kg	
	Retardo en la energización (TECO)	3 - 0,3 hasta 3s	24-240V 50/60 Hz - CC	TECO-U003S-E05	0,02	
		10 - 1 hasta 10s		TECO-U010S-E05		
		30 - 3 hasta 30s		TECO-U030S-E05		
		60 - 6 hasta 60s		TECO-U060S-E05		
		100 - 10 hasta 100s		TECO-U100S-E05		
		300 - 30 hasta 300s		TECO-U300S-E05		
		1.800 - 180 hasta 1.800s		TECO-U030M-E05		
	Retardo en la desenergización (TDCO)	-	24-60 V ca/cc	100-240 V ca/cc		
		3 - 0,3 hasta 3s	TDCO-U010S-E04	TDCO-U003S-E09		
		10 - 1 hasta 10s	TDCO-U003S-E04	TDCO-U010S-E09		
		30 - 3 hasta 30s	TDCO-U030S-E04	TDCO-U030S-E09		
		60 - 6 hasta 60s	TDCO-U060S-E04	TDCO-U060S-E09		
		100 - 10 hasta 100s	TDCO-U100S-E04	TDCO-U100S-E09		
		300 - 30 hasta 300s	TDCO-U300S-E04	TDCO-U300S-E09		
	Estrella - Triángulo (TETCO)	30 - 3 hasta 30s	24-28 V 50/60 Hz	TETCO-U030S-D52		
110-130 V 50/60 Hz			TETCO-U030S-D61			
		220-240 V 50/60 Hz	TETCO-U030S-D66			



15. Listado de materiales.

EQUIPOS VARIOS			
Equipo	Marca	Características	Cantidad
Correa	DUNLOP	Perfil D, Desarrollo nominal 3967 mm (N°153)	30
Motores	WEG	Modelo W22, Potencia 90 kW 1485 rpm	6
Polea	TRANSMISIONES INDUSTRIALES ALFA	$\phi = 700$ mm, Canales 5	6
Polea	TRANSMISIONES INDUSTRIALES ALFA	$\phi = 450$ mm, Canales 5, Perfil D	6
Transformador de potencia	TADEO CZERWENY S.A	Potencia 400 kVA, Relación 33/0,4 kV	2
Bomba sumergible	GRUNDFOS	Modelo SP2A-6	1
Bombas	SYLWAN	Modelo S-40, Serie Gran Caudal	3

TABLEROS			
Equipo	Marca	Características	Cantidad
Barras flexibles	GENROD	Código 119821, In 630 A	30 metros
Distribuidor de entrada	NOLLMANN	Código HD 34310, n° barras 3+1	2
Distribuidor de salida	NOLLMANN	Código HD 54310, n° barras 3+1	2
Gabinete	GENROD	Código 97977262, Medidas 1800x600x450 mm	3
Gabinete	GENROD	Código 9797432, Medidas 900x450x450 mm	5
Gabinete para medidor de energía	DACROCE	Código 63019031, Medidas 600x500x230 mm	1
Prensa barras	GENROD	Código 119943	50
Zócalos para gabinetes	GENROD	Código 971945601, altura 100 mm	3

CONDUCTORES ELECTRICOS			
Equipo	Marca	Características	Cantidad
Conductor eléctrico tetrapolar	PRYSMIAN	Modelo sintenax valio, Sección 150/70 mm ²	50 metros
Conductor eléctrico tripolar	PRYSMIAN	Modelo sintenax valio, Sección 95 mm ²	180 metros
Conductor unipolar	PRYSMIAN	Modelo sintenax valio, Sección 16 mm ²	180 metros

EQUIPOS DE CONTROL Y MANDO			
Equipo	Marca	Características	Cantidad
Equipo telecontrol GSM	MICROCOM	Modelo Hermes LC-1	1
Fuente de alimentación	IFM ELECTRONIC GMBH	Modelo DN 1030 PSU-1AC/24Vdc-1,3A, Potencia 30W	1
Llave conmutadora	WEG	Código CK2F90	1
Lámpara ámbar	WEG	Código CSW-SD6	6
Lámpara roja	WEG	Código CEW-SM1D23	6
Lámpara verde	WEG	Código CEW-SM24D23	6
Pulsador	WEG	Código CSW-BESG	2
Pulsador c/luz roja	WEG	Código CSW-BCI1	6
Pulsador c/luz verde	WEG	Código CSW-BF	6
Sensor de nivel conductivo	CARLOS GAVAZZI	Código CLD1EA1CM24	1
Transmisión de presión	DESING INSTRUMENT	Modelo TPR-16/LP10	1

PROTECCIONES			
Equipo	Marca	Características	Cantidad
Contactador	WEG	Modelo CWC0, Código CWCA-31-00-D23, 10 A	6
Temporizador	WEG	Modelo CWCO, Código TEC0-U030S-E05	4
Arrancador Suave	WEG	Modelo SSW-07, Corriente 171 A	5
Ventilador	NOLLMANN	Modelo Galaxia 600, Potencia 30 W	1
Toroide relé vigirex	SCHNEIDER	Código 56053, Corriente operación 1600 A	2
Relé vigirex	SCHNEIDER	Modelo Vigirex RH99M	2
Seccionador fusible tripolar	WEG	Modelo FSW630-3, In 630 A, Pdc 25 kA	2
Seccionador fusible unipolar	FAMI	Modelo 89053, Tensión nominal 34,5 kV	3
Interruptor diferencial	SCHNEIDER	Código 16201, In 25 A, Sensibilidad 30 mA	2
Interruptor termomagnético	SCHNEIDER	Modelo tetrapolar Compact NS 630N, In 250/630 A	2
Interruptor termomagnético	SCHNEIDER	Modelo Tripolar NG 125N, In 10 A	1
Interruptor termomagnético	SCHNEIDER	Modelo Tripolar DBW250, In 200 A	6
Interruptor termomagnético	SCHNEIDER	Modelo Bipolar NG125N, In 40 A	1
Interruptor termomagnético	SCHNEIDER	Modelo Bipolar NG125N, In 20 A	1
Interruptor termomagnético	SCHNEIDER	Modelo Bipolar NG125N, In 10 A	1
Fusible	POSITROL	Modelo Universal 23", In 10 A, Un 33kV	3
Convertidor de frecuencia	FUJI ELECTRIC	Serie Frenic-Eco, Código FRN90F1S, In 160 A	1

Banco de capacitores automático	ABB	Modelo CLMT-1, 80 kVA, 4 pasos	2
Banco de capacitores fijo	ABB	Modelo CLMD-E45, 25 kVA	2
Celda de acometida en media tensión	TIPEN	Modelo AS, Tension nominal 36 kV	1
Celda de seccionamiento en media tensión	TIPEN	Modelo I, Tensión nominal 36 kV	1
Descargadores de sobretensión	ABB	Modelo Pexlim R, Un 18 a 144 kV	3

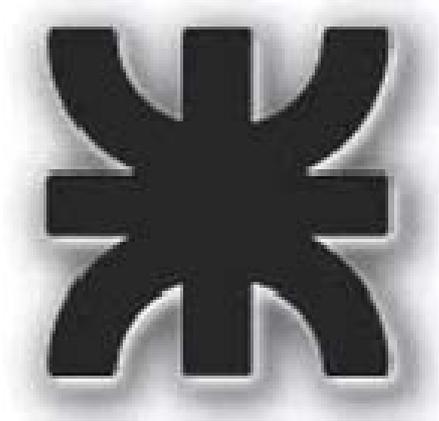
EQUIPOS DE MEDICION			
Equipo	Marca	Características	Cantidad
Amperímetro	THOMELEC	Código 5TH-A72.5A	6
Cosfímetro	THOMELEC	Código 5TH-COSFI.220, escala 0,5 cap a 0,5 ind	2
Escala de amperímetro	THOMELEC	Código 5TH-E72.500, 0 a 500 A	6
Modulo de transformación para medida	TAIT S.A	Modelo ECU 36, Tensión 33 kV, Corriente 5 a 500 A	1
Selectora de medición	THOMELEC	Código 5TH-CA, 4 posiciones	6
Selectora Voltimétrica	THOMELEC	Código 5TH-CV, 6 posiciones	2
Transformador de corriente	THOMELEC	Código 5TH-MNQ40.500, intensidad 500/5 A	18
Transformador de intensidad	THOMELEC	Código 5TH-MSQ60.100, Intensidad 1000/5 A	6
Voltímetro	THOMELEC	Código 5TH-V72.500, Escala 0 a 500 V	2

PUESTA A TIERRA			
Equipo	Marca	Características	Cantidad
Cajas de inspección	GENROD	Código Ci 1, 25x25 mm	10
Unión cuproaluminotermica GR	GENROD	Código MS GRC1295, Molde especial tipo 1	7
Unión cuproaluminotermica GT	GENROD	Código MS GTC1295, Molde especial tipo 1	13
Unión cuproaluminotermica SS	GENROD	Código MS SSC95, Molde especial tipo 1	50
Unión cuproaluminotermica TA	GENROD	Código MS TAC9595, Molde especial tipo 1	56
Unión cuproaluminotermica XB	GENROD	Código MS XBC9595, Molde especial tipo 3	196
Jabalinas	GENROD	Modelo L1620, Código JC 1620, 5/8"x2000 mm	10
Jabalinas	GENROD	Código JCA 1215, 1/2"x1500 mm	10
Jabalinas	GENROD	Código JCA 1230, 1/2"x3000 mm	10
conductor acero-cobre	GENROD	Código AC C50, Sección 50 mm ²	100 metros
conductor acero-cobre	GENROD	Código AC C95, Sección 95 mm ²	1000 metros

Tuberías			
Elemento	Proveedor	Características	Cantidad
Curva 45°	FALMETAL S.R.L	$\phi = 600$ mm	2
Curva 90°	FALMETAL S.R.L	$\phi = 800$ mm	6
Curva 90°	FALMETAL S.R.L	$\phi = 600$ mm	6
Tramos rectos	FALMETAL S.R.L	$\phi = 600$ mm	370 metros
Tramos rectos	FALMETAL S.R.L	$\phi = 800$ mm	35 metros
Tramos rectos	FALMETAL S.R.L	$\phi = 900$ mm	280 metros
Tubo difusor	FALMETAL S.R.L	$\phi = 400/600$ mm	6
Tubo difusor	FALMETAL S.R.L	$\phi = 400/800$ mm	6
Tubo difusor	FALMETAL S.R.L	$\phi = 600/900$ mm	2
Unión en forma de Y	FALMETAL S.R.L	$\phi = 600$ mm	2
Válvula de pie con filtro	FALMETAL S.R.L	$\phi = 800$ mm	6
Válvula de retención	FALMETAL S.R.L	$\phi = 600$ mm	4
Válvula de venteo	FALMETAL S.R.L	$\phi = 600$ mm	4
Válvula de venteo	FALMETAL S.R.L	$\phi = 900$ mm	4
Válvula exclusiva	FALMETAL S.R.L	$\phi = 600$ mm	4

Capítulo V.

Memorias de Cálculo.



REDISEÑO Y AMPLIACION DE CENTRAL DE BOMBEO PARA ARROCERA.**INDICE CAPITULO V.**

1. Introducción.....	148
2. Alternativas de sistemas de bombeo.....	148
2.1. 1° alternativa Reutilización de las bombas.....	149
2.1.1. Bombas.....	149
2.1.2. Tuberías.....	152
2.1.2.1. Perdida de carga en tuberías.....	152
2.1.2.1.3. Perdidas de carga totales.....	160
2.1.2.2. Altura de aspiración positiva neta disponible.....	160
2.1.3. Dimensionado de la transmisión por correas.....	162
2.1.3.1. Cubre correas.....	169
2.1.4. Potencia de bombeo necesaria.....	170
2.2. 2° alternativa Bombas de acople directo.....	173
2.2.2. Bombas centrifugas.....	173
2.2.2.1. Selección de bombas.....	173
2.2.2.2. Acoplamiento elástico.....	179
2.2.3. Tuberías.....	182
2.2.3.1. Perdidas en tuberías.....	182
2.2.3.1.3. Perdidas de carga totales.....	190
2.2.3.2. Altura de aspiración positiva neta disponible.....	190
2.2.4. Potencia de bombeo necesaria.....	192
2.3. Comparación entre ambas alternativas.....	194
3. Sistema de purgado.....	195
3.1. Selección de equipos de purgado.....	195
3.1.2. Detector de nivel conductivo.....	195
3.1.3. Bomba sumergible.....	198
3.1.4. Tubería de purgado.....	199
4. Selección de motores eléctricos.....	199
4.1. Base de sujeción para motores.....	203
5. Motores diesel.....	204
6. Análisis de costos gas oíl vs energía eléctrica.....	205

6.1.	Consumo de gas oíl.....	206
6.2.	Consumo de energía eléctrica.....	207
6.3.	Comparación de los costos.....	208
7.	Cálculo de la sección de los conductores.....	211
7.1.	Sección mínima por caída de tensión.....	211
7.1.2.	Sección de conductor tramo tablero secundario-motor.....	212
7.1.3.	Sección de conductor tramo transformador – tablero.....	213
7.2.	Sección del conductor por corriente máxima admisible.....	213
7.3.	Selección de los conductores.....	214
7.4.	Verificación del conductor por caída de tensión.....	217
7.4.2.	Verificación de la caída de tensión en régimen.....	217
7.4.3.	Verificación de la caída de tensión en el arranque.....	218
8.	Trazado eléctrico.....	220
9.	Métodos de arranques de motores trifásicos.....	225
9.1.	Selección del tipo de arranque.....	232
10.	Protecciones de baja tensión.....	235
10.1.	Interruptor termomagnético general.....	237
10.1.2.	Relé Vigirex.....	240
10.2.	Interruptor termomagnético tripolar.....	242
10.3.	Interruptores termomagnéticos y diferenciales monofásicos.....	243
10.4.	Barras distribuidoras.....	249
10.4.2.	Barras flexibles.....	250
11.	Instrumentos de medición.....	252
11.1.	Amperímetros.....	253
11.2.	Voltímetro.....	257
11.3.	Cosfímetro.....	258
12.	Pulsadores y señales lumínicas.....	260
13.	Gabinetes.....	264
13.1.	Zócalos para gabinetes.....	268
13.2.	Soportes para tableros secundario N° 1 a 5.....	268
14.	Convertidor de frecuencia.....	270
14.1.	Ventilador.....	271
15.	Interruptor termomagnético tableros secundarios.....	272

16. Factor de potencia.....	274
16.1. Compensación del factor de potencia.....	275
16.2. Métodos de compensación.....	277
16.3. Tipos de bancos de capacitores.....	280
16.4. Método de compensación adoptado.....	282
16.4.2. Potencia reactiva necesaria para la compensación.....	283
16.4.3. Selección del banco de capacitores automático.....	285
17. Compensación fija para transformador.....	289
17.1. Batería fija de condensadores.....	291
18. Puesta a tierra de protección.....	292
18.1. Resistividad del terreno.....	293
18.2. Selección de la jabalina.....	293
18.3. Calculo del conductor de protección.....	295
18.4. Cajas de inspección.....	295
19. Subestación transformadora MT / BT.....	296
19.1. Potencia de los transformadores.....	296
19.1.2. Grupo de conexión.....	297
19.1.3. Potencia necesaria del Transformador 1.....	298
19.1.4. Potencia necesaria del Transformador 2.....	298
19.2. Selección del transformador.....	299
20. Protección en media tensión.....	301
20.1. Centro de transformación ó subestación MT / BT.....	301
20.1.2. Tipo constructivo de la Subestación.....	302
20.1.3. Cerco perimetral.....	305
20.1.4. Señalización del cerco perimetral según AEA 95401.....	308
20.1.5. Instalación de los transformadores.....	308
21. Disposiciones particulares para la solicitud del servicio.....	310
21.1. Acometida desde la red de media tensión.....	312
21.1.2. Gabinetes para medidores.....	313
21.2. Descripción de acometida y puesto de medida indirecto en media tensión.....	313
21.2.2. Diseño de la acometida y puesto de medición.....	315
21.3. Celdas de Media Tensión.....	326

21.3.2. Celda de acometida.....	327
21.3.3. Celda de seccionamiento.	328
22. Tratamiento del neutro y puesta a tierra.....	332
22.1. Elección del régimen de neutro.....	336
23. Puesta a tierra de la SET.....	336
23.1. Valores máximos de la resistencia de puesta a tierra.	336
23.2. Sección mínima de los conductores de neutro en la SET.....	337
23.3. Diseño de la red de puesta a tierra.....	337
23.3.2. Uniones entre conductores y jabalinas.....	339
23.4. Valores límites de diseño.....	343
23.5. Sección mínima del conductor de tierra.	345
23.6. Tensión de Malla (E_m).	347
23.7. Tensión de paso (E_s).....	350
23.8. Red de puesta a tierra.....	351
24. Comandos y telecomandos.	355
24.1. Narración de la automatización propuesta.....	355
24.2. Selección de los elementos.	357
24.2.2. Variador de frecuencia.....	357
24.2.3. Control por presión constante con lazo PID.....	358
24.2.4. Modo de control.....	360
24.2.5. Transmisor de presión.....	362
24.2.6. Fuente de alimentación para el transmisor de presión.....	364
24.2.7. Contactores de Mando manual de bombas.....	365
24.2.8. Temporizadores para Mando manual de bombas.	366
24.3. Equipo de telecontrol.	367

1. Introducción.

Actualmente la arrocera cuenta con un sistema de riego instalado, el cual tiene una capacidad para regar unas 1000 hectáreas de cultivo.

Dicho sistema consta de tres grupos de bombas del tipo axial-helicoidal impulsadas por motores diesel. Las cuales están dispuestas a la vera del canal destinado a la alimentación de agua para el bombeo, encontrándose colocadas sobre una plataforma de hormigón con sus respectivas bases y acoples mediante transmisión a correas con los motores diesel.

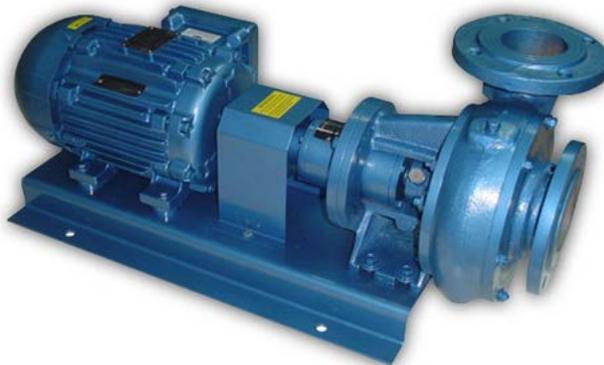
2. Alternativas de sistemas de bombeo.

Se desarrollara el estudio de dos alternativas diferentes de grupos de bombeo en cuanto a su acoplamiento bomba motor eléctrico.

La primera alternativa será la reutilización de las bombas existentes en la instalación, las cuales se acoplan a los motores eléctricos por medio de una transmisión a correa.



La segunda alternativa será el reemplazo de todo el grupo de bombeo existente, seleccionando bombas que sean capaces de tener las mismas prestaciones que las instaladas pero a su vez que su régimen de vueltas les permita un acople directo con los motores eléctricos.



Luego de tener los valores de cálculo para ambas alternativas se hará una comparación enumerando las ventajas y desventajas que presentan cada una de las disposiciones.

2.1. 1° alternativa Reutilización de las bombas.

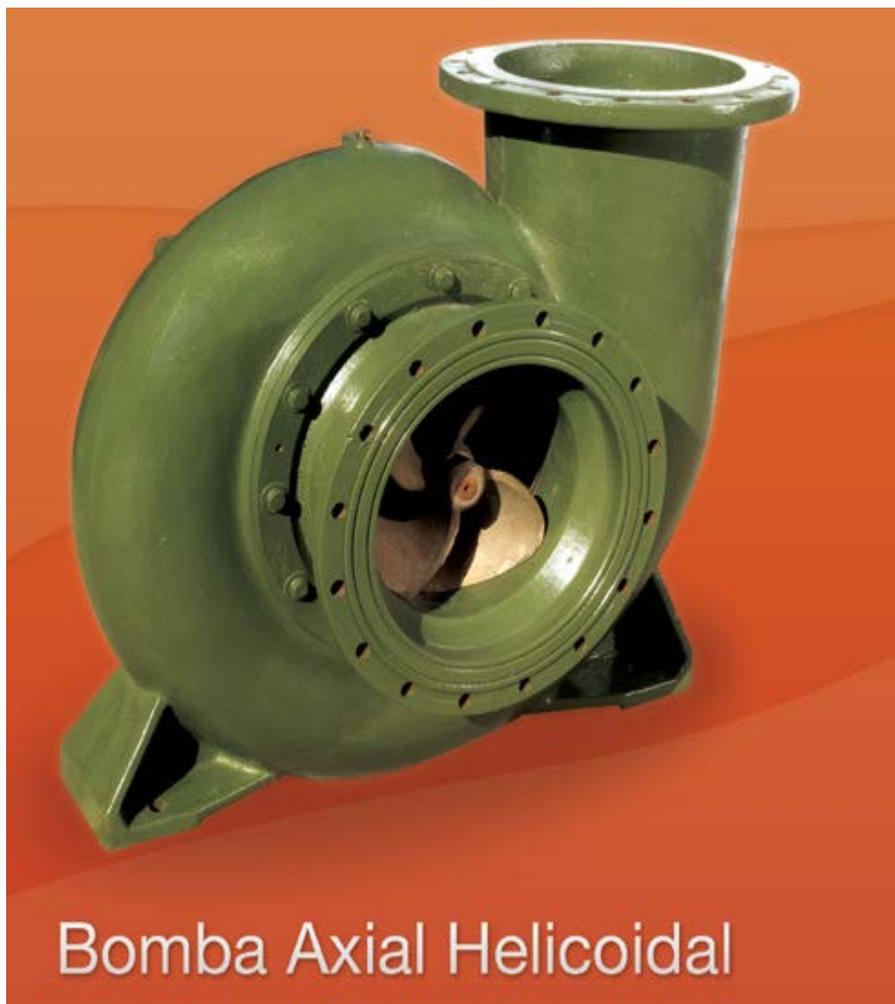
En este punto se desarrollaran los cálculos necesarios para determinar las condiciones de las tuberías y potencias de bombeo necesario si se reutilizaran las bombas instaladas actualmente y se las acoplara a un motor eléctrico.

2.1.1. Bombas.

Las bombas están colocadas sobre una plataforma de hormigón con sus respectivas bases y acoples mediante transmisión a correas con los motores diesel.

Estas bombas son de industria nacional marca "SYLWAN", modelo S-40 pertenecientes a la serie gran caudal.

La distribución de las mismas se encuentra detallada en el Plano N°1 "Distribución de equipos de bombeo".



Las características que presentan son:

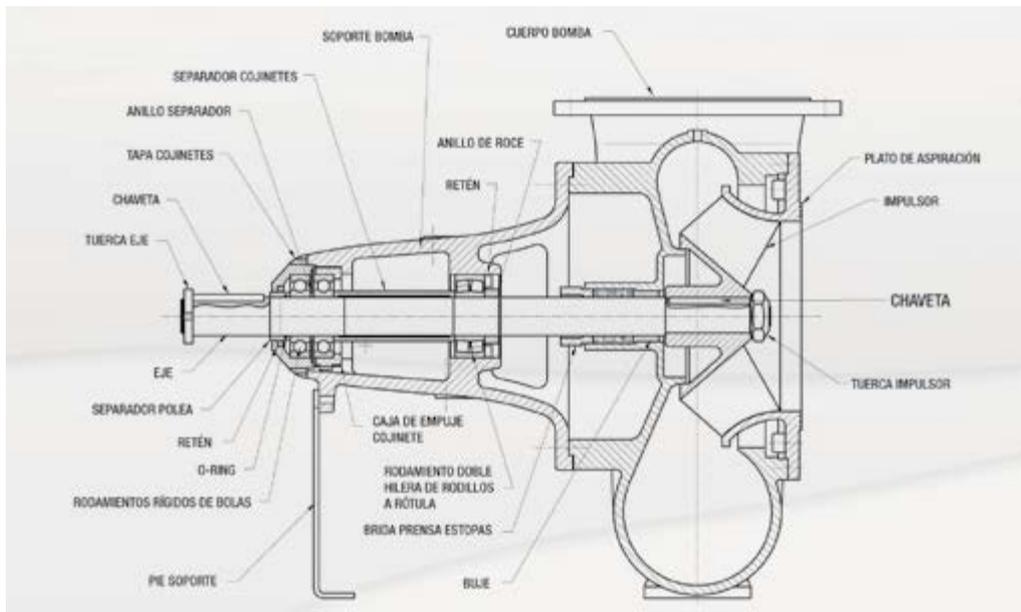
- Adecuadas para cubrir grandes caudales.
- Muy poco mantenimiento.
- Apto para el bombeo de aguas de río o lagunas.
- Fácil instalación.

Campo de empleo:

- Caudales de 400 a 9500 m³/h.
- Presión máxima de 2,5 kg/cm².
- Apta para el bombeo de aguas con sólidos.
- Accionamiento con poleas o acopladas a motores eléctricos.

Materiales constructivos:

- Impulsor de bronce.
- Cuerpo de fundición de hierro.
- Eje de acero 1045.
- Carter con amplios cojinetes en baño de aceite o grasa.



Punto de trabajo:

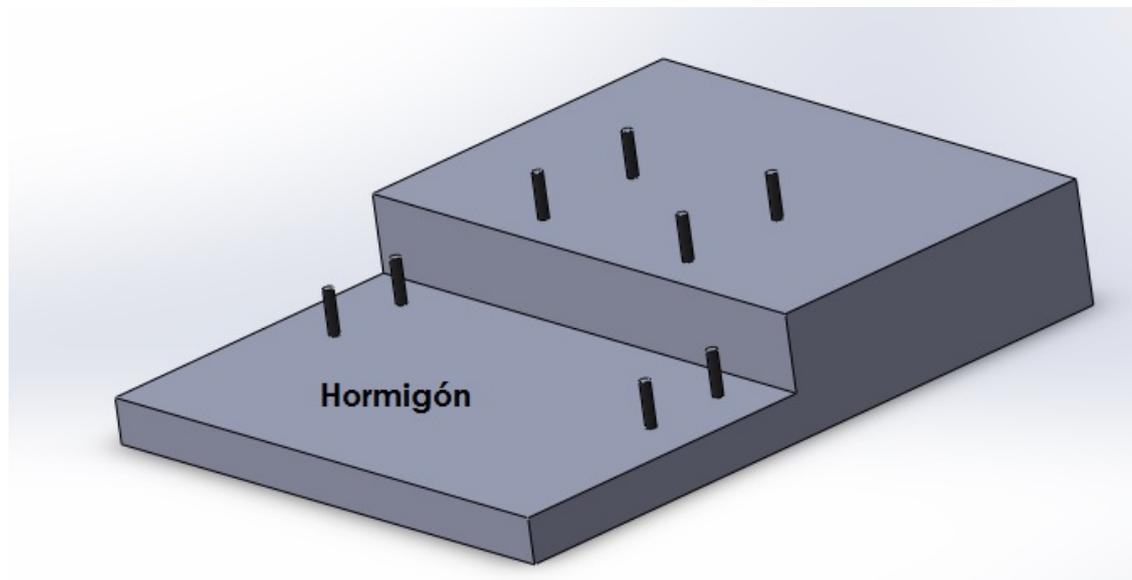
Estas bombas se encuentran trabajando a un régimen aproximado de 850 revoluciones por minuto entregando las siguientes prestaciones:

RPM : Modelo	970			850			750		
	Q	H	HP	Q	H	HP	Q	H	HP
S - 40	1400	20	128	1250	15	86	1100	12	59
	1700	18	134	1500	13,5	89	1300	11	61
	2000	15,5	135	1750	12	91	1550	9,5	62
	2200	14	132	1950	10,5	89	1700	8,5	60
400 mm	2400	12	126	2100	9	85	1850	7	58
	2600	10	115	2300	7,5	77	2000	6	53
	2750	8	105	2400	6	70	2100	5	48

Donde:

- Q = Caudales en metros cúbicos por hora.
- H = Altura manométrica total en metros.
- HP = Potencia absorbida.

2.1.1.1. Sujeción de las bombas.



Cada una de las bombas estará sujeta a la base de hormigón a través de ocho anclajes con varillas roscadas colocadas en la cimentación antes del hormigonado.

El diámetro de estas varillas es de 22 milímetros y soportan una carga de rotura de 304 kN.

Re / Rm	Ø nominal	Carga límite elástico	Carga rotura	Sección	Peso
[N/mm ²]	[mm]	[kN]	[kN]	[mm ²]	[kg/m]
670 / 800	18	170	204	254	2,00
670 / 800	22	255	304	380	2,98
670 / 800	25	329	393	491	3,85
670 / 800	28	413	493	616	4,83
670 / 800	30	474	565	707	5,55
670 / 800	35	645	770	962	7,55
670 / 800	43	973	1162	1452	11,40
670 / 800	57,5	1740	2077	2597	20,38
670 / 800	63,5	2122	2534	3167	24,86
670 / 800	75	2960	3535	4418	34,68

La distribución de los mismos se lleva a cabo a través de la plantilla de dimensiones de la bomba. Los detalles de construcción se encuentran en el Plano N°2 “Base y Fundación de Bombas”.

2.1.2. Tuberías.

A partir del conocimiento de las dimensiones y disposición de las tuberías instaladas en la actualidad, además de los accesorios que componen las mismas, se hará un análisis para determinar si estas tuberías instaladas son adecuadas a las condiciones de trabajo, estando los parámetros de referencia dentro de los recomendados para las instalaciones de este tipo.

También se calculará el NPSH disponible en la instalación, para luego compararlo con el requerido por el modelo de bomba utilizado con el fin de determinar si dicha bomba trabaja en condiciones óptimas.

Si una vez terminado el análisis se logra verificar el apto funcionamiento de las tuberías, se diseñará para la parte que corresponde a la ampliación tuberías de las mismas características.

2.1.2.1. Pérdida de carga en tuberías.

Al circular un fluido a través de un conducto de tubería se presentan dos tipos de pérdidas de cargas, denominadas pérdidas primarias y secundarias.

Las pérdidas primarias son las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería, rozamientos de unas capas de fluidos con otras o de las partículas de fluido entre sí. Tienen lugar en flujo uniforme, por tanto principalmente en los tramos de tubería rectos y de sección constante.

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma, que tienen lugar en las transiciones, codos, válvulas y en toda clase de accesorios de tubería.

Para determinar el valor de dichas pérdidas dividimos la tubería en dos tramos llamados tramos de aspiración y tramo de descarga, situados antes y después de la bomba respectivamente.

Por último las pérdidas totales en la tubería serán las obtenidas al sumar las de los tramos de aspiración y descarga mencionados anteriormente.

2.1.2.1.1. Pérdidas de carga en tuberías de aspiración.

Las tuberías de aspiración son idénticas para cada una de las bombas, por lo tanto los valores obtenidos en este punto son aplicables a cada una de las bombas instaladas.

Para el cálculo de estas pérdidas primero se determina la longitud total equivalente de la tubería. Esta longitud es la suma de la extensión de los tramos rectos de la tubería, mas las longitudes equivalentes de cada uno los accesorios que la componen.

Los datos relevados necesarios a tener en cuenta para dicho cálculo son:

- Longitud de tramos rectos 4 metros.
- Diámetro de la tubería 800 milímetros.
- Caudal conducido a régimen máximo 1950 m³/h.

Con el caudal y el diámetro de la tubería determinamos la velocidad del fluido, la cual no debería sobrepasar el límite de velocidad recomendado para los conductos de aspiración de agua, marcado en 1,5 m/s.

$$v_{asp} = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right]}{A \left[m^2 \right]} = \frac{0,542 \frac{m^3}{s}}{0,502 m^2}$$

$$v_{asp} = 1,08 \frac{m}{s} < 1,5 \frac{m}{s} \rightarrow \text{adecuada.}$$

Además se deben obtener las longitudes equivalentes de los siguientes accesorios que componen el tramo:

- Un codo a 90° de gran curvatura y diámetro 800 mm.
- Una válvula de pie con filtro de mallan de diámetro 800 mm.
- Un tubo difusor excéntrico (800 mm / 400 mm).

A partir del nomograma que relaciona el tipo de accesorio y su diámetro con la equivalencia en longitud recta ver anexo Figura 1 se obtiene para cada elemento:

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]
Curva 90°	1	16,15
Válvula de pie	1	90
Tubo difusor d/D 0,5	1	4,87

Por lo tanto la longitud equivalente debido a todos los accesorios será la sumatoria de la equivalencia por cada elemento, resultando:

$$L_{eq.} = \sum L_{eq.i} = L_{eq\ codo} + L_{eq\ valvula} + L_{eq\ difusor}.$$

$$L_{eq.} = 16,15m + 90m + 4,87m = 111,02\ m.$$

Y la longitud total equivalente a considerar es:

$$L_{tot\ eq.} = L_{eq.} + L_{tramo\ recto}.$$

$$L_{tot\ eq.} = 111,02m + 4m = 115,02\ m.$$

De la figura 12 “pérdidas equivalentes por cada 100 metros de tubería”, del manual de bombas KSB ver anexo Figura 2 entrando con el diámetro de 800 mm y un caudal de 1950 m³/h obtenemos:

$$h_{eq} = \frac{0,15mca}{100m}.$$

Para calcular el total de pérdidas a lo largo del tramo a este valor además de multiplicarlo por la longitud total equivalente se la debe aplicar un coeficiente de corrección de acuerdo al material de la tubería. En este caso se debe tomar un coeficiente de 1,25, valor que corresponde a tuberías de acero viejas y oxidadas.

Resultando de esta manera una pérdida en la aspiración de:

$$H_{aspiracion} = 1,25 \cdot h_{eq} \cdot L_{tot\ eq.}$$

$$H_{aspiracion} = 1,25 \cdot \frac{0,15mca}{100m} \cdot 115,02m = 0,215\ mca.$$

2.1.2.1.2. Perdidas de carga en tuberías de descarga.

Las llamadas tuberías de descarga son las encargadas de transportar el fluido desde las salidas de las bombas hasta el punto ubicado en el distribuidor de riego.

Debido a la disposición de las bombas se tienen dos tuberías de descargas diferentes, una destinada a transportar el caudal de dos bombas trabajando en paralelo, por la cual circulara un caudal máximo 3900 m³/h cuando las dos bombas se encuentren trabajando a pleno régimen.

La tubería restante transportara el caudal de otra de las bombas, circulando un flujo máximo por la misma de 1950 m³/h.

Por lo detallado anteriormente se deben calcular las pérdidas de ambas tuberías por separado.

El método de cálculo es el mismo que el utilizado en el punto anterior para determinar las perdidas en la aspiración.

a) Perdidas en la línea que transporta el caudal de 1950 m³/h.

Los datos relevados necesarios a tener en cuenta para dicho cálculo son:

- Longitud de tramos rectos 155 metros.
- Diámetro de la tubería 600 milímetros.
- Caudal conducido a régimen máximo 1950 m³/h.

Con el caudal y el diámetro de la tubería determinamos la velocidad del fluido, la cual no debería sobrepasar el límite de velocidad recomendado para los conductos de descarga de agua, marcado en 2,5 m/s.

$$v_{desc} = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right]}{A \left[m^2 \right]} = \frac{0,542 \frac{m^3}{s}}{0,283 m^2}$$

$$v_{desc} = 1,91 \frac{m}{s} < 2,5 \frac{m}{s} \rightarrow \text{adecuada.}$$

Además se deben obtener las longitudes equivalentes de los siguientes accesorios que componen el tramo:

- Una curva a 90 grados de gran curvatura, diámetro 600 mm.
- Una curva a 45 grados, diámetro 600 mm.
- Un difusor excéntrico 400 mm a 600 mm.
- Dos válvulas de venteo.

A partir del nomograma que relaciona el tipo de accesorio y su diámetro con la equivalencia en longitud recta ver anexo Figura 1, se obtiene para cada elemento:

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]
Curva 90°	1	10
Curva 45°	1	7
Tubo difusor d/D 2/3	1	10
Válvula de venteo	2	despreciable

Por lo tanto la longitud equivalente debido a todos los accesorios será la sumatoria de la equivalencia por cada elemento, resultando:

$$L_{eq.} = \sum L_{eq.i} = L_{eq \text{ codo } 90} + L_{eq \text{ codo } 45} + L_{eq \text{ difusor}} + L_{eq \text{ valv venteo}}.$$

$$L_{eq.} = 10m + 7m + 10m + 0m = 27 m.$$

Y la longitud total equivalente a considerar es:

$$L_{tot \text{ eq.}} = L_{eq.} + L_{tramo \text{ recto}}.$$

$$L_{tot \text{ eq.}} = 27m + 155m = 182m.$$

De la figura 12 “pérdidas equivalentes por cada 100 metros de tubería”, del manual de bombas KSB ver anexo Figura 2, entrando con el diámetro de 800 mm y un caudal de 1950 m³/h obtenemos:

$$h_{eq} = \frac{0,5mca}{100m}.$$

Como para la aspiración, a este valor lo multiplicamos por la longitud total equivalente y el coeficiente de 1,25 correspondiente a tuberías de acero viejas y oxidadas.

Resultando de esta manera una pérdida en la aspiración de:

$$H_{descarga} = 1,25 \cdot h_{eq} \cdot L_{tot \text{ eq.}}$$

$$H_{descarga} = 1,25 \cdot \frac{0,5mca}{100m} \cdot 182m = 1,14 mca.$$

b) Perdidas en la línea que transporta el caudal de 3900 m³/h.

En este caso se deben repartir las pérdidas en dos tramos, el situado antes de la unión, que vincula la descarga individual de cada bomba con el tramo que llega al distribuidor, y el que se encuentra después de esta y llega hasta el distribuidor.

Primero se hará el cálculo del tramo comprendido entre la bomba y la unión, para lo cual los datos relevados necesarios a tener en cuenta para dicho cálculo son:

- Longitud de tramos rectos 15 metros.
- Diámetro de la tubería 600 milímetros.
- Caudal conducido a régimen máximo 1950 m³/h.

Con el caudal y el diámetro de la tubería determinamos la velocidad del fluido, la cual no debería sobrepasar el límite de velocidad recomendado para los conductos de descarga de agua, marcado en 2,5 m/s.

$$v_{desc} = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right]}{A \left[m^2 \right]} = \frac{0,542 \frac{m^3}{s}}{0,283 m^2}$$

$$v_{desc} = 1,91 \frac{m}{s} < 2,5 \frac{m}{s} \rightarrow \text{adecuada.}$$

Además se deben obtener las longitudes equivalentes de los siguientes accesorios que componen el tramo:

- Una curva a 90° de gran curvatura, diámetro 600 mm.
- Un difusor excéntrico 400 mm a 600 mm.
- Una válvula exclusiva de diámetro 600 mm.
- Una válvula de retención tipo clapeta de diámetro 600 mm.

A partir del nomograma que relaciona el tipo de accesorio y su diámetro con la equivalencia en longitud recta ver anexo Figura 1, se obtiene para cada elemento:

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]
Curva 90°	1	10
válvula exclusiva	1	4,5
Tubo difusor d/D 2/3	1	10
Válvula de retención	1	50

Por lo tanto la longitud equivalente debido a todos los accesorios será la sumatoria de la equivalencia por cada elemento, resultando:

$$L_{eq.} = \sum L_{eq.i} = L_{eq\ codo} + L_{eq\ valvula} + L_{eq\ difusor} + L_{eq\ valv\ retencion.}$$

$$L_{eq.} = 10m + 4,5m + 10m + 50m = 74,5 m.$$

Y la longitud total equivalente a considerar es:

$$L_{tot\ eq.} = L_{eq.} + L_{tramo\ recto.}$$

$$L_{tot\ eq.} = 74,5m + 15m = 89,5\ m.$$

De la figura 12 “pérdidas equivalentes por cada 100 metros de tubería”, del manual de bombas KSB ver anexo Figura 2, entrando con el diámetro de 800 mm y un caudal de 1950 m³/h obtenemos:

$$h_{eq} = \frac{0,5mca}{100m}.$$

Como para los tramos anteriores, a este valor lo multiplicamos por la longitud total equivalente y el coeficiente de 1,25 correspondiente a tuberías de acero viejas y oxidadas.

De esta manera la perdida resultante será:

$$H_{bomba-union} = 1,25 \cdot h_{eq} \cdot L_{tot\ eq.}$$

$$H_{bomba-union} = 1,25 \cdot \frac{0,5mca}{100m} \cdot 89,5m = 0,55\ mca.$$

Ahora bien para el siguiente tramo, comprendido entre la unión y la descarga en el distribuidor, se deben tener en cuenta los siguientes valores:

- Longitud de tramos rectos 140 metros.
- Diámetro de la tubería 900 milímetros.
- Caudal conducido a régimen máximo 3900 m³/h.

Con el caudal y el diámetro de la tubería determinamos la velocidad del fluido, la cual no debería sobrepasar el límite de velocidad recomendado para los conductos de descarga de agua, marcado en 2,5 m/s.

$$v_{desc} = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right]}{A \left[m^2 \right]} = \frac{1,1 \frac{m^3}{s}}{0,636m^2}$$

$$v_{desc} = 1,73 \frac{m}{s} < 2,5 \frac{m}{s} \rightarrow \text{adecuada}$$

Además se deben obtener las longitudes equivalentes de los siguientes accesorios que componen el tramo:

- Un difusor excéntrico 600 mm a 900 mm.
- Una T de unión en forma de Y 600 mm.
- Dos válvulas de venteo.

A partir del nomograma que relaciona el tipo de accesorio y su diámetro con la equivalencia en longitud recta ver anexo Figura 1, se obtiene para cada elemento:

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]
Unión en forma de Y	1	14
Tubo difusor d/D 2/3	1	22
Válvula de venteo	2	despreciable

Por lo tanto la longitud equivalente debido a todos los accesorios será la sumatoria de la equivalencia por cada elemento, resultando:

$$L_{eq.} = \sum L_{eq.i} = L_{eq\ union} + L_{eq\ difusor} + L_{eq\ valv\ venteo.}$$

$$L_{eq.} = 14m + 22m + 0m = 36 m.$$

Y la longitud total equivalente a considerar es:

$$L_{tot\ eq.} = L_{eq.} + L_{tramo\ recto.}$$

$$L_{tot\ eq.} = 36m + 140m = 176 m.$$

De la figura 12 “pérdidas equivalentes por cada 100 metros de tubería”, del manual de bombas KSB ver anexo Figura 2, entrando con el diámetro de 800 mm y un caudal de 1950 m³/h obtenemos:

$$h_{eq} = \frac{0,22mca}{100m}.$$

Como para los tramos anteriores, a este valor lo multiplicamos por la longitud total equivalente y el coeficiente de 1,25 correspondiente a tuberías de acero viejas y oxidadas.

De esta manera la perdida resultante será:

$$H_{union-distribuidor} = 1,25 \cdot h_{eq} \cdot L_{tot\ eq.}$$

$$H_{union-distribuidor} = 1,25 \cdot \frac{0,22mca}{100m} \cdot 176m = 0,48 mca.$$

Obtenidas las pérdidas en los dos tramos considerados la pérdida total en la tubería de descarga para las dos bombas en paralelo será:

$$H_{descarga} = H_{bomba-union} + H_{union-distribuidor}$$

$$H_{descarga} = 0,55 \text{ mca} + 0,48 \text{ mca} = 1,03 \text{ mca.}$$

2.1.2.1.3. Pérdidas de carga totales.

Calculadas las pérdidas en los tramos de aspiración y descarga separadamente, al sumarlas se obtienen las pérdidas totales entre la aspiración (punto 1) y la descarga en el distribuidor (punto 2) como se explico anteriormente.

Por lo tanto para la bomba que trabaja en forma individual, se tiene una pérdida total de:

$$H_{1,2 \text{ indivial}} = H_{aspiracion} + H_{descarga}$$

$$H_{1,2 \text{ indivial}} = 0,215 \text{ mca} + 1,14 \text{ mca} = 1,355 \text{ mca.}$$

Y en la tubería que transporta el caudal de las bombas trabajando en paralelo, el total de perdidas es:

$$H_{1,2 \text{ paralelo}} = H_{aspiracion} + H_{descarga}$$

$$H_{1,2 \text{ paralelo}} = 0,215 \text{ mca} + 1,03 \text{ mca} = 1,245 \text{ mca.}$$

2.1.2.2. Altura de aspiración positiva neta disponible.

Para un correcto funcionamiento de las bombas instaladas debe verificarse que la altura de aspiración positiva neta disponible de la instalación ($NPSH_{disp.}$) sea mayor a la requerida por el modelo de bomba utilizado ($NPSH_{req.}$).

De esta manera se evitara el fenómeno de cavitación, el cual produce innumerables problemas hidrodinámicos.

En el caso de las bombas la cavitación produce dos efectos perjudiciales principales: disminución del rendimiento y erosión.

La aparición de dicho fenómeno está relacionado con el tipo de bomba, es mayor el riesgo cuanto mayor sea el número específico de revoluciones, y con la instalación de la bomba, relacionada con la cota del eje de la bomba sobre el nivel del líquido a aspirar.

También nunca se deberá exceder el máximo caudal permisible para evitar la cavitación.

La ecuación que nos da el valor del citado NPSH es:

$$NPSH_{disponible} = \frac{P_1 - P_{sat\ vap.}}{\rho} - Z_{asp} - H_{1_asp.}$$

En donde:

- P_1 es la presión del fluido al nivel de aspiración.
- $P_{sat\ vap}$ es la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo.
- ρ es la densidad del fluido a la temperatura de bombeo.
- Z_{asp} es la diferencia de altura entre el nivel de líquido y el eje de la bomba.
- H_{1_asp} es la pérdida de carga en la tubería de aspiración.

Tomando el valor de las pérdidas de carga en la tubería de aspiración (0,215mca) calculado anteriormente y además teniendo en cuenta que:

- Las presiones del fluido en la aspiración (P_1) y la descarga (P_2) tienen un valor de 10,33 mca, correspondiendo dicho valor a la presión atmosférica.
- La presión de vapor considerada para el agua a 25 °C es de 0,32 mca.
- La mayor diferencia de altura entre el eje de la bomba y el nivel de aspiración será de 3 metros, siendo este el caso de trabajo más desfavorable.

Por lo tanto reemplazando estos valores en la ecuación se obtiene que:

$$NPSH_{disponible} = (10,33 - 0,32)mca - 3mca - 0,215 mca$$

$$NPSH_{disponible} = 6,8 mca.$$

El valor obtenido es el que se daría en el caso más crítico, es decir que el nivel de la represa baje un máximo de 3 metros, caso que no se ha dado en la realidad. Por lo tanto el valor de 6,8 mca será el valor mínimo y en condiciones funcionales con un máximo de 9,8 mca.

Según los datos técnicos de la bomba para el régimen de trabajo el NPSH requerido para el modelo S-40 es de 6 mca, valor que es menor al disponible en la instalación por lo que no se tendrá problema.

Conclusión: Como los valores obtenidos para las tuberías instaladas están de acuerdo a los aptos para las condiciones de trabajo se decide que de optar por esta alternativa se construirá en forma paralela a las existentes un conjunto más de tuberías de las mismas dimensiones y trazado con el fin de incorporar tres bombas más para aumentar la producción.

Las tuberías a construir y los elementos que la componen serán fabricadas y montadas por la empresa “Falmetal S.R.L”, situada en la ciudad de Goya provincia de Corrientes, a la cual se le entregara para esto un plano que contenga el trazado y las dimensiones de la tubería.

El material constructivo de las mismas será de acero comercial de 3/16 de pulgada.

Las uniones entre los distintos tramos de tuberías se llevaran a cabo a través de bridas.

Los detalles del trazado y los elementos que componen las mismas se encuentran en el plano N°3 “Tuberías Vista Superior” y Plano N° 4 “Tuberías Vista Frontal”

2.1.3. Dimensionado de la transmisión por correas.

Debido a que la velocidad de giro de la bomba en su régimen de trabajo difiere de la velocidad de giro del motor, para adecuarla y poder acoplarlos se utilizara una transmisión por correas la cual deberá tener la relación de transformación adecuada para reducir las revoluciones a las necesarias.

En régimen óptimo de trabajo para entregar el caudal y la altura ya especificados la bomba deberá girar a una velocidad dada por:

$$H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cdot H_1 \rightarrow \sqrt{\frac{H_2}{H_1}} \cdot n_1 = n_2$$

Reemplazando los datos obtenidos de catalogo y calculados en la expresión anterior, nos da:

$$n_2 = \sqrt{\frac{11,49}{10,5}} \cdot 850 \text{ rpm} \approx 889 \text{ rpm.}$$

De acuerdo a esta velocidad, y sabiendo que el motor entrega en régimen 1485 rpm, la relación de transformación necesaria será:

$$r = \frac{n_{motor}}{n_{bomba}} = \frac{1485 \text{ rpm}}{889 \text{ rpm}} = 1,67$$

Obtenida la relación necesaria a continuación se tiene el detalle paso por paso del cálculo de dimensionado de la transmisión.

Potencia transmitida.

En primer lugar habrá que calcular la potencia de diseño sobre la que se diseñara la correa. La potencia que desarrolla el motor es el punto de partida pero habrá que afectarla de un coeficiente corrector en función de diversos factores tales como:

- Tipo de motor conductor que se utilice en el accionamiento.
- Tipo de maquina conducida.
- Horas de servicio por día.

De esta forma la potencia de diseño será:

$$P_d = P \cdot K$$

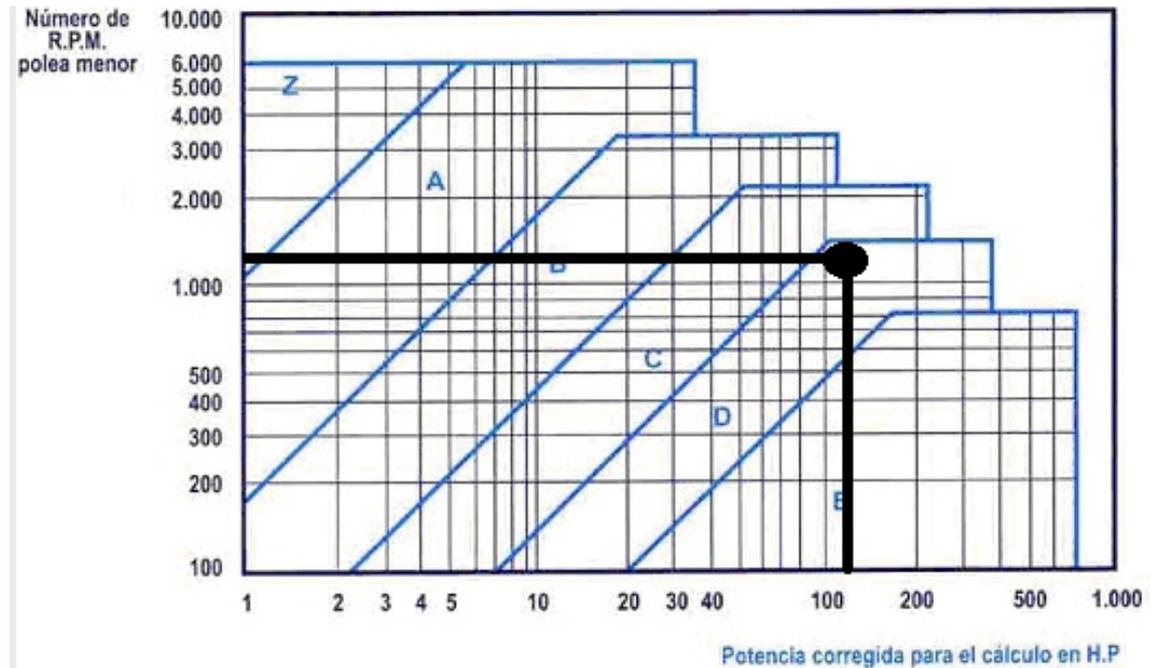
Siendo "P" la potencia del motor y "k" el factor de corrección que en este caso tiene un valor de 1,3 correspondientes a carga uniforme media de 16 a 24 horas diarias y motores eléctricos.

Esto da por resultado:

$$P_d = 1,3 \cdot 90 \text{ Kw} = 117 \text{ Kw}.$$

Selección del tipo de correa.

De acuerdo a la grafica provista por el fabricante se obtiene el tipo de correa adecuado para trabajar en función de la potencia a transmitir y de las revoluciones de la polea menor.



En este cálculo para 117 Kw y 1485 rpm el tipo adecuado según la grafica es correas del tipo "D".

Relación de transmisión.

Se calcula según la expresión:

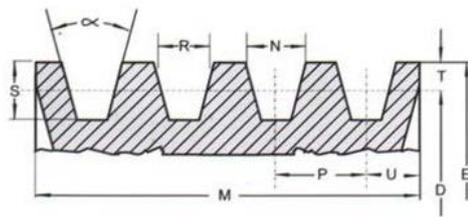
$$r = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

Donde:

- n_1 es el número de revoluciones de la polea pequeña.
- n_2 es el número de revoluciones de la polea grande.
- d_1 es el diámetro de la polea pequeña.
- d_2 es el diámetro de la polea grande.
- r es la relación de transmisión.

Diámetros de poleas.

Las poleas utilizadas cumplirán con las siguientes características:

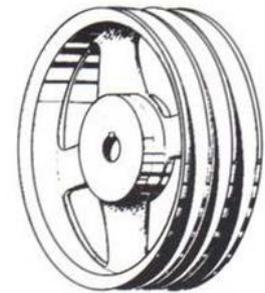


$$D = E - 2T$$

$$E = D + 2T$$

$$M = P(n - 1) + 2U$$

$$n = \text{número de canales}$$



Sección	E		N	P	R	S	T	U
A	72 a 144	34°	12.54	15.9	10.62	12.45	3.17	9.52
	sobre 144	38°	12.80					
B	126 a 187	34°	16.18	19	13.46	14.73	4.44	12.70
	sobre 187	38°	16.51					
C	187 a 214	34°	22.27	25.4	19.22	19.81	5.80	17.46
	215 a 316	36°	22.32					
	sobre 316	38°	22.73					
D	316 a 345	34°	31.97	36.5	27.33	26.67	7.62	22.22
	346 a 447	36°	32.28					
	sobre 447	38°	32.58					
E	477 a 630	36°	38.78	44.5	32.18	33.02	10.16	28.57
	sobre 630	38°	39.16					

Determinando un diámetro para la polea menor que sea mayor al mínimo recomendado para cada sección luego se determina el diámetro de la correa mayor del siguiente modo:

$$d_2 = r \cdot d_1$$

Para nuestro caso utilizamos un diámetro primitivo para la polea menor de 429,68 milímetros que es uno de los recomendados para correas del tipo C. de este modo el diámetro de la polea mayor será:

$$d_2 = 1,67 \cdot 429,68 \text{ mm} = 717,5 \text{ mm}.$$

Por lo tanto seleccionando el diámetro comercial más próximo, tenemos para la polea mayor un diámetro primitivo de 700 milímetros la verdadera relación de transmisión considerando los diámetros primitivos de ambas poleas será:

$$r = \frac{d_2}{d_1} = \frac{(700 - 20,32) \text{ mm}}{(450 - 20,32) \text{ mm}} = 1,6$$

Calculo del ancho (M) de la polea:

$$M = p \cdot (n - 1) + 2 \cdot u$$

$$M = 36,5 \cdot (5 - 1) + 2 \cdot 22,22 = 190,44 \text{ mm}.$$

Distancia entre ejes.

De acuerdo con la experiencia de las empresas fabricantes, y con el objetivo de optimizar el rendimiento de la transmisión, la distancia entre ejes de poleas mínima se puede obtener según:

$$E \geq \frac{(r + 1) \cdot d}{2} + d$$

Esta expresión tiene validez para relaciones de transmisión entre 1 y 3, siendo:

- E la distancia entre ejes de poleas.
- r la relación de transmisión.
- d el diámetro de la p Polea menor.

Por lo cual reemplazando los valores correspondiente es:

$$E \geq \frac{(1,6 + 1) \cdot 429,68mm}{2} + 429,68mm = 988,26 mm.$$

En tanto se adoptara una distancia entre ejes de poleas de 1100 milímetros.

Longitud de la correa.

La longitud primitiva de la correa se calcula por:

$$L_p = 2 \cdot E + \frac{\pi}{2} \cdot (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4E}$$

Donde:

- E es la distancia entre ejes de poleas.
- d_1 es el diámetro de la p Polea menor.
- d_2 es el diámetro de la p Polea mayor.
- L_p la longitud primitiva de la correa.

Entonces:

$$L_p = 2 \cdot 1100mm + \frac{\pi}{2} \cdot (679,68mm + 429,68mm) + \frac{(679,68mm - 429,68mm)^2}{4 \cdot 1100mm}$$

$$L_p = 3956,8mm.$$

Accediendo a la tabla de longitudes nominales se selecciona la longitud primitiva nominal más próxima al valor calculado para el tipo de perfil D, siendo esta una correa marca “Dunlop” de desarrollo nominal de 3967 milímetros (N°153).

Longitud correa	Sección de la correa					
	Z	A	B	C	D	E
120	-	1.13	1.07	0.97	0.86	-
128	-	1.14	1.08	0.98	0.87	-
144	-	-	1.11	1.00	0.90	-
158	-	-	1.13	1.02	0.92	-
173	-	-	1.15	1.04	0.93	-
180	-	-	1.16	1.05	0.94	0.91

Luego el factor de corrección por largo será $F_{cl}=0,917$.

Arco de contacto.

La determinación del ángulo de contacto de la correa sobre la polea menor se realiza aplicando la siguiente expresión:

$$A = 180 - 57 \frac{(d_2 - d_1)}{E}$$

Reemplazando:

$$A = 180 - 57 \frac{(679,68mm - 429,68mm)}{1100mm} = 167,1^\circ$$

Como el diseño óptimo de la correa está hecho para un ángulo de contacto de 180° y este por lo general en la realidad es menor habrá que considerar un coeficiente corrector del arco de contacto. En este caso resulta un $F_{cA}=0,97$.

Arco de contacto sobre polea menor	Factor de corrección	
	Poleas acanaladas	Poleas acanalada/plana
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80

Velocidad lineal de la correa.

Para determinar la velocidad lineal de la correa se utilizara la expresión:

$$v_t = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000}$$

La velocidad lineal de la correa no debe sobrepasar los 42 m/s, dado que a partir de esta velocidad las fuerzas centrifugas son de una magnitud tal que podría desencajar la correa de la ranura de la polea. Si se necesitasen velocidades superiores a los 42 m/s se deberán utilizar poleas especiales que eviten este inconveniente.

$$v_t = \frac{\pi \cdot 429,68mm \cdot 1485rpm}{60 \cdot 1000} = 33 \frac{m}{s} < 42 \frac{m}{s}$$

Prestación base de la correa.

La prestación base o potencia base que puede transmitir una correa, según su perfil, están tabuladas según el fabricante.

En dichas tablas, para acceder a la información de la potencia base, se ingresa con las revoluciones por minuto y el diámetro de la polea menor.

En nuestro calculo: $P_b = 25,82Hp + 5,7Hp = 31,52Hp$.

Potencia efectiva por correa.

La potencia efectiva por correa se calcula partiendo de la potencia base afectada de los coeficientes correctores por longitud de correa y por arco de contacto. De esta forma será:

$$P_e = P_b \cdot F_{cl} \cdot F_{cA}$$

$$P_e = 31,52Hp \cdot 0,917 \cdot 0,97 = 28,03 Hp$$

Calculo del número de correas necesarias.

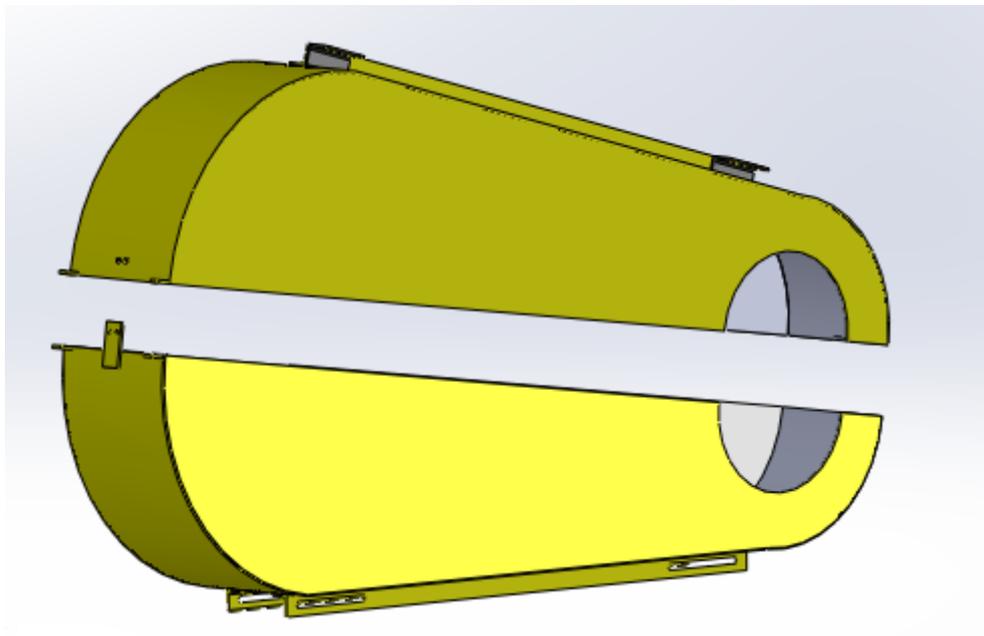
El número de correas necesarias para mover la transmisión resulta de dividir la potencia de diseño o corregida por la potencia efectiva por correa, es decir:

$$N^{\circ} \text{ de correas} = \frac{P_d}{P_e}$$

$$N^{\circ} \text{ de correas} = \frac{117Kw}{28,03Kw} = 4,2 \text{ correas.}$$

Por lo que se optara por la colocación de 5 correas.

2.1.3.1. Cubre correas.



Las transmisiones por correa estarán protegidas al contacto mediante un cubre correas cerrado, el cual será fabricado en chapa de acero comercial de 1/8 de pulgada, reforzado en su parte superior e inferior por hierro estructural DIN tipo L 40x40x4.

Para sujetar la parte superior con la inferior se utilizo planchuelas de ¼ de pulgada.

La inferior está provista con correderas para evitar inconvenientes en el caso de tener que tensionar las correas.

Los detalles constructivos del elemento descrito lo encontramos en el Plano N° 6 “Cubre Correas”. (Planos N° 6-1 y 6-2).

2.1.4. Potencia de bombeo necesaria.

Para determinar el valor del trabajo que deberá entregar la bomba al fluido se considera la diferencia de alturas geométricas entre los puntos de aspiración y la descarga en el distribuidor, las pérdidas de carga totales en las tuberías y las alturas de presión entre los puntos en cuestión.

Para este cálculo la ecuación a utilizar será la ecuación de Bernoulli, de la cual se despejara el valor del trabajo de la bomba W_b .

$$\frac{P_1}{\rho} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + W_b = \frac{P_2}{\rho} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{1-2}$$

Siendo:

- P_1 y P_2 las presiones en los puntos 1 y 2 respectivamente.
- Z_1 y Z_2 los valores de altura geométrica respecto a la bomba en los puntos 1 y 2 respectivamente.
- V_1 y V_2 son las velocidades del fluido en los puntos 1 y 2 respectivamente.
- W_b es el trabajo que aporta la bomba.
- H_{1-2} es la pérdida de carga en la tubería entre los puntos 1 y 2.
- ρ es la densidad del fluido a la temperatura de bombeo.
- g es la aceleración de la gravedad.

De esta forma los valores a tener en cuenta serán además de los calculados en puntos anteriores como son las pérdidas totales serán:

Las presiones en los puntos 1 y 2 de aspiración y descarga son iguales y corresponde a la presión atmosférica, por lo tanto la altura de presión se anulara.

La diferencia de altura máxima entre aspiración y descarga, $Z_1 - Z_2$ es de 10 metros.

La velocidad en la aspiración, si consideramos que el nivel permanece constante, será nula.

La velocidad en la descarga, v_2 será de 1,91 m/s para el caso de la bomba individual y de 1,75 m/s cuando se trate de las bombas trabajando en paralelo.

a) Potencia necesaria bomba individual.

Como se dijo despejando el trabajo aportado por la bomba y reemplazando los valores citados obtenemos:

$$W_b = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + Z_2 - Z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_{1-2}$$

$$W_b = 10m - 0m + \frac{(1,91 \frac{m}{s})^2 - (0 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} + 1,355m = 11,54 \text{ mca.}$$

$$W_b = 11,54 \text{ mca.}$$

Para expresar esta potencia en kilowatt utilizamos la expresión siguiente, en la misma incorporamos el rendimiento de la bomba.

$$N_b [KW] = \frac{W_b \cdot Q \cdot g \cdot \rho}{\eta_b}$$

Donde:

- W_b es el trabajo de la bomba, [m].
- Q es el caudal impulsado por la bomba, [m^3/s].
- g es la aceleración de la gravedad, $9,81 \text{ m/s}^2$.
- ρ es la densidad del fluido a la temperatura de bombeo, para 25°C 996 kg/m^3 .
- η_b es el rendimiento de la bomba, para este régimen de trabajo es del 80 %.

Reemplazando:

$$N_b [KW] = \frac{11,54m \cdot 0,54 \frac{m^3}{s} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 996 \frac{kg}{m^3}}{0,8}$$

$$N_b [KW] = 76,1 \text{ KW} \approx 103,5 \text{ CV.}$$

Para la selección del motor correspondiente a este valor de potencia se le deberá aplicar el rendimiento de los elementos de transmisión, en este caso se cuenta con una transmisión a correas las cuales tienen un rendimiento del 98%.

Por lo tanto:

$$N_{motor} [KW] = \frac{N_b [KW]}{\eta_{correas}} = \frac{76,1 \text{ KW}}{0,98}$$

$$N_{motor} [KW] = 77,65 \text{ KW} \approx 105,6 \text{ CV.}$$

b) Potencia necesaria bombas en paralelo.

De la misma forma que lo hecho en el cálculo de la potencia para el punto anterior, reemplazamos en la ecuación los valores ya calculados.

$$W_b = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + Z_2 - Z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_{1-2}$$

$$W_b = 10m - 0m + \frac{(1,75 \frac{m}{s})^2 - (0 \frac{m}{s})^2}{2,9,81 \text{ m/s}^2} + 1,245m = 11,4 \text{ mca.}$$

$$W_b = 11,4 \text{ mca.}$$

Expresada la potencia en kilowatt es:

$$N_b [KW] = \frac{W_b \cdot Q \cdot g \cdot \rho}{\eta_b}$$

$$N_b [KW] = \frac{11,4m \cdot 0,54 \frac{m^3}{s} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 996 \frac{kg}{m^3}}{0,8}$$

$$N_b [KW] = 75,18 \text{ KW} \approx 102,2 \text{ CV}$$

Por lo cual el motor a seleccionar deber cumplir con una potencia mínima de:

$$N_{motor} [KW] = \frac{N_b [KW]}{\eta_{correas}} = \frac{75,18 \text{ KW}}{0,98}$$

$$N_{motor} [KW] = 76,71 \text{ KW} \approx 104,3 \text{ CV.}$$

2.2. 2° alternativa Bombas de acople directo.

En este punto se desarrollaran los cálculos necesarios para determinar las condiciones de las tuberías y potencias de bombeo necesario si se seleccionaran bombas cuyas condiciones de trabajo permitan un acople directo al motor eléctrico.

2.2.2. Bombas centrifugas.

Con los datos necesarios del caudal para riego instalado, cada bomba centrifuga de las existentes proveen 1950 m³/h, por ello se opta por la instalación de nuevas bombas, las cuales tengan una prestación similar a las anteriormente descriptas.

De este modo no será necesario el rediseño de las tuberías para el transporte del fluido.

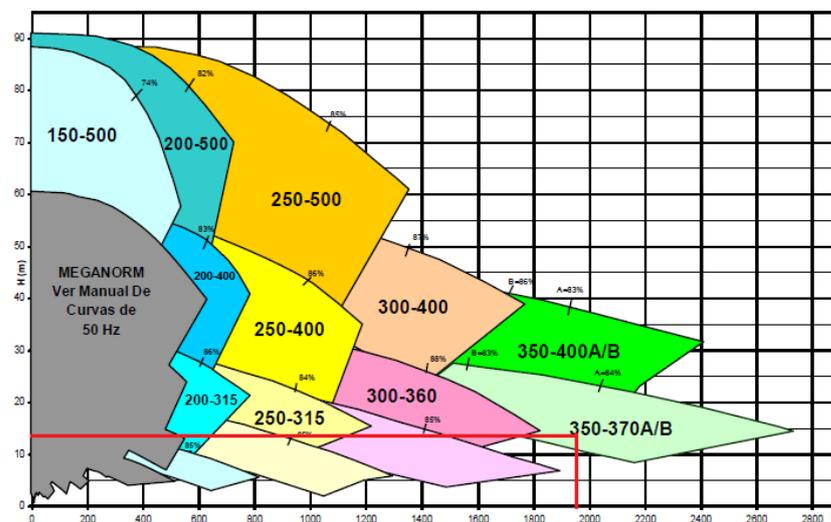
2.2.2.1. Selección de bombas.

Con el fin de cumplir con lo propuesto, se decidió colocar bombas centrifugas de la marca “KSB”, resultando un modelo Meganorm.

Se entra en la grafica de campo de aplicación para 1450 rpm y con el caudal necesario (1950 m³/h) y la altura de descarga necesaria (12 mca) se tiene la denominación resultante de la bomba:

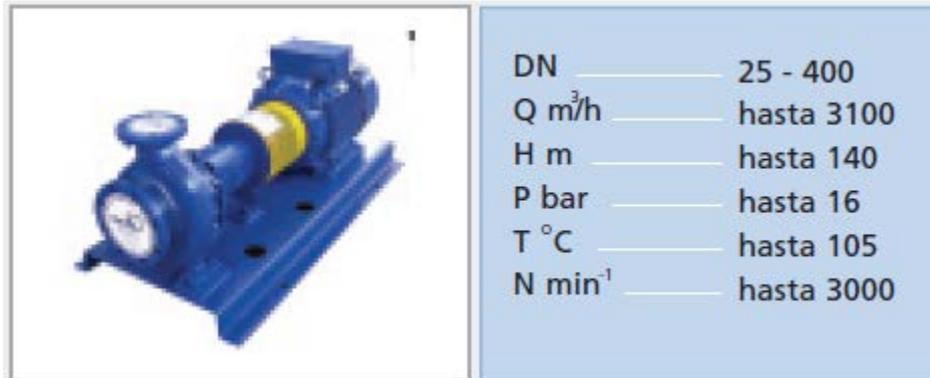
- KSB Meganorm 350-370 A.

Campo de Aplicación - 1450 rpm (50Hz)



Estas bombas son indicadas para el bombeo de agua y líquidos limpios o turbios en las siguientes aplicaciones:

- Suministro de agua.
- Drenaje.
- Riego.
- Industria general.
- Combate de incendios.



Datos técnicos:

Tamaños de bomba		UNID.	200-250	150-500	200-315	200-400	250-300	250-315	250-400	300-340	300-360	300-400	200-500	250-500	350-370A	350-370B	350-400A	350-400B	400-440A	400-440B	400-540A	400-540B		
Datos técnicos			A 60			A 75						A 90												
Soporte de cojinete			A 60			A 75						A 90												
Ancho del paso del rodete		mm	57	20	50	40	67	74	63	75	78	65	32	43	75	50	50	45	85	55	65	60		
GD2 conjunto en rotación con agua		Kg.m ²	0,6	3	1,1	2,15	1,4	1,25	2,4	1,88	2,2	3,76	4,6	5,1	0,7	0,7	5,0	5,0	5,0	5,0	17,0	17,0		
Presión máx. de succión		bar	3																					
Presión máx. de descarga		bar	10	12	16	16	10	16	16	10	10	10	16	16	5	5	8,3	8,3	5	5	8,3	8,3		
Presión máx. de prueba hidrostática		bar	12,5	15	20	20	12,5	20	20	12,5	12,5	12,5	20	20	8	8	10	10	6	6	10	10		
Rotación máxima		rpm	1750																		1160			
Alivio empuje axial		-	Por orificios de alivio / anillo de desgaste trasero																					
Velocidad mínima/máxima		-	ver curvas características																					
Vibración		-	De acuerdo al instituto de hidráulica(item 1.4.6)																					
Ruido máximo		db	73	79	75	76	74	76	79	76	77	80	79	80	76	75	78	78	76	75	80	79		
Sentido de rotación		-	Horario, visto del lado del accionamiento																					
Bridas estándar (1)		-	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	AISI B 16.1 125 lb FF							
Vida útil esperada de los rodamientos		h	17.500																					
Rodamientos	Lado Bomba	-	63121 C3	6315\C3										7218 BE										
	Lado motor	-	63121 C3	6315\C3										6218\C3										
	Lubricación	-	aceite																					
P/n máx. permitido		SAE 1045	Hp/rpm	0,140	0,291	0,145	0,145	0,291	0,145	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,400	0,291	0,291	0,400	0,400	0,400	0,400	0,513	0,513	
Peso Estimado		Fierro Fundido	Kg	350	430	365	385	405	447	485	547	590	705	385	570	560	560	650	650	800	800	1250	1250	

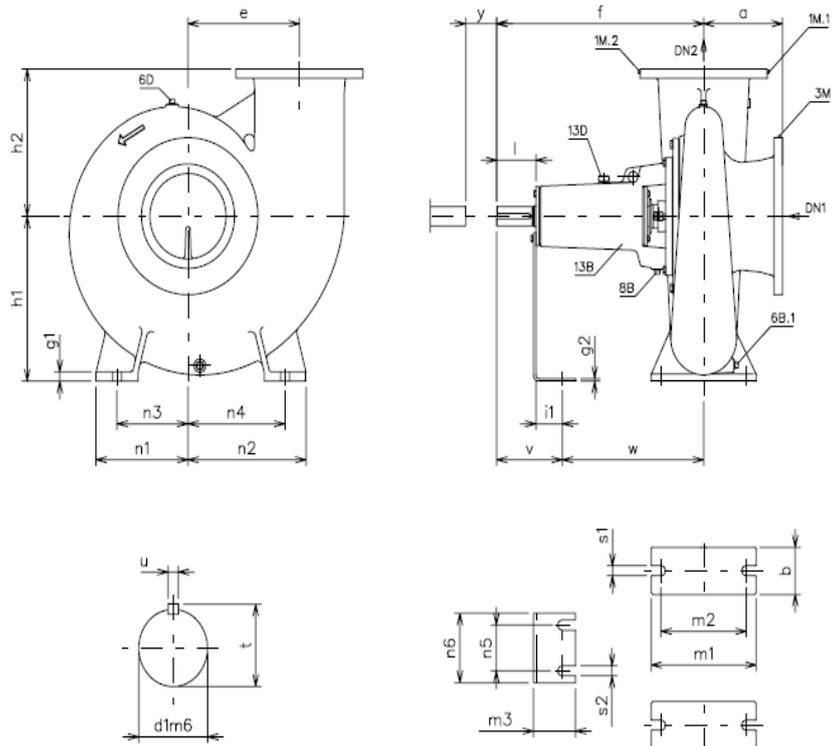
Especificaciones técnicas:

- Carcasa:** Espiral, horizontal, fundida en una sola pieza y apoyada en la parte inferior. Provista de un anillo de desgaste en el lado de succión.
- Rodete:** de tipo semi-axial para los tamaños 350-370 A/B.
- Eje:** Provisto de casquillo protector en la región de sellado. El sellado del eje se efectúa a través de empaquetadura, el sellado mecánico es una opción mediante consulta.

Accesorios opcionales:

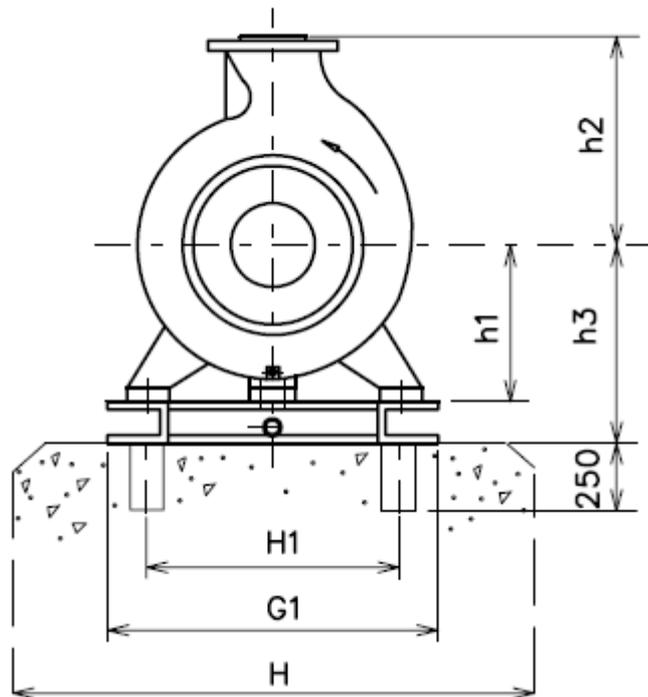
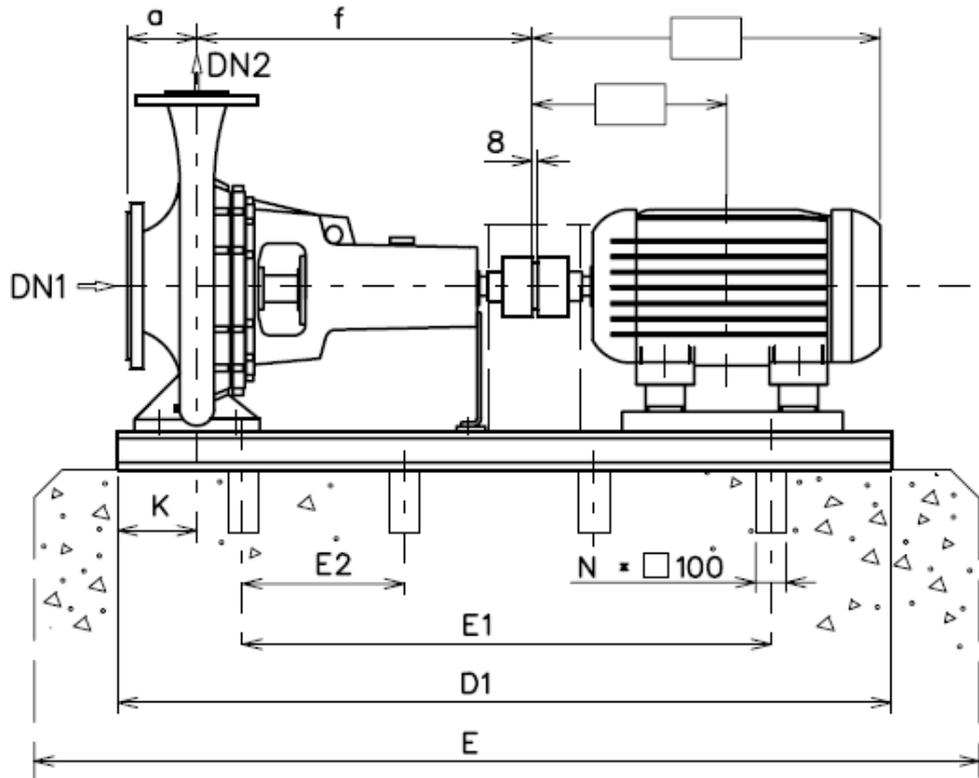
- a) **Accionamiento:** Podrá ser a través de motor eléctrico, diesel, etc.
- b) **Acoplamiento:** Flexible con un elemento elástico de goma resistente al polvo y el agua, puede ser proporcionada con o sin distanciador.
- c) **Protector de acoplamiento:** Puede ser suministrado según el estándar KSB.
- d) **Placa base:** Conjunto estructural soldado en acero.

Dimensiones:



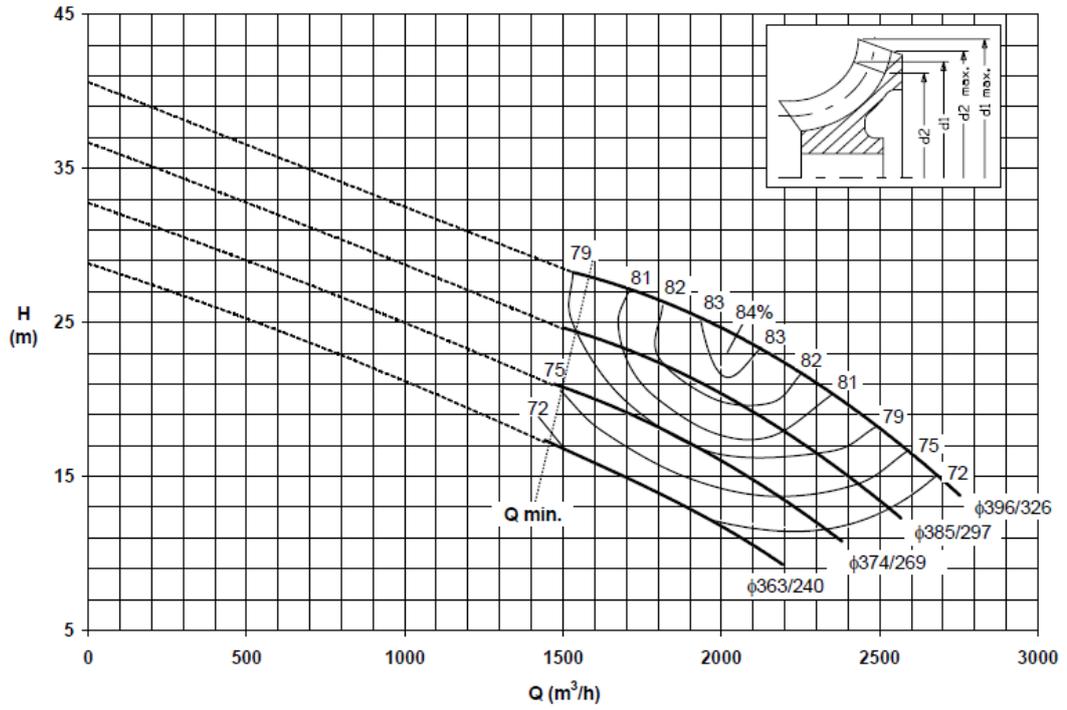
Tamaño	Dimensiones de la bomba								Dimensiones del pie																Extremo del eje				
	DN ₁	DN ₂	a	f	e	h ₁	h ₂	b	g ₁	g ₂	l ₁	m ₁	m ₂	m ₃	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆	s ₁	s ₂	v	w	d _m	l	t	u	y
350-370	350	350	325	1092	375	550	500	180	30	10	65	500	350	125	425	425	350	350	150	200	27*	14	223	869	80	158	85,4	22	250
350-400	350	350	275	1018	390	550	450	180	30	10	65	500	350	125	425	425	350	350	150	200	27*	14	223	795	80	158	85,4	22	330

Base estructural:

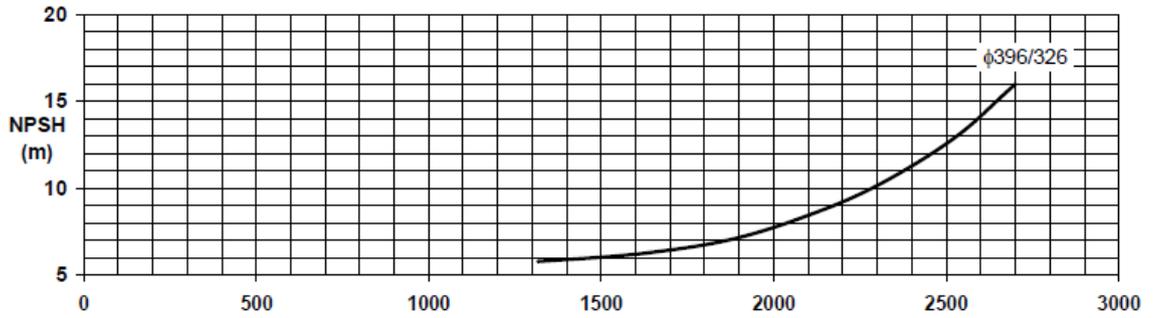


Curvas características:

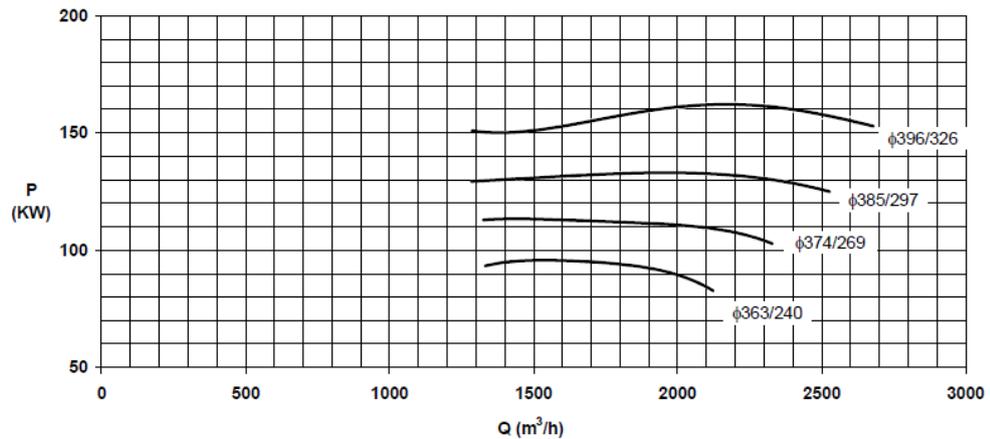
- Altura manométrica.



- NPSH:



- Potencia necesaria:



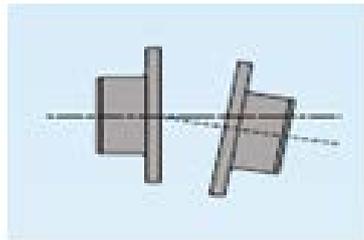
De la observación de las curvas características obtenemos las siguientes conclusiones:

- NPSH requerido: 6,8 mca.

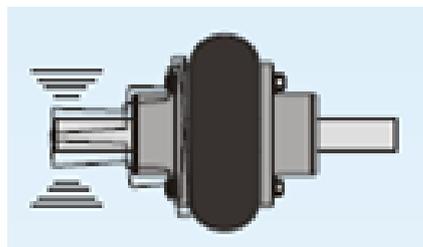
2.2.2.2. Acoplamiento elástico.

El acoplamiento de la bomba centrifuga con el motor eléctrico se llevara a cabo mediante un acople elástico tipo A de la marca "Gummi" ya que posee las siguientes características:

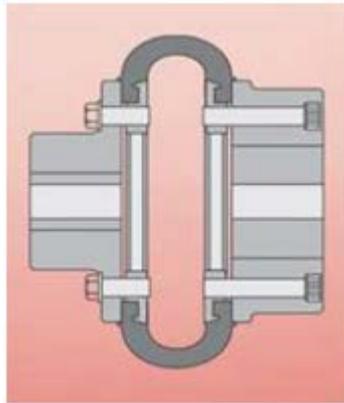
- Absorbe desalineamientos.



- Amortiguación de vibraciones y choques.



- Sin lubricación y simple instalación.



2.2.2.2.1. Selección.

Los datos a tener en cuenta al momento de seleccionar este acoplamiento son:

- Potencia: 90kW.
- Velocidad de giro: 1485 rpm.
- Diámetros de los ejes: eje Bomba D = 80 mm – eje Motor D = 75 mm.
- Factor de servicio (tabla 3): Para bombas centrifugas $F_s = 1$.

Se debe multiplicar la potencia por el factor de servicio:

$$P [HP] = P [kW]. 1,34. F_s.$$

$$P [HP] = 90 kW. 1,34.1 = 120,6 HP.$$

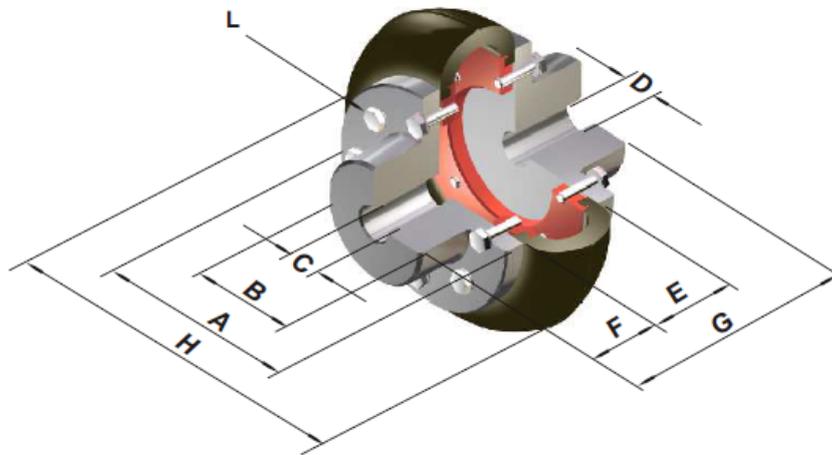
Con el valor de potencia en HP y rpm ingresamos a la siguiente tabla:

MODELO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
RPM	20	25	30	35	45	50	60	70	80	90	95	105	120	140	155	165	170	200	240	300	350	400
100	0.5	0.8	1.1	1.6	2.9	6.0	8.9	16.3	22.5	30.0	33.8	43.8	70.0	120.0	136	170	207.5	356.3	610.0	1220.0	1681.3	2390.0
200	1.0	1.6	2.3	3.1	5.6	12.0	17.5	33.8	43.8	60.0	67.5	88.8	140.0	241.3	272	340	413.8	713.8	1220.0	2438.8	3363.8	4778.8
300	1.6	2.4	3.5	4.8	8.5	17.5	26.3	50.0	66.3	90.0	101.3	132.5	210.0	361.3	408	511	621.3	1070.0	1830.0	3658.8	5045.0	7168.8
400	2.1	3.1	4.6	6.4	11.3	23.8	35.0	66.3	87.5	120.0	135.0	177.5	280.0	481.3	545	682	828.8	1426.3	2438.8	4878.8	6726.3	9558.8
500	2.6	4.0	5.8	8.0	13.8	30.0	43.8	83.8	110.0	150.0	168.8	221.3	350.0	601.3	680	852	1035.0	1783.8	3048.8	6097.5	8407.5	11948.8
600	3.1	4.8	6.9	9.5	17.5	36.3	52.5	100.0	131.3	180.0	201.3	265.0	420.0	722.5	817	1022	1242.5	2140.0	3656.8	7317.5	10090.0	14337.5
700	3.8	5.6	8.0	11.1	20.0	42.5	62.5	116.3	153.8	211.3	235.0	310.0	490.0	842.5	953	1192	1450.0	2496.3	4268.8	8537.5	11771.3	16727.5
720	3.9	5.8	8.3	11.5	20.0	43.8	63.8	120.0	157.5	216.3	242.5	318.8	503.8	866.3	980	1226	1491.3	2567.5	4390.0	8781.3	12107.5	17205.0
800	4.3	6.4	9.3	12.5	22.5	48.8	71.3	132.5	175.0	241.3	268.8	353.8	558.8	962.5	1090	1363	1656.3	2853.8	4878.8	9756.3	13452.5	19117.5
850	4.5	6.8	9.8	13.8	23.8	51.3	75.0	141.3	186.3	256.3	286.3	376.3	593.8	1022.5	1158	1448	1760.0	3031.3	5183.8	10366.3	14293.8	20312.5
900	4.8	7.1	10.4	13.8	25.0	53.8	80.0	150.0	197.5	271.3	302.5	398.8	628.8	1083.8	1225	1533	1863.8	3210.0	5488.8	10976.3	15135.0	21506.3
1000	5.3	8.0	11.5	16.3	28.8	60.0	88.8	166.3	220.0	301.3	336.3	442.5	698.8	1203.8	1361	1703	2071.3	3566.3	6097.5			
1100	5.9	8.8	12.5	17.5	31.3	66.3	97.5	182.5	241.3	331.3	370.0	486.3	768.8	1323.8	1497	1874	2278.8	3923.8	6707.5			
1150	6.1	9.1	13.8	18.8	32.5	68.8	101.3	191.3	252.5	346.3	386.3	508.8	803.8	1383.8	1565	1959	2381.3	4101.3				
1200	6.4	9.5	13.8	18.8	33.8	72.5	106.3	200.0	263.8	361.3	403.8	531.3	838.8	1445.0	1633	2044	2485.0	4280.0				
1300	6.9	10.4	15.0	21.3	36.3	78.8	115.0	216.3	285.0	391.3	437.5	575.0	908.8	1565.0	1770	2214	2692.5	4636.3				
1400	7.4	11.1	16.3	22.5	40.0	83.8	123.8	232.5	307.5	421.3	471.3	620.0	978.8	1685.0	1906	2385	2900.0	4993.8				
1500	8.0	12.0	17.5	23.8	42.5	90.0	132.5	250.0	328.8	451.3	505.0	663.8	1048.8	1805.0	2045	2555						
1600	8.5	12.5	18.8	25.0	45.0	96.3	141.3	266.3	351.3	481.3	537.5	707.5	1118.8	1926.3								
1700	9.0	13.8	20.0	27.5	48.8	102.5	150.0	282.5	373.8	511.3	571.3	752.5	1188.8	2046.3								
1750	9.3	13.8	20.0	27.5	50.0	105.0	155.0	291.3	383.8	526.3	588.8	775.0										
1800	9.5	13.8	21.3	28.8	51.3	108.8	158.8	300.0	395.0	541.3	605.0	796.3										

Teniéndose que el modelo A-60 verificaría la potencia necesaria a transmitir a ese régimen de RPM. Pero el diámetro máximo permisible del cubo no coincide con el diámetro de los ejes, por lo tanto se adopta un acople de mayor diámetro admisible

ACOPLE CON CUBO NORMAL													BULONES	
MODELO	Torq. Nom. Nm	Angulo Torsión (°)	(1) Peso (Kg.)	Gd2 (Kg m2)	A	B	C Máx	D Min	E	F	G	H	Nr.	L- Cab. hex.
A-20	38	2°	1.05	0.0017	74	36	20	10	30	25	80	95	12	1/4 x 3/4
A-25	56	5°	1.09	0.0018	74	36	23	10	30	25	80	95	12	1/4 x 3/4
A-30	82	2°	2.40	0.0094	96	49	30	10	40	35	110	127	16	5/16 x 7/8
A-35	113	4°	2.65	0.0098	96	49	32	10	40	35	110	127	16	5/16 x 7/8
A-45	250	3°	5.00	0.0382	127	70	40	15	50	45	140	167	20	5/16 x 1
A-50	420	6°	5.32	0.0402	127	70	46	15	50	45	140	167	20	5/16 x 1
A-60	620	5°	12.50	0.1065	169	100	55	25	65	60	185	224	24	3/8 x 1 1/4
A-70	1170	9°	13.30	0.1593	169	100	65	25	65	60	185	224	24	3/8 x 1 1/4
A-80	1550	5°	24.90	0.594	218	116	75	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 3/4
A-90	2170	6°	26.00	0.639	218	116	85	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 3/4
A-95	2380	4°	34.90	0.912	235	138	90	40	90	80	250	330	24	1/2 x 1 3/4
A-105	3130	8°	44.00	0.982	235	138	100	40	90	80	250	330	24	1/2 x 1 3/4

El modelo adoptado es el acople con cubo normal **A-90**, el cual se torneara el cubo de una lado C = 80 mm y del otro D = 75 mm para poder acoplar los ejes.



- A - Ø Brida Cubo
- B - Ø Cuello Cubo
- C - Ø Máx. aleasaje
- D - Ø Agujero piloto
- E - Ancho centro
- F - Ancho cubo
- G - Long. total
- H - Ø Centro
- L - Tipo tornillo

2.2.3. Tuberías.

Igual que en el caso anterior se verificara el correcto funcionamiento de las tuberías existentes frente a las condiciones de trabajo de la alternativa en estudio.

2.2.3.1. Pérdidas en tuberías.

Como se hizo para la primera alternativa, se deberán calcular las pérdidas de cargas en las tuberías que se generan al circular el fluido por las mismas.

La única diferencia existente entre las tuberías de la alternativa ya estudiada es que se deberá reemplazar los difusores excéntricos de entrada 400 mm por unos cuya entrada sea 350 mm, la salidas de los mismos permanecerá igual.

2.2.3.1.1. Pérdidas de carga en tuberías de aspiración.

Las tuberías de aspiración son idénticas para cada una de las bombas, por lo tanto los valores obtenidos en este punto son aplicables a cada una de las bombas instaladas.

Para el cálculo de estas pérdidas primero se determina la longitud total equivalente de la tubería. Esta longitud es la suma de la extensión de los tramos rectos de la tubería, mas las longitudes equivalentes de cada uno los accesorios que la componen.

Los datos relevados necesarios a tener en cuenta para dicho cálculo son:

- Longitud de tramos rectos 4 metros.
- Diámetro de la tubería 800 milímetros.
- Caudal conducido a régimen máximo 1950 m³/h.

Con el caudal y el diámetro de la tubería determinamos la velocidad del fluido, la cual no debería sobrepasar el límite de velocidad recomendado para los conductos de aspiración de agua, marcado en 1,5 m/s.

$$v_{asp} = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right]}{A \left[m^2 \right]} = \frac{0,542 \frac{m^3}{s}}{0,502 m^2}$$

$$v_{asp} = 1,08 \frac{m}{s} < 1,5 \frac{m}{s} \rightarrow \text{adecuada.}$$

Además se deben obtener las longitudes equivalentes de los siguientes accesorios que componen el tramo:

- Un codo a 90° de gran curvatura y diámetro 800 mm.
- Una válvula de pie con filtro de mallan de diámetro 800 mm.
- Un tubo difusor excéntrico (800 mm / 350 mm).

A partir del nomograma que relaciona el tipo de accesorio y su diámetro con la equivalencia en longitud recta ver anexo Figura 1 se obtiene para cada elemento:

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]
Curva 90°	1	16,15
Válvula de pie	1	90
Tubo difusor 800/350	1	5,15

Por lo tanto la longitud equivalente debido a todos los accesorios será la sumatoria de la equivalencia por cada elemento, resultando:

$$L_{eq.} = \sum L_{eq.i} = L_{eq\ codo} + L_{eq\ valvula} + L_{eq\ difusor}.$$

$$L_{eq.} = 16,15m + 90m + 5,15m = 111,27\ m.$$

Y la longitud total equivalente a considerar es:

$$L_{tot\ eq.} = L_{eq.} + L_{tramo\ recto}.$$

$$L_{tot\ eq.} = 111,27m + 4m = 115,27\ m.$$

De la figura 12 “pérdidas equivalentes por cada 100 metros de tubería”, del manual de bombas KSB ver anexo Figura 2 entrando con el diámetro de 800 mm y un caudal de 1950 m³/h obtenemos:

$$h_{eq} = \frac{0,15mca}{100m}.$$

Para calcular el total de pérdidas a lo largo del tramo a este valor además de multiplicarlo por la longitud total equivalente se la debe aplicar un coeficiente de corrección de acuerdo al material de la tubería. En este caso se debe tomar un coeficiente de 1,25, valor que corresponde a tuberías de acero viejas y oxidadas.

Resultando de esta manera una pérdida en la aspiración de:

$$H_{aspiracion} = 1,25 \cdot h_{eq} \cdot L_{tot eq}.$$

$$H_{aspiracion} = 1,25 \cdot \frac{0,15mca}{100m} \cdot 115,27m = 0,216 mca.$$

2.2.3.1.2. Pérdidas de carga en tuberías de descarga.

Las llamadas tuberías de descarga son las encargadas de transportar el fluido desde las salidas de las bombas hasta el punto ubicado en el distribuidor de riego.

Debido a la disposición de las bombas se tienen dos tuberías de descargas diferentes, una destinada a transportar el caudal de dos bombas trabajando en paralelo, por la cual circulara un caudal máximo 3900 m³/h cuando las dos bombas se encuentren trabajando a pleno régimen.

La tubería restante transportara el caudal de otra de las bombas, circulando un flujo máximo por la misma de 1950 m³/h.

Por lo detallado anteriormente se deben calcular las pérdidas de ambas tuberías por separado.

El método de cálculo es el mismo que el utilizado en el punto anterior para determinar las pérdidas en la aspiración.

a) Pérdidas en la línea que transporta el caudal de 1950 m³/h.

Los datos relevados necesarios a tener en cuenta para dicho cálculo son:

- Longitud de tramos rectos 155 metros.
- Diámetro de la tubería 600 milímetros.
- Caudal conducido a régimen máximo 1950 m³/h.

Con el caudal y el diámetro de la tubería determinamos la velocidad del fluido, la cual no debería sobrepasar el límite de velocidad recomendado para los conductos de descarga de agua, marcado en 2,5 m/s.

$$v_{desc} = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right]}{A [m^2]} = \frac{0,542 \frac{m^3}{s}}{0,283 m^2}$$

$$v_{desc} = 1,91 \frac{m}{s} < 2,5 \frac{m}{s} \rightarrow \text{adecuada.}$$

Además se deben obtener las longitudes equivalentes de los siguientes accesorios que componen el tramo:

- Una curva a 90 grados de gran curvatura, diámetro 600 mm.
- Una curva a 45 grados, diámetro 600 mm.
- Un difusor excéntrico 350 mm a 600 mm.
- Dos válvulas de venteo.

A partir del nomograma que relaciona el tipo de accesorio y su diámetro con la equivalencia en longitud recta ver anexo Figura 1, se obtiene para cada elemento:

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]
Curva 90°	1	10
Curva 45°	1	7
Tubo difusor d/D 2/3	1	12
Válvula de venteo	2	despreciable

Por lo tanto la longitud equivalente debido a todos los accesorios será la sumatoria de la equivalencia por cada elemento, resultando:

$$L_{eq.} = \sum L_{eq.i} = L_{eq \text{ codo } 90} + L_{eq \text{ codo } 45} + L_{eq \text{ difusor}} + L_{eq \text{ valv venteo.}}$$

$$L_{eq.} = 10m + 7m + 12m + 0m = 29 m.$$

Y la longitud total equivalente a considerar es:

$$L_{tot \text{ eq.}} = L_{eq.} + L_{tramo \text{ recto.}}$$

$$L_{tot \text{ eq.}} = 29m + 155m = 184m.$$

De la figura 12 “pérdidas equivalentes por cada 100 metros de tubería”, del manual de bombas KSB ver anexo Figura 2, entrando con el diámetro de 800 mm y un caudal de 1950 m³/h obtenemos:

$$h_{eq} = \frac{0,5mca}{100m}$$

Como para la aspiración, a este valor lo multiplicamos por la longitud total equivalente y el coeficiente de 1,25 correspondiente a tuberías de acero viejas y oxidadas.

Resultando de esta manera una pérdida en la aspiración de:

$$H_{descarga} = 1,25 \cdot h_{eq} \cdot L_{tot\ eq}$$

$$H_{descarga} = 1,25 \cdot \frac{0,5mca}{100m} \cdot 184m = 1,15\ mca.$$

b) Perdidas en la línea que transporta el caudal de 3900 m³/h.

En este caso se deben repartir las perdidas en dos tramos, el situado antes de la unión, que vincula la descarga individual de cada bomba con el tramo que llega al distribuidor, y el que se encuentra después de esta y llega hasta el distribuidor.

Primero se hará el cálculo del tramo comprendido entre la bomba y la unión, para lo cual los datos relevados necesarios a tener en cuenta para dicho cálculo son:

- Longitud de tramos rectos 15 metros.
- Diámetro de la tubería 600 milímetros.
- Caudal conducido a régimen máximo 1950 m³/h.

Con el caudal y el diámetro de la tubería determinamos la velocidad del fluido, la cual no debería sobrepasar el límite de velocidad recomendado para los conductos de descarga de agua, marcado en 2,5 m/s.

$$v_{desc} = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right]}{A \left[m^2 \right]} = \frac{0,542 \frac{m^3}{s}}{0,283m^2}$$

$$v_{desc} = 1,91 \frac{m}{s} < 2,5 \frac{m}{s} \rightarrow \text{adecuada.}$$

Además se deben obtener las longitudes equivalentes de los siguientes accesorios que componen el tramo:

- Una curva a 90° de gran curvatura, diámetro 600 mm.
- Un difusor excéntrico 350 mm a 600 mm.
- Una válvula exclusiva de diámetro 600 mm.
- Una válvula de retención tipo clapeta de diámetro 600 mm.

A partir del nomograma que relaciona el tipo de accesorio y su diámetro con la equivalencia en longitud recta ver anexo Figura 1, se obtiene para cada elemento:

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]
Curva 90°	1	10
válvula exclusiva	1	4,5
Tubo difusor d/D 2/3	1	12
Válvula de retención	1	50

Por lo tanto la longitud equivalente debido a todos los accesorios será la sumatoria de la equivalencia por cada elemento, resultando:

$$L_{eq.} = \sum L_{eq.i} = L_{eq\ codo} + L_{eq\ valvula} + L_{eq\ difusor} + L_{eq\ valv\ retencion.}$$

$$L_{eq.} = 10m + 4,5m + 12m + 50m = 76,5 m.$$

Y la longitud total equivalente a considerar es:

$$L_{tot\ eq.} = L_{eq.} + L_{tramo\ recto.}$$

$$L_{tot\ eq.} = 76,5m + 15m = 91,5 m.$$

De la figura 12 “pérdidas equivalentes por cada 100 metros de tubería”, del manual de bombas KSB ver anexo Figura 2, entrando con el diámetro de 800 mm y un caudal de 1950 m³/h obtenemos:

$$h_{eq} = \frac{0,5mca}{100m}.$$

Como para los tramos anteriores, a este valor lo multiplicamos por la longitud total equivalente y el coeficiente de 1,25 correspondiente a tuberías de acero viejas y oxidadas.

De esta manera la perdida resultante será:

$$H_{bomba-union} = 1,25 \cdot h_{eq} \cdot L_{tot eq}.$$

$$H_{bomba-union} = 1,25 \cdot \frac{0,5mca}{100m} \cdot 91,5m = 0,57 mca.$$

Ahora bien para el siguiente tramo, comprendido entre la unión y la descarga en el distribuidor, se deben tener en cuenta los siguientes valores:

- Longitud de tramos rectos 140 metros.
- Diámetro de la tubería 900 milímetros.
- Caudal conducido a régimen máximo 3900 m³/h.

Con el caudal y el diámetro de la tubería determinamos la velocidad del fluido, la cual no debería sobrepasar el límite de velocidad recomendado para los conductos de descarga de agua, marcado en 2,5 m/s.

$$v_{desc} = \frac{Q \left[\frac{m^3}{s} \right]}{A [m^2]} = \frac{1,1 \frac{m^3}{s}}{0,636m^2}$$

$$v_{desc} = 1,73 \frac{m}{s} < 2,5 \frac{m}{s} \rightarrow \text{adecuada}$$

Además se deben obtener las longitudes equivalentes de los siguientes accesorios que componen el tramo:

- Un difusor excéntrico 600 mm a 900 mm.
- Una T de unión en forma de Y 600 mm.
- Dos válvulas de venteo.

A partir del nomograma que relaciona el tipo de accesorio y su diámetro con la equivalencia en longitud recta ver anexo Figura 1, se obtiene para cada elemento:

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente [m]
Unión en forma de Y	1	14
Tubo difusor d/D 2/3	1	22
Válvula de venteo	2	despreciable

Por lo tanto la longitud equivalente debido a todos los accesorios será la sumatoria de la equivalencia por cada elemento, resultando:

$$L_{eq.} = \sum L_{eq.i} = L_{eq \text{ union}} + L_{eq \text{ difusor}} + L_{eq \text{ valv venteo.}}$$

$$L_{eq.} = 14m + 22m + 0m = 36 m.$$

Y la longitud total equivalente a considerar es:

$$L_{tot \text{ eq.}} = L_{eq.} + L_{tramo \text{ recto.}}$$

$$L_{tot \text{ eq.}} = 36m + 140m = 176 m.$$

De la figura 12 “pérdidas equivalentes por cada 100 metros de tubería”, del manual de bombas KSB ver anexo Figura 2, entrando con el diámetro de 800 mm y un caudal de 1950 m³/h obtenemos:

$$h_{eq} = \frac{0,22mca}{100m}.$$

Como para los tramos anteriores, a este valor lo multiplicamos por la longitud total equivalente y el coeficiente de 1,25 correspondiente a tuberías de acero viejas y oxidadas.

De esta manera la perdida resultante será:

$$H_{union-distribuidor} = 1,25 \cdot h_{eq} \cdot L_{tot \text{ eq.}}$$

$$H_{union-distribuidor} = 1,25 \cdot \frac{0,22mca}{100m} \cdot 176m = 0,48 mca.$$

Obtenidas las perdidas en los dos tramos considerados la pérdida total en la tubería de descarga para las dos bombas en paralelo será:

$$H_{descarga} = H_{bomba-union} + H_{union-distribuidor}$$

$$H_{descarga} = 0,57 mca + 0,48 mca = 1,05 mca.$$

2.2.3.1.3. Pérdidas de carga totales.

Calculadas las pérdidas en los tramos de aspiración y descarga separadamente, al sumarlas se obtienen las pérdidas totales entre la aspiración (punto 1) y la descarga en el distribuidor (punto 2) como se explico anteriormente.

Por lo tanto para la bomba que trabaja en forma individual, se tiene una pérdida total de:

$$H_{1,2 \text{ indivial}} = H_{\text{aspiracion}} + H_{\text{descarga}}$$

$$H_{1,2 \text{ indivial}} = 0,216 \text{ mca} + 1,15 \text{ mca} = 1,366 \text{ mca}.$$

Y en la tubería que transporta el caudal de las bombas trabajando en paralelo, el total de perdidas es:

$$H_{1,2\text{paralelo}} = H_{\text{aspiracion}} + H_{\text{descarga}}$$

$$H_{1,2\text{paralelo}} = 0,216 \text{ mca} + 1,05 \text{ mca} = 1,266 \text{ mca}.$$

2.2.3.2. Altura de aspiración positiva neta disponible.

Al igual que en el planteo de la alternativa de bombeo anterior deberá verificarse que el NPSH requerido por la bomba sea menor que el NPSH disponible en la instalación, para evitar el fenómeno de cavitación.

La ecuación que nos da el valor del citado NPSH es:

$$NPSH_{\text{disponible}} = \frac{P_1 - P_{\text{sat vap.}}}{\rho} - Z_{\text{asp}} - H_{1_asp}.$$

Tomando el valor de las pérdidas de carga en la tubería de aspiración (0,216mca) calculado anteriormente y además teniendo en cuenta que:

- Las presiones del fluido en la aspiración (P_1) y la descarga (P_2) tienen un valor de 10,33 mca, correspondiendo dicho valor a la presión atmosférica.
- La presión de vapor considerada para el agua a 25 °C es de 0,32 mca.
- La mayor diferencia de altura entre el eje de la bomba y el nivel de aspiración será de 3 metros, siendo este el caso de trabajo más desfavorable.

Por lo tanto reemplazando estos valores en la ecuación se obtiene que:

$$NPSH_{disponible} = (10,33 - 0,32)mca - 3mca - 0,216 mca$$

$$NPSH_{disponible} = 6,794mca \approx 6,8 mca.$$

El valor obtenido es el que se daría en el caso más crítico, es decir que el nivel de la represa baje un máximo de 3 metros, caso que no se ha dado en la realidad. Por lo tanto el valor de 6,8 mca será el valor mínimo y en condiciones funcionales con un máximo de 9,8 mca.

Según los datos técnicos de la bomba para el régimen de trabajo el NPSH requerido para el modelo S-40 es de 6,8 mca, si bien tanto el valor requerido como el disponible son iguales la bomba no presentara problemas ya que como se dijo este valor se da en el caso más desfavorable, (menor nivel de agua), caso que no ha ocurrido en la realidad.

Conclusión: Como los valores obtenidos para las tuberías instaladas están de acuerdo a los aptos para las condiciones de trabajo se decide que de optar por esta alternativa se construirá en forma paralela a las existentes un conjunto más de tuberías de las mismas dimensiones y trazado con el fin de incorporar tres bombas más para aumentar la producción.

Las tuberías a construir y los elementos que la componen serán fabricadas y montadas por la empresa "Falmetal S.R.L", situada en la ciudad de Goya provincia de Corrientes, a la cual se le entregara para esto un plano que contenga el trazado y las dimensiones de la tubería.

El material constructivo de las mismas será de acero comercial de 3/16 de pulgada.

Las uniones entre los distintos tramos de tuberías se llevaran a cabo a través de bridas.

Los detalles del trazado y los elementos que componen las mismas se encuentran en el plano N°3 "Tuberías Vista Superior" y Plano N° 4 "Tuberías Vista Frontal"

2.2.4. Potencia de bombeo necesaria.

Para determinar el valor del trabajo que deberá entregar la bomba al fluido se procede de igual manera que se hizo para el cálculo de la primera alternativa.

Se considera la diferencia de alturas geométricas entre los puntos de aspiración y la descarga en el distribuidor, las pérdidas de carga totales en las tuberías y las alturas de presión entre los puntos en cuestión.

Para este cálculo la ecuación a utilizar será la ecuación de Bernoulli, de la cual se despejara el valor del trabajo de la bomba W_b .

$$\frac{P_1}{\rho} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + W_b = \frac{P_2}{\rho} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{1-2}$$

De esta forma los valores a tener en cuenta serán además de los calculados en puntos anteriores como son las pérdidas totales serán:

Las presiones en los puntos 1 y 2 de aspiración y descarga son iguales y corresponde a la presión atmosférica, por lo tanto la altura de presión se anulara.

La diferencia de altura máxima entre aspiración y descarga, $Z_1 - Z_2$ es de 10 metros.

La velocidad en la aspiración, si consideramos que el nivel permanece constante, será nula.

La velocidad en la descarga, v_2 será de 1,91 m/s para el caso de la bomba individual y de 1,75 m/s cuando se trate de las bombas trabajando en paralelo.

a) Potencia necesaria bomba individual.

Como se dijo despejando el trabajo aportado por la bomba y reemplazando los valores citados obtenemos:

$$W_b = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + Z_2 - Z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_{1-2}$$

$$W_b = 10m - 0m + \frac{(1,91 \frac{m}{s})^2 - (0 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} + 1,366m = 11,55 \text{ mca.}$$

$$W_b = 11,55 \text{ mca.}$$

Para expresar esta potencia en kilowatt utilizamos la expresión siguiente, en la misma incorporamos el rendimiento de la bomba.

$$N_b [KW] = \frac{W_b \cdot Q \cdot g \cdot \rho}{\eta_b}$$

Reemplazando:

$$N_b [KW] = \frac{11,55m \cdot 0,54 \frac{m^3}{s} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 996 \frac{kg}{m^3}}{0,8}$$

$$N_b [KW] = 76,2 KW \approx 103,6 CV.$$

Para la selección del motor correspondiente a este valor de potencia se le deberá aplicar el rendimiento de los elementos de transmisión, en este caso se cuenta con un acople flexible los cuales tienen un rendimiento del 99%.

Por lo tanto:

$$N_{motor} [KW] = \frac{N_b [KW]}{\eta_{acople}} = \frac{76,2 KW}{0,99}$$

$$N_{motor} [KW] = 77 KW \approx 104,7 CV.$$

b) Potencia necesaria bombas en paralelo.

De la misma forma que lo hecho en el cálculo de la potencia para el punto anterior, reemplazamos en la ecuación los valores ya calculados.

$$W_b = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + Z_2 - Z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_{1-2}$$

$$W_b = 10m - 0m + \frac{(1,75 \frac{m}{s})^2 - (0 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} + 1,266m = 11,42 mca.$$

$$W_b = 11,42 mca.$$

Expresada la potencia en kilowatt es:

$$N_b [KW] = \frac{W_b \cdot Q \cdot g \cdot \rho}{\eta_b}$$

$$N_b [KW] = \frac{11,42m \cdot 0,54 \frac{m^3}{s} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 996 \frac{kg}{m^3}}{0,8}$$

$$N_b [KW] = 75,32 KW \approx 102,4 CV$$

Por lo cual el motor a seleccionar deber cumplir con una potencia mínima de:

$$N_{motor}[KW] = \frac{N_b[KW]}{\eta_{acople}} = \frac{75,32KW}{0,99}$$

$$N_{motor}[KW] = 76,1 KW \approx 103,4 CV.$$

2.3. Comparación entre ambas alternativas.

En este punto se citaran las mayores ventajas y desventajas que presentan cada una de las alternativas propuestas anteriormente para el sistema de riego.

a) Reutilización de las bombas instaladas.

➤ Ventajas:

- Menor inversión debido a que ya se cuenta con las bombas.
- Posibilidad de acoplarlas a los motores diesel en caso de falta de energía eléctrica.

➤ Desventajas:

- Menor rendimiento del sistema debido a la transmisión por correas.
- Requiere mayor mantenimiento.
- El conjunto de bombeo ocupa más lugar.

b) Cambio por bombas de acople directo.

➤ Ventajas:

- Mayor rendimiento del sistema debido a la eliminación de la transmisión a correas.
- El conjunto de bombeo ocupa menos lugar.

➤ Desventajas:

- Se requiere una mayor inversión debido a que se deben adquirir nuevas bombas.
- En caso de problemas en el suministro de energía no se tiene la posibilidad de un acople con los motores diesel.

Conclusión: si bien a priori la alternativa de la bomba de acople directo presenta una mayor eficiencia, por pedido del dueño del establecimiento arrocero este proyecto se desarrollara en base a la primer alternativa.

Como los motores necesarios para cualquiera de los dos sistemas propuesto es la misma (90 kW), de aquí en adelante es indistinto para el cálculo cual fuese la alternativa elegida, pudiéndose adaptarse cualquiera de ellas al diseño que sigue.

La única diferencia que se presentaría si se optase por la segunda alternativa se vería reflejada en la distribución de los grupos de bombeo solamente, debido a que el conjunto bomba-motor es de dimensiones más reducidas.

3. Sistema de purgado.

Como bien sabemos las bombas centrifugas necesitan de un purgado para poder entrar en funcionamiento. Por lo tanto se requiere mantener un nivel de líquido que sobrepase el rodete de la bomba para permitir un arranque seguro.

Para esto se dispone un sistema de purgado que constara básicamente de dos piezas fundamentales:

- Una bomba sumergible.
- Un detector de nivel conductivo.

Funcionamiento.

Una vez que se enciende el sistema de riego, se activara la bomba sumergible de purgado, en caso de detectar falta de nivel de liquido por sobre el rodete.

El detector de nivel se encuentra situado por encima de la brida de descarga de la bomba que cuenta con control de velocidad, ya que esta será la que se pondrá primero en marcha.

Las tuberías de descarga se encuentran interconectadas a través de un caño de 1 pulgada para que así se purguen el resto de las bombas y mantener purgado el sistema.

Una vez alcanzado este nivel de liquido se desconectara la bomba de purgado y se habilitara la marcha de los motores que impulsan las bombas centrifugas de acuerdo a la necesidad de caudal requerido para el riego.

3.1. Selección de equipos de purgado.

De acuerdo a lo propuesto, se deberán seleccionar para el sistema de purgado una bomba sumergible y un detector de nivel conductivo.

3.1.2. Detector de nivel conductivo.

Se opto por la colocación de un sensor conductivo, controlador de nivel básico en un punto, modelo CL con potenciómetro y control de tiempo, el mismo es de la marca "Carlo Gavazzi"

- Código de pedido CLD1EA1CM24.

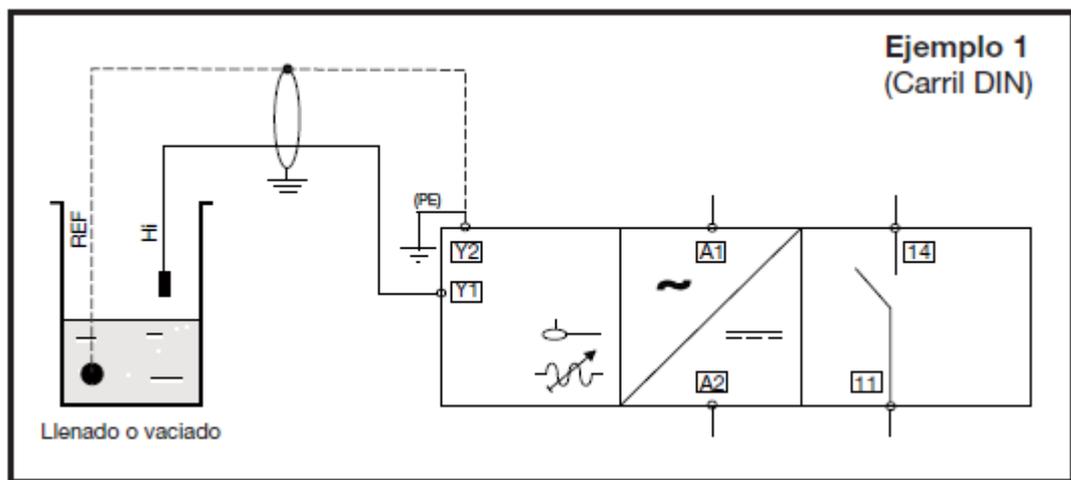
Este elemento tiene las siguientes características:

Control de nivel basado en microprocesador para líquidos con un amplio rango de sensibilidad de 5 K Ω a 150 K Ω .

Control de nivel con una sonda con retardo de tiempo ON/OFF incorporado, para aplicaciones de llenado o vaciado. El retardo de tiempo puede ajustarse de 1 a 30 segundos.

Funcionamiento:

- Cable de conexión: Cable PVC de 2 conductores, normalmente apantallado. Longitud del cable: máx. 100 m. La resistencia entre el hilo conductor y tierra debe ser al menos de 150 K Ω . Normalmente, se recomienda utilizar un cable apantallado entre la sonda y el relé, por ejemplo, si el cable se coloca en paralelo con los cables de potencia (red). El apantallamiento tiene que conectarse a Y2 (referencia).
- El proceso de llenado o vaciado funciona en torno a un único electrodo y a un circuito de control de tiempo.
- Precauciones: Desbordamiento del llenado del depósito.
- Hay que tomar precauciones para asegurar que el depósito no se desborde. Los factores a considerar son el rendimiento de la bomba, la velocidad de descarga del depósito, la posición del único electrodo de nivel y el retardo de tiempo.
- Evitar el funcionamiento en seco de la bomba en el vaciado.
- Hay que asegurarse de que la bomba no funcione en seco, tomando precauciones similares a las mencionadas anteriormente. En concreto, manteniendo el retardo de tiempo en un nivel mínimo, se reducen los riesgos, aunque aumentará la velocidad de conmutación.

Diagrama de conexión:

Características.

Tensión nominal de funcionamiento (U_B)		
Clase de alimentación		2
Patillas A1 y A2	24	19,2 a 28,8 VCA/CC
Tensión nominal de aislamiento		<2,0 kVCA (rms)
Impulso de tensión nominal soportada		4 kV (1,2/50 μ s) (línea-neutro)
Potencia nominal de funcionamiento		
Alimentación CA/CC		5 VA / 5 W
Retardo a la conexión (t_v)		< 300 ms
Salidas		
Tensión nominal de aislamiento		250 VCA (rms) (cont./elec.)
Clasificación de contactos (AgCdO)		μ (microgap)
Cargas resistivas	AC1 DC1	8 A / 250 VCA (2500 VA) 1 A / 250 VCC (250 W) o 10 A / 25 VCC (250 W)
Pequeñas cargas inductivas	AC15 DC13	0,4 A / 250 VCA 0,4 A / 30 VCC
Vida útil mecánica (típica)		$\geq 30 \times 10^6$ operaciones @ 18.000 pulsos/h
Vida útil eléctrica (típica)	AC1	> 250.000 operaciones
Alimentación de la sonda de nivel		Máx. 5 VCA
Intensidad en la sonda de nivel		Máx. 2 mA
Sensibilidad		5 K Ω a 150 K Ω , $C_F^* = 2,2$ nF Ajuste de fábrica 150 K Ω
Tensión dieléctrica		>2,0 KVCA (rms) (contactos / electrónica)
Impulso de tensión nominal soportada		4 kV (1,2/50 μ s) (contactos / electrónica) (IEC 664)
Frecuencia de funcionamiento (f) máx.		Salida de relé 0,5 Hz
Tiempo de respuesta		
OFF-ON (t_{on})		1 s a 30 s ajustable
ON-OFF (t_{off})		1 s a 30 s ajustable
Ambiente		
Categoría de sobretensión		III (IEC 60664)
Grado de protección		IP 20 (IEC 60529, 60947-1)
Grado de contaminación		2 (IEC 60664/60664A, 60947-1)
Temperatura		
Funcionamiento		-20° a +50°C
Almacenamiento		-50° a +85°C
Material de la caja		ABS VO, gris claro
Peso		
Alimentación CA/CC		125 g
Homologación		
UL		UL508, UL325,
CSA		CSA-C22.2 N.247
Marca CE		Sí

3.1.4. Tubería de purgado.

Esta tubería está construida de caños de acero comercial de diámetro de 1y1/4 pulgada que une la salida de la bomba sumergible con la bomba a purgar, luego la tubería de interconexión de las demás bombas será también de acero comercial pero con un diámetro de 1 pulgada.

4. Selección de motores eléctricos.

Dado que tanto para las bombas que trabajan en paralelo, como para la que lo hacen individualmente, la potencia requerida es muy similar, 75,77 kW para las primeras y 77,3 kW para la restante, se seleccionara un mismo tipo de motor para cada una de ellas, de esta forma se unificaran los elementos necesarios.

Se opto por un motor de cuatro polos para una tensión de trabajo 220 / 380 V ya que para la puesta en marcha se utilizara un arrancador suave, el mismo es de la marca WEG y sus características las vemos especificadas a continuación:

Preparó: Dalle Tezze, cristian – Korell, Matias.	Revisó:	Aprobó:	Página 199 de 375
--	---------	---------	-------------------

Datos electricos:**W22 Carcasa de Hierro Gris - Premium Efficiency - IE3****Características**

- Carcasa: 280 S/M
- Potencia: 90 kW
- Frecuencia: 50 Hz
- Polos: 4
- Rotación nominal: 1485
- Deslizamiento: 1,00 %
- Voltaje nominal: 220/380 V
- Corriente nominal: 287/166 A
- Corriente de arranque: 2130/1230 A
- I_p / I_n : 7,4
- Corriente en vacío: 104/60,0 A
- Par nominal: 579 Nm
- Par de arranque: 230 %
- Par máxima: 280 %
- Categoría: N
- Clase de aislación: F
- Elevación de temperatura: 80 K
- Tiempo de rotor bloqueado: 25 s (caliente)
- Factor de Servicio: 1,00
- Régimen de servicio: S1
- Temperatura Ambiente: -20°C – +40°C
- Altitud: 1000 m
- Protección: IPW55
- Masa aproximada: 777 kg
- Momento de inercia: 2,5518 kgm²
- Nivel de ruido: 69 dB(A)

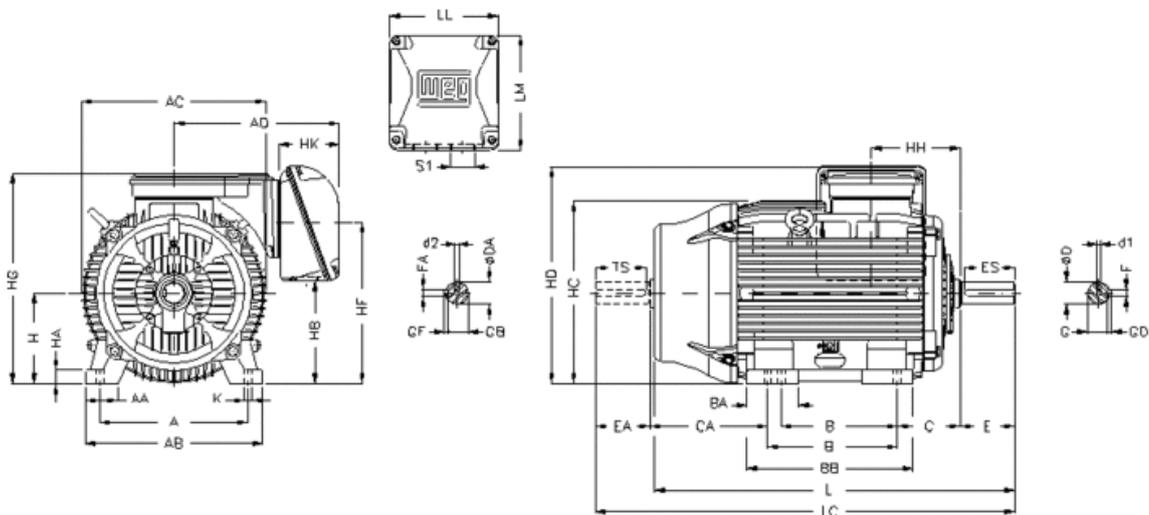
Factor de Potencia

50%	75%	100%
0,74	0,82	0,86

Rendimiento (%)

50%	75%	100%
95,0	95,5	95,8

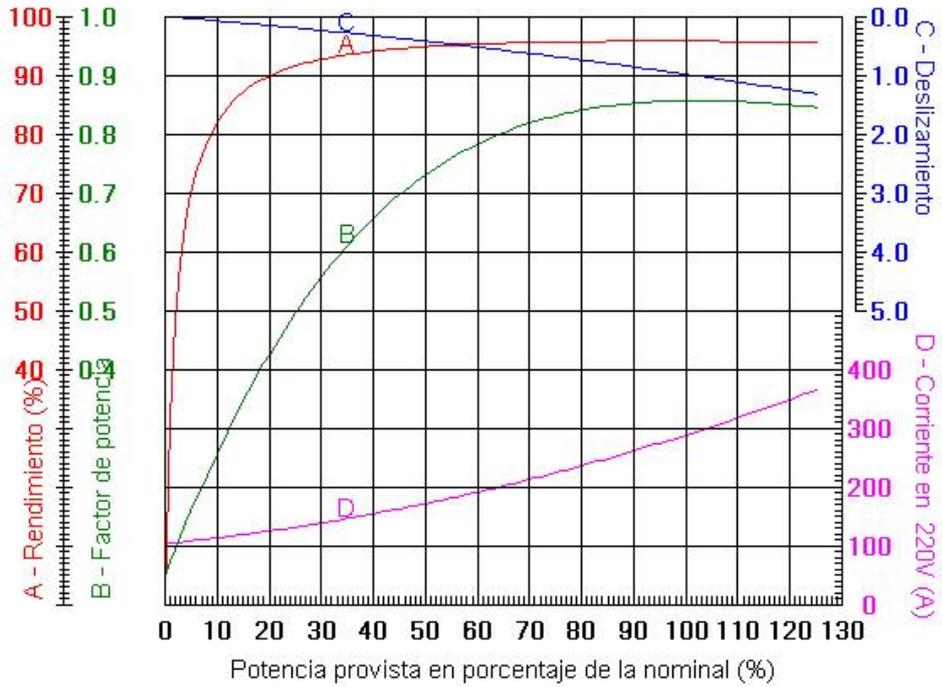
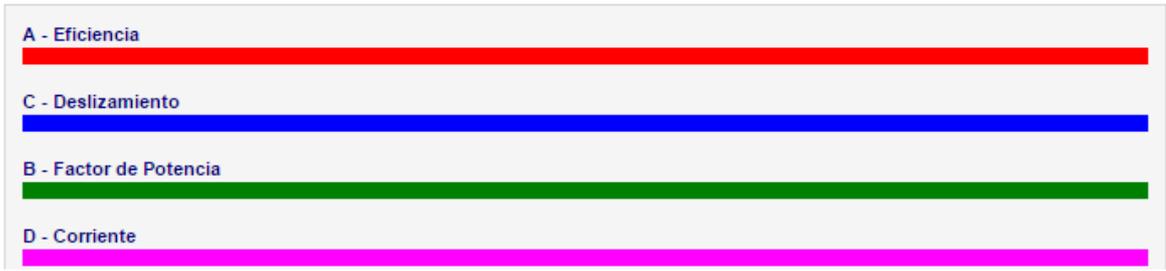
Características físicas:



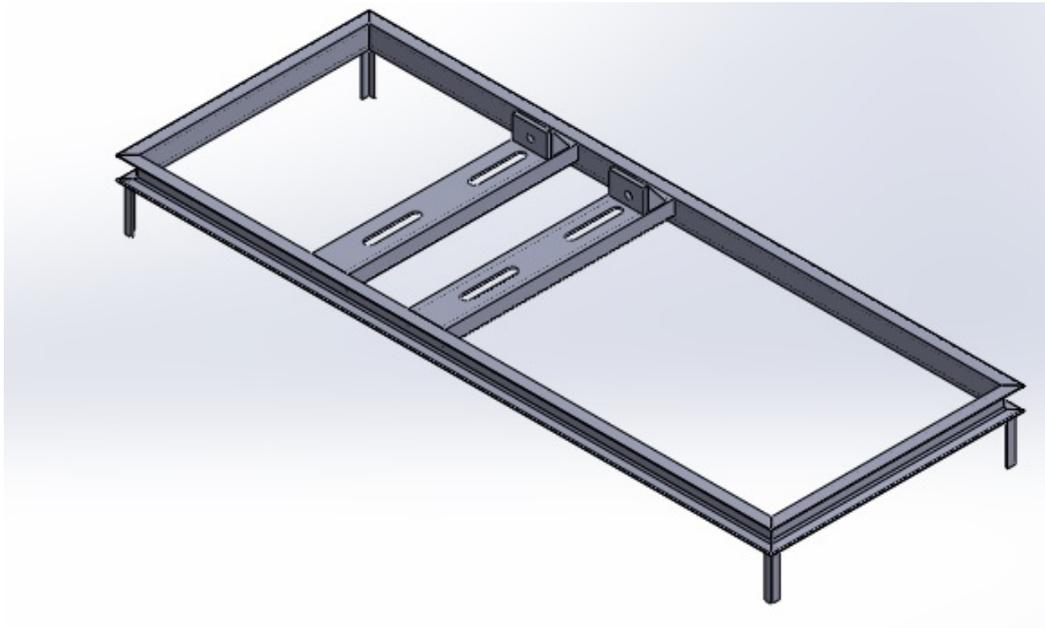
A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB	C	CA	D
457	100	557	599	445	368/419	151	517	190	385/334	75m6
E	ES	F	G	GD	DA	EA	TS	FA	GB	GF
140	125	20	67.5	12	65m6	140	125	18	58	11
H	HA	HB	HC	HD	HF	HG	HH	HK	K	L
280	42	386	580	700	572	686	266	147	24	1071
LC	LL	LM	S1			d1		d2		
1223	314	312	2xM63x1,5			DM20		DM20		

	Delantero	Trasero
Rodamiento	6316 C3	6316 C3
Intervalo de lubricación	13000 h	13000 h
Cantidad de grasa	34 g	34 g

Curvas de desempeño:



4.1. Base de sujeción para motores.



Cada motor eléctrico ira ubicado sobre una estructura metálica, la cual se encuentra empotrada en la cimentación de hormigón a través de un perfil L 30x30x3.

Estas bases son construidas de perfil UPN 100-150 y planchuelas de espesor $\frac{3}{4}$ y de $\frac{1}{2}$ pulgada. Los detalles y dimensiones de la estructura se encuentran en el Plano N°5 “Base de Motor Eléctrico 90 kW”.

Además estas bases cuentan con correderas destinadas para tensionar las correas que comunican el motor con la bomba.

5. Motores diesel.

Para el movimiento de las bombas se encuentran instalados tres motores diesel de la marca "JOHN DEERE", modelo 6068TJ32 turboalimentado.



Las características de estos motores son:

- Aplicación múltiple, agrícola e industrial.
- Potencia 133 kW (178 hp).
- Régimen 2200 rpm.

Dichos motores están configurados para trabajar a un régimen del orden de las 1950 rpm +/- 2 % de variación, con una reducción de relación 70 / 30 mediante transmisión a correas.

Trabajando en estas condiciones el motor entrega una potencia de 127,7 kW (171 hp), presentando un consumo específico de combustible de:

$$C_{especifico} = 203,75 \frac{g}{kW \cdot h}$$

Considerando que 1 litro de gasoil equivale a 0,85 kilogramos (0,85 Kg/l) se tiene un consumo por hora de funcionamiento de:

$$consumo \left(\frac{l}{h} \right) = P(kW) \cdot C_{especifico} \frac{g}{kW \cdot h} \cdot \frac{1}{850} \frac{l}{g}$$

$$consumo \left(\frac{l}{h} \right) = 127,7(kW) \cdot 203,75 \frac{g}{kW \cdot h} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{1}{0,85} \frac{l}{kg} = 31,16 \frac{lbs}{h}$$

6. Análisis de costos gas oíl vs energía eléctrica.

Introducción al estado de la producción.

La producción primaria de arroz se encuentra atravesando un momento crítico a raíz del aumento constante de los precios de los insumos y servicios básicos, sumado al estancamiento del precio del producto en los últimos años.

Esta situación implica menores márgenes para el productor, y en algunos casos obligará a la búsqueda de actividades alternativas, por tornarse inviable en términos económicos la continuidad en esta actividad productiva.

Uno de los puntos importantes que conforman el costo de este sistema de producción es el "riego", que según sea la fuente de energía (Gasoil, Electricidad, etc) colabora al logro de márgenes económicos distintos.

La posibilidad de contar con energía eléctrica está sujeta a la disponibilidad de suministro cercano al campo y además a la capacidad de inversión del productor, siendo esta una de las principales limitantes para la difusión masiva de esta fuente de energía.

Desarrollo del análisis.

Una vez determinada la potencia de los motores que será necesaria para la sustitución de los motores diesel existentes por estos motores eléctricos, se está en condiciones de hacer un análisis comparativo de los costos que se producen por hectárea al regar el sembrado utilizando gas oíl y al utilizar energía eléctrica.

Con estos valores se sacara el ahorro, en pesos, que tendrá el productor si sustituye el riego actual por un riego utilizando energía eléctrica.

6.1. Consumo de gas oíl.

Teniendo en cuenta que los motores diesel existentes tienen las siguientes características:

- Son de la marca “John Deere”.
- Modelo: 6068TJ32 turboalimentado.
- Potencia 133 kW (178 hp).
- Régimen 2200 rpm.

Dichos motores están configurados para trabajar a un régimen del orden de las 1950 rpm +/- 2 % de variación, con una reducción de relación 70 / 30 mediante transmisión a correas.

Trabajando en estas condiciones el motor entrega una potencia de 127,7 kW (171 hp), presentando un consumo específico de combustible de:

$$C_{especifico} = 203,75 \frac{g}{kW \cdot h}$$

Considerando que 1 litro de gasoil equivale a 0,85 kilogramos (0,85 Kg/l) se tiene un consumo por hora de funcionamiento de:

$$consumo \left(\frac{l}{h} \right) = P(kW) \cdot C_{especifico} \left(\frac{g}{kW \cdot h} \right) \cdot \frac{1 l}{850 g}$$

$$consumo \left(\frac{l}{h} \right) = 127,7(kW) \cdot 203,75 \frac{g}{kW \cdot h} \cdot \frac{1 kg}{1000 g} \cdot \frac{1 l}{0,85 kg} = 31,16 \frac{l}{h}$$

$$consumo \left(\frac{l}{h} \right) = 31,16 \frac{l}{h}$$

Esta configuración de bombeo entrega 1950 m³/h, teniendo en cuenta que el riego promedio necesario es de 1,5 l/seg/ha o bien 5,4 m³/h/ha, las hectáreas por hora de bombeo son:

$$\frac{ha}{h} \text{ bombeo} = \frac{1950 m^3}{h} \cdot \frac{1 ha}{5,4 \frac{m^3}{h}} = 361,1 ha$$

El riego promedio por campaña ronda los 90 días, en los cuales se debe mantener las canchas de siembra inundadas.

Por lo cual se tiene un consumo de gas oíl por hectárea a lo largo de una campaña de:

$$\text{consumo} \left(\frac{l}{ha} \cdot \text{campaña} \right) = 90 \text{ dias} \cdot 24 \frac{h}{\text{dia}} \cdot 31,16 \frac{lbs}{h} \cdot \frac{1}{361,1 ha}$$

$$\text{consumo} \left(\frac{l}{ha} \cdot \text{campaña} \right) = 186,4 \frac{l}{ha} \cdot \text{campaña}$$

6.2. Consumo de energía eléctrica.

En el caso tener el bombeo electrificado con los motores adoptados para trabajar al mismo régimen y seguir las curvas de la bomba en su punto de óptimo funcionamiento, se tiene el siguiente motor seleccionado.

Dado que tanto para las bombas que trabajan en paralelo, como para la que lo hacen individualmente, la potencia requerida es muy similar, 75,77 kW para las primeras y 77,3 kW para la restante, se seleccionara un mismo tipo de motor para cada una de ellas, de esta forma se unificaran los elementos necesarios.

Se optó por un motor de 90 kW, de cuatro polos para una tensión de trabajo 220/ 380 V ya que para la puesta en marcha se utilizara un arrancador suave, el mismo es de la marca WEG.

El consumo promedio por bomba es de:

$$E_{promedio} = \frac{E_{B \text{ paralelo}} + E_B}{2}$$

Donde:

- $E_{B \text{ paralelo}}$ es la energía consumida por la bomba en paralelo.
- E_B es la energía consumida por la bomba unitaria.

$$E_{promedio} = \frac{75,77 \frac{kW}{h} + 77,3 \frac{kW}{h}}{2} = 76,53 \frac{kW}{h}$$

Aplicando un rendimiento eléctrico del motor correspondiente al 90 %, el consumo de energía será:

$$E_{consuida} = \frac{76,53 \frac{kW}{h}}{0,9} = 85,03 \frac{kW}{h}$$

Esta configuración de bombeo entrega 1950 m³/h, teniendo en cuenta que el riego promedio necesario es de 1,5 l/seg/ha o bien 5,4 m³/h/ha, las hectáreas por hora de bombeo son:

$$\frac{ha}{h} \text{ bombeo} = \frac{1950 m^3}{h} \cdot \frac{1 ha}{\frac{5,4 m^3}{h}} = 361,1 ha$$

El riego promedio por campaña ronda los 90 días, en los cuales se debe mantener las canchas de siembra inundadas. Dando así un consumo de energía eléctrica por hectárea a lo largo de una campaña de:

$$\text{consumo} \left(\frac{kW}{ha} \cdot \text{campaña} \right) = 90 \text{ dias} \cdot 24 \frac{h}{\text{dia}} \cdot 85,03 \frac{kW}{h} \cdot \frac{1}{361,1 ha}$$

$$\text{consumo} \left(\frac{kW}{ha} \cdot \text{campaña} \right) = 508,62 \frac{kW}{ha} \cdot \text{campaña}$$

6.3. Comparación de los costos.

Se tiene que el costo promedio del kWh es de 1,058 $\frac{\$}{kWh}$, por lo tanto el costo promedio por hectárea para una campaña realizada con riego eléctrico es:

$$C_{Prom-electrico} = 508,62 \frac{kW}{ha} \cdot \text{campaña} \cdot 1,058 \frac{\$}{KWh}$$

$$C_{Prom-electrico} = 538,12 \frac{\$}{ha} \cdot \text{campaña}$$

El costo promedio del combustible, gas oíl grado 2, en la zona es de 12,50 $\frac{\$}{l}$ (Nota: El gas oíl recomendado por fabricante del motor diesel es grado 2). Por lo cual el costo de riego eléctrico equivale a gastar 38,75 litros de gas oíl por hectárea por campaña.

Para el caso de riego con combustible diesel el costo promedio por hectárea para una campaña es:

$$C_{Prom-Diesel} = 186,4 \frac{Lts}{ha} \cdot campaña \cdot 12,50 \frac{\$}{Lts}$$

$$C_{Prom-Diesel} = 2330 \frac{\$}{ha} \cdot campaña$$

De esta manera queda determinado el ahorro en pesos promedio por hectárea en una campaña que logra un productor, electrificando la central de bombeo.

$$Ahorro_{promedio} = C_{Prom-Diesel} - C_{Prom-electrico}$$

$$Ahorro_{promedio} = 2330 \frac{\$}{ha} \cdot campaña - 538,12 \frac{\$}{ha} \cdot campaña$$

$$Ahorro_{promedio} = 1791,9 \frac{\$}{ha} \cdot campaña$$

Esto equivale a un ahorro del 77 % del gasto equivalente al riego con combustible diesel.



Una vez amortizada la inversión, este ahorro se reflejara en un aumento del margen de ganancia que obtendrá el productor arrocero.

A partir de estos resultados se pueden resaltar las siguientes conclusiones:

La diferencia del costo de riego eléctrico Vs riego con motor diesel, es muy elevada, esto es un indicativo que puede ser un proyecto viable. En la actualidad hay muchas arroceras que utilizan el riego eléctrico y lo han hecho viable.

El aumento experimentado por los insumos principales para la producción primaria de arroz (fertilizantes, herbicidas, gas oíl), y el estancamiento del precio del producto en los últimos años ha erosionado los márgenes de rentabilidad del productor arrocero, confirmando el altísimo impacto que tiene la utilización de electricidad como fuente de energía para riego en esta actividad.

La principal limitante de la adopción generalizada del uso de la electricidad como fuente de energía para riego es el alto costo de inversión necesaria para realizar el tendido eléctrico hasta los bombeos y las bajadas y reducciones correspondientes que dependen de la distancia hasta la fuente de suministro y de la potencia requerida por cada productor.

Para este caso estudiado en particular, la gran diferencia de gasto energético en los motores diesel se debe a que están sobredimensionados en exceso de potencia.

Para el régimen que trabaja, 1850 rpm según fabricante este motor eroga una potencia de 127,7 kW, mientras que la bomba trabajando con la relación de transmisión de correas 70 / 30 requiere aproximadamente una potencia de 76,53 kW.

Es fundamental el dimensionamiento adecuado de los motores eléctricos, hecho que impacta directamente en la eficiencia de todo el sistema de riego eléctrico. Como así también se ve afectado en los motores diesel en caso de mal dimensionado.

7. Cálculo de la sección de los conductores.

Se determinaran las secciones de conductores mínimas a partir de la caída de tensión admisible para cada elemento, también se la deberá determinar por la corriente admisible del conductor. Obtenidas estas dos secciones se deberá utilizar la que represente la condición más severa.

Una vez determinada la sección a utilizar, se debe verificar la caída de tensión tanto su valor en régimen como también en el arranque para que estos valores se encuentren dentro del rango permitido.

7.1. Sección mínima por caída de tensión.

Cuando un conductor es recorrido por una corriente, se produce en él una caída de tensión. Esta caída de tensión debe estar por debajo de los límites establecidos por reglamento para cada tipo de instalación según su carga.

En este caso la máxima caída de tensión admisible será:

- Para fuerza motriz (en régimen)..... 5 %.
- Para fuerza motriz (en arranque)..... 10% - 15%.

Para 380 V tendremos 19 V para una caída admisible del 5% en régimen y una caída de 57 V en el momento del arranque tratándose del 15 %.

Según este criterio la sección de conductor mínima necesaria la calculamos utilizando la siguiente ecuación:

$$S \geq \frac{\sqrt{3} \cdot \rho}{\Delta U} \cdot \sum L \cdot i \cdot \cos \varphi_i$$

Donde:

- ρ es la resistividad específica del material [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$].
- L es la longitud del conductor a calcular desde el consumo hasta el tablero [m].
- i es la corriente consumida [A].
- $\cos \phi$ es factor de potencia de la carga.
- ΔU es la caída de tensión admisible [V].
- S es la sección mínima necesaria del conductor calculado por caída de tensión [mm^2].

Previo a calcular la sección del conductor de deberán calcular las corrientes de las cargas, las que se obtienen de:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$$

Siendo:

- P es la potencia activa en Watt.
- U es la tensión en volt (380 V).
- Cos φ es el factor de potencia.
- I es la corriente consumida en amperios.

Por lo que siendo la potencia de los motores a utilizar 90 kilowatt y tomando un factor de potencia de 0,86 según el catalogo del motor, se tiene una corriente de carga de:

$$I = \frac{90 \text{ Kw}}{\sqrt{3} \cdot 380 \text{ V} \cdot 0,86} = 160 \text{ A.}$$

Las longitudes de los cables de alimentación de potencia desde cada tablero hasta el respectivo motor se extrajeron del Plano N° 7 “Tendido de conductores de baja Tensión” donde figura la ubicación exacta de cada motor en la instalación. Dichos valores serán los utilizados en los cálculos posteriores.

7.1.2. Sección de conductor tramo tablero secundario-motor.

Obtenida la corriente de 160 A y considerando la resistividad del cobre de 0,0175 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ se calcula la sección mínima necesaria para el motor que se encuentra más alejado del tablero, ya que el mismo representa el caso de caída de tensión más desfavorable, luego la sección calculada se adoptara para los demás motores por igual.

La longitud a considerar como se expreso anteriormente será la del motor más distante a la sala de tableros, el cual se encuentra a una distancia de 35 metros del tablero secundario, representando este la mayor de las caídas de tensión.

La caída admisible para el estado de régimen se dividirá en dos partes, produciéndose una caída del 3% en el tramo comprendido entre el motor y el tablero secundario y el 2% restante se considerara que cae antes del tablero.

Para el citado tramo la caída a tomar en cuenta es de 11,4 V, por tanto la sección será:

$$S \geq \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0175 \Omega \cdot \frac{mm^2}{m}}{11,4V} \cdot 35m \cdot 160A \cdot 0,86$$

$$S \geq 12,8 mm^2$$

7.1.3. Sección de conductor tramo transformador – tablero.

La distancia existente entre la localización del transformador y la ubicación del tablero es de 16 metros.

En este tramo la caída de tensión considerada es del 2%, la cual corresponde a un valor de 7,6 V.

La corriente que circulara por este tramo de conductor es la suma de todos los consumos conectados, se toman las corrientes consumidas por tres motores ya que se dispone de dos tableros principales a los cuales se le asignan tres motores a cada uno, en la línea con el factor de potencia corregido a 0,95 dando una corriente de 480 amperios.

Por lo tanto la sección mínima del conductor será de:

$$S \geq \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0175 \Omega \cdot \frac{mm^2}{m}}{7,6V} \cdot 16m \cdot 480A \cdot 0,95$$

$$S \geq 29,1 mm^2$$

7.2. Sección del conductor por corriente máxima admisible.

Una vez calculada la sección por caída de tensión se debe verificar la misma para que sean aptas para el consumo de las cargas según datos de los fabricantes.

Sección de conductor tramo tablero secundario-motor.

La corriente de carga en estos tramos es de 160 amperios por lo cual el conductor deberá tener una corriente admisible mayor a este valor.

Este criterio nos da una sección tripolar para el tramo considerado de 95 mm² cuya corriente máxima admisible es de 194 amperios.

Sección de conductor tramo transformador-tablero.

Para el caso de la sección de conductor comprendida entre transformador y tablero la corriente admisible por el conductor deberá ser mayor a los 480 amperios ya que este es el valor de la corriente de carga en el circuito.

Por lo expuesto en el párrafo anterior se requieren dos conductores tetrapolares de sección 120 mm² en paralelo los cuales tienen una intensidad admisible de 290 amperios cada uno llevando la mitad de la carga total cada circuito (240 A).

7.3. Selección de los conductores.

Para la selección de cables se utilizó el catálogo de la firma Prysmian, seleccionando el modelo "sintenax valio", debido a que son cables diseñados para distribución de energía en baja tensión en edificios e instalaciones industriales, en tendidos subterráneos o sobre bandejas. Especialmente aptos para instalaciones en industrias y empleos donde se requiera amplia maniobrabilidad y seguridad ante la propagación de incendios.

Como la mayor sección del conductor a utilizar viene dada por la corriente máxima admisible se seleccionaran las secciones dadas por dicho criterio.

Selección de conductor tramo tablero secundario-motor.

Se utilizara en este tramo un conductor tripolar con una sección de 95 mm², siendo este un conductor que presenta las siguientes características:

Sintenax Valio							
Características técnicas- Cables con conductores de cobre							
Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	ohm/km
Tripolares (almas de color marrón, negro y rojo)							
1,5	1,5	0,8	1,8	10	152	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	11	195	9,55	0,09995
4	2,5	1,0	1,8	13	280	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	15	356	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	17	509	2,29	0,0860
16	5,0	1,0	1,8	20	786	1,45	0,0813
25	7,1	1,2	1,8	26	1270	0,933	0,0780
35	8,3	1,2	1,8	28,5	1630	0,663	0,0760
50	8,1	1,4	1,8	30	2075	0,464	0,0777
70	10,9	1,4	2,0	30	2365	0,321	0,0736
95	12,7	1,6	2,1	33	3208	0,232	0,0733
120	14,2	1,6	2,2	36	3910	0,184	0,0729

Sección nominal	Método B1 y B2 Caño Emburido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	14	13	17	15	19	16
2,5	20	17	23	21	26	22
4	25	23	31	28	35	30
6	33	30	40	36	44	37
10	45	40	55	50	61	52
16	60	54	74	66	82	70
25	78	70	97	84	104	88
35	97	86	120	104	129	110
50	-	103	146	125	157	133
70	-	130	185	160	202	170
95	-	156	224	194	245	207
120	-	179	260	225	285	240
150	-	-	299	260	330	278
185	-	-	341	297	378	317
240	-	-	401	350	447	374
300	-	-	461	403	516	432

(1) Un cable bipolar.
 (2) Un cable tripolar o tetrapolar
 (3) Un cable bipolar o dos cables unpolares
 (4) Un cable tripolar o tetrapolar o tres cables unpolares

La disposición de estos conductores es sobre bandeja no perforada o de fondo sólido, a partir de la cual obtenemos una intensidad admisible de 194 amperios.

A la intensidad admisible del conductor se la deberá afectar por un factor de corrección por el agrupamiento de circuitos, el cual para nuestra disposición tiene un valor de 0,85, dato extraído del catalogo del fabricante.

Por último se deberá verificar que:

$$I_{adm} \cdot f_c \geq I_{carga} \rightarrow 194A \cdot 0,85 \geq 160A$$

$$164,9A \geq 160A$$

Por lo que el conductor será apto para las condiciones de trabajo.

Selección de conductor tramo transformador-tablero.

La sección de este conductor se determinara considerando una futura ampliación que comprenda la necesidad de incorporar un motor más de las mismas características de los existentes. Por esto la corriente admisible del conductor seleccionado deberá soportar una corriente admisible de 640 amperios.

En este tramo se utilizaran dos conductores tetrapolares directamente enterrados en paralelo con una sección de 150 / 70, transportando cada uno de ellos la mitad del total de las cargas. Dicho conductor tiene las características:

Sintenax Valio							
Características técnicas- Cables con conductores de cobre							
Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	ohm/km
Tetrapolares (almas de color marrón, negro, rojo y azul claro)							
1,5	1,5	0,8	1,8	11	180	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	12	233	9,55	0,0995
4	2,5	1,0	1,8	15	337	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	16	433	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	18	627	2,29	0,0860
16	5,0	1,0	1,8	22	992	1,45	0,0813
25/16	-	1,2/1,0	1,8	27	1430	0,933	0,0780
35/16	-	1,2/1,0	1,8	29	1780	0,663	0,0760
50/25	-	1,4/1,2	1,9	31	2355	0,464	0,0777
70/35	-	1,4/1,2	2,0	31	2742	0,321	0,0736
95/50	-	1,6/1,4	2,2	35	3736	0,232	0,0733
120/70	-	1,6/1,4	2,3	39	4643	0,184	0,0729
150/70	-	1,8/1,4	2,4	42	5546	0,150	0,0720
185/95	-	2,0/1,6	2,6	47	6969	0,121	0,0720
240/120	-	2,2/1,6	2,8	53	8973	0,0911	0,0716
300/150	-	2,4/1,8	3,0	59	11154	0,0730	0,0714

Sección nominal	Método D1 Caño enterrado	Método D1 Caño enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado
mm ²					
	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
1,5	25	20	28	29	25
2,5	33	27	37	39	34
4	43	35	47	51	44
6	53	44	59	65	55
10	71	58	80	88	74
16	91	75	104	112	95
25	117	96	134	137	117
35	140	115	162	164	140
50	-	137	198	-	173
70	-	169	240	-	211
95	-	201	280	-	254
120	-	228	324	-	290
150	-	258	363	-	325
185	-	289	405	-	369
240	-	333	475	-	428
300	-	377	533	-	484

(12) Un cable bipolar
 (13) Un cable tripolar o tetrapolar
 (14) Tres cables unipolares
 (15) Un cable Bipolar
 (16) Un cable Tripolar o Tetrapolar

Verificando que la corriente admisible sea mayor que la de carga, se cumple que:

$$I_{adm} \geq I_{carga} \rightarrow 325A \geq \frac{640}{2} A$$

$$325A \geq 320A$$

Lo que indica que el conductor es apto para el uso en este circuito.

7.4. Verificación del conductor por caída de tensión.

Una vez obtenida la sección se debe verificar que la caída de tensión que se produce, tanto en régimen como en el momento del arranque, no excedan los límites fijados por reglamento.

Se deben tener en cuenta los datos de resistencia e inductancia del conductor y por medio de la fórmula que sigue se obtiene la caída de tensión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \sum i \cdot L \cdot (r \cdot \cos\varphi + x \cdot \sen\varphi)$$

Siendo:

- ΔU la caída de tensión, [V].
- i la corriente de la carga, [A].
- L la longitud del tramo, [m].
- r la resistencia del conductor, [Ω/m].
- x la inductancia del conductor, [Ω/m].

7.4.2. Verificación de la caída de tensión en régimen.

Como se detallo anteriormente la caída máxima para fuerza motriz en régimen es del 5 % de la tensión nominal, la cual hemos dividido en una caída del 2 % desde el transformador al tablero y un 3 % del tablero al motor.

Por lo tanto las caídas respectivas a verificar son:

Tramo transformador - tablero. ($\Delta U < 2\%$).

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \left[240A \cdot 16m \cdot \left(0,150 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,95 + 0,072 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,31 \right) \right]$$

$$\Delta U = 1,1 V < 7,6 V \rightarrow \text{verifica.}$$

Tramo tablero secundario - motor. ($\Delta U < 3\%$).

Al igual que para el cálculo de la sección mínima por caída de tensión, se utilizara el motor que se encuentra más alejado del tablero para verificar que dicha caída se encuentre dentro del límite ya que este es el caso de mayor caída como se ha mencionado.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \left[160A \cdot 35m \cdot \left(0,232 \frac{\Omega}{km} 0,86 + 0,0733 \frac{\Omega}{km} 0,51 \right) \right]$$

$$\Delta U = 2,3 V < 11,4 V \rightarrow \text{verifica.}$$

La caída total de tensión desde el transformador al punto de carga mas critico (motor más distante), mayor caída de tensión, es de 3,4 V correspondiendo a un 0,9% de la tensión nominal, encontrándose este valor dentro del límite reglamentado.

7.4.3. Verificación de la caída de tensión en el arranque.

La caída de tensión en el arranque no deberá exceder el 15 % de la tensión nominal.

Al utilizar arrancadores suaves para la puesta en marcha de los equipos la corriente de arranque será aproximadamente tres veces la nominal ($I_{arr}=3 \cdot I_n$).

Como los motores no podrán arrancar en simultáneo, sino que lo harán en forma escalonada, el caso más crítico se dará cuando los dos motores más próximos al tablero se encuentren en régimen y se dé marcha al motor más distante, siendo este el caso a verificar.

Entonces por tramo tenemos:

Tramo transformador-tablero.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \left[800A \cdot 16m \cdot \left(0,150 \frac{\Omega}{km} 0,95 + 0,072 \frac{\Omega}{km} 0,31 \right) \right]$$

$$\Delta U = 3,65 V.$$

Tramo tablero secundario-motor.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \left[480A \cdot 35m \cdot \left(0,232 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,86 + 0,0733 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,51 \right) \right]$$

$$\Delta U = 6,89 V.$$

La caída de tensión total desde el transformador al motor más alejado, caso que produce la mayor caída, es de 10,54 V, valor que representa el 2,77 % de la tensión nominal, porcentaje que se encuentra muy por debajo del máximo reglamentado del 15%.

La verificación por corrientes de cortocircuito en instalaciones de baja tensión no es un criterio determinante ya que las protecciones y las impedancias de los cables limitan la intensidad de cortocircuito.

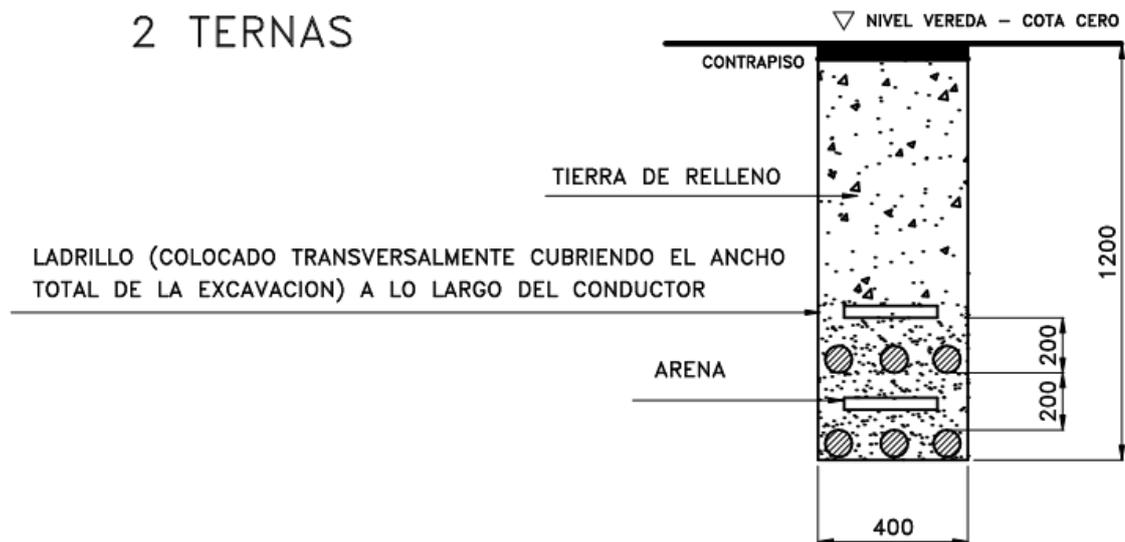
Conclusión: Calculadas las caídas de tensión tanto en régimen como en el arranque, dando estas porcentajes muy inferiores a los establecidos por reglamento se verifico que el conductor seleccionado es apto para ser utilizado.

8. Trazado eléctrico.

Los conductores de baja tensión, en su tramo transformador – tablero estarán dispuestos directamente enterrados a una profundidad de 1,2 metro disponiendo un circuito por encima del otro.

A lo largo del trazado se colocaran ladrillos en forma transversal cubriendo el ancho total de la excavación para dar así protección mecánica a los conductores.

Los distintos detalles del tendido y las dimensiones de la excavación se ven en la siguiente figura:



El tramo de conductores comprendidos entre el tablero secundario y el motor se dispone sobre bandejas porta cables no perforadas o de fondo sólido, denominadas de esta forma cuando su fondo tiene una superficie perforada menor o igual que el 30 % de la superficie del fondo de la bandeja.

Las bandejas porta cables se deben instalar formando un sistema completo, es decir se deben disponer todos los accesorios que hacen a un sistema: curvas planas de diferentes ángulos, curvas verticales que permitan obtener diferentes y adecuados radios de curvatura, reducciones centrales y laterales, uniones “T”, uniones cruz, placas de unión, grapas de tierra, grapas que fijen los tramos y accesorios de las bandejas porta cables a las ménsulas, grapas de suspensión, ménsulas, etc.

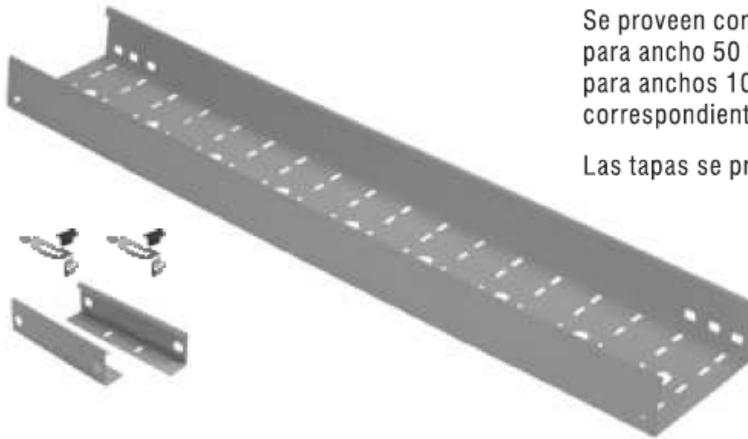
Las mismas son de la marca “NUBAN” y a continuación se detalla la selección de los distintos elementos:

Selección de componentes.

- Tramos rectos: Se utilizara una bandeja no perforada o de fondo solido con tapa marca “NUBAN”, de 300 mm de ancho, código de producto: 02519, código de la tapa: 5002407.

También se utilizara para las derivaciones a cada uno de los motores la misma bandeja pero con un ancho de 50 mm, el código de la misma es: 01943, código de la tapa 5001986.

Tramo Recto **PG**

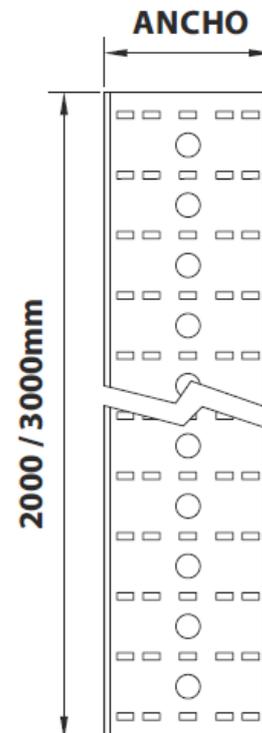


Se proveen con una placa de unión para ancho 50 y con dos placas de unión para anchos 100 a 600, además de sus correspondientes clips y flags.

Las tapas se proveen con sujetadores.

TRAMO RECTO ALA 50mm Largo 3000mm - CP			TAPA CON SUJETADORES	
ANCHO (mm)	ESP. (mm)	CODIGO	ESP. (mm)	CODIGO
50		01943		5001986
100		01944		5001987
150	0,7	01945	0,7	5001988
200		01946		5001989
300		02519		5002407
50		01652		5001986
100		01653		5001987
150	0,9	01654	0,7	5001988
200		01655		5001989
300		01656		5002407
450		02439	0,9	5000342
600		02440	0,9	5000343
450		01657	0,9	5000342
600	1,24	01658	0,9	5000343

TRAMO RECTO ALA 50mm - Largo 2000mm - CP		
ANCHO (mm)	ESP. (mm)	CODIGO
50		03065
100	0,5	03066

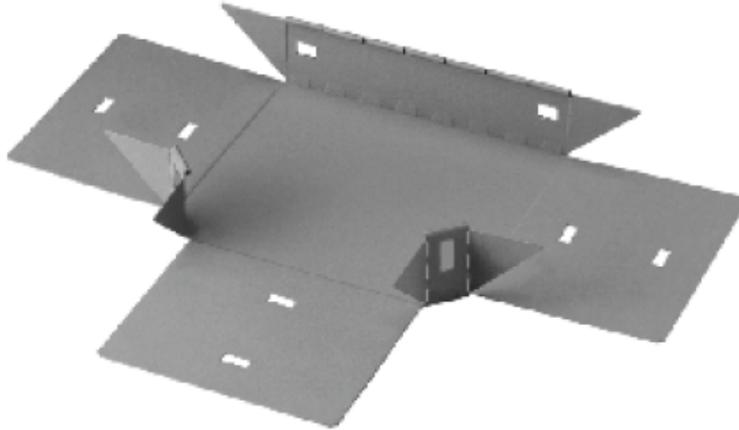


- Unión en T: Para realizar la acometida a cada uno de los motores se utilizaran uniones T, las cuales presentan las siguientes características, código del producto: 02734, código de la tapa: 02776.

Unión Te

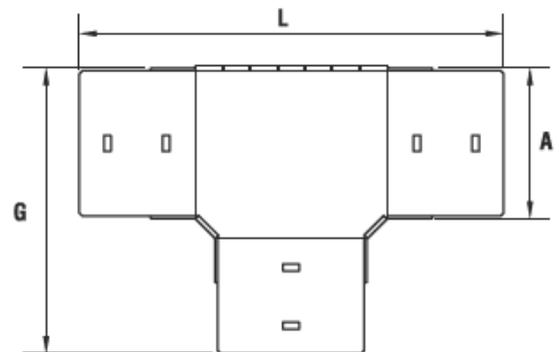


Se provee con Clips y Flags



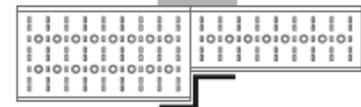
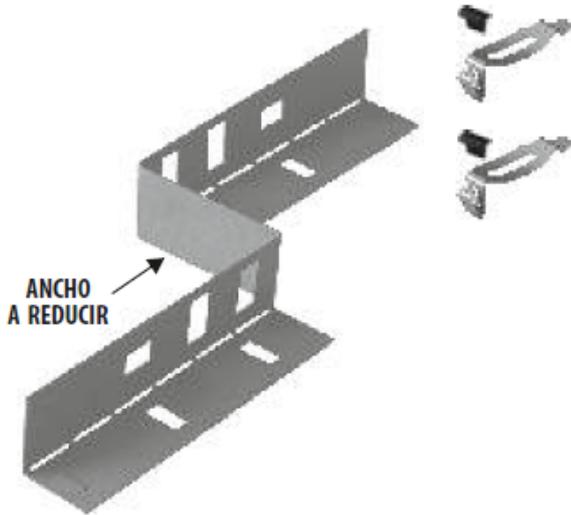
	UNION TE - CC			TAPA	
	ANCHO (mm)	ESP. (mm)	CODIGO	ESP. (mm)	CODIGO
3	50	0,7	02730	0,7	02772
3	100		02731		02773
3	150		02732		02774
3	200		02733		02775
3	300		02734		02776
6	450	0,9	01687		02777
6	600		01688		02778

MEDIDAS			
ANCHO (mm)	A (mm)	L (mm)	G (mm)
50	49	319	185
100	99	369	235
150	149	419	285
200	199	469	335
300	299	569	435
450	449	719	585
600	599	869	735

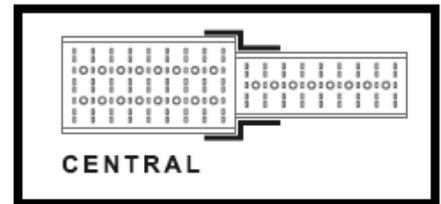


- **Placa reductora:** La salida de la unión T hacia el lado del motor se hará a través de placas reductoras tipo central de 125 mm de ancho, para lograr que la salida sea de 50 mm, el código de la misma es 01968.

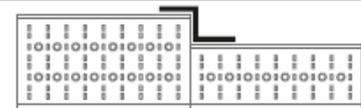
Placa reductora **PG** 



DERECHA



CENTRAL



IZQUIERDA

Se proveen con 2 Clips y 2 Flags por placa de unión.

PLACAS REDUCTORAS CON CLIP Y FLAG		
ANCHO (mm)	ESP. (mm)	CODIGO
25		01964
50		01965
75		01966
100	0,9	01967
125		01968
150		01969
175		01970

Se utilizan para unir tramos de diferentes anchos.
Ejemplos: Para realizar una reducción lateral de 300mm a 200mm de ancho, se utiliza una placa reductora de 100mm y una placa de unión. Para el mismo caso, y para realizar una reducción central, se deberá utilizar dos placas reductoras de 50mm de ancho, cada una.

Conjunto de Clip y Flag



CLIPS ADICIONALES

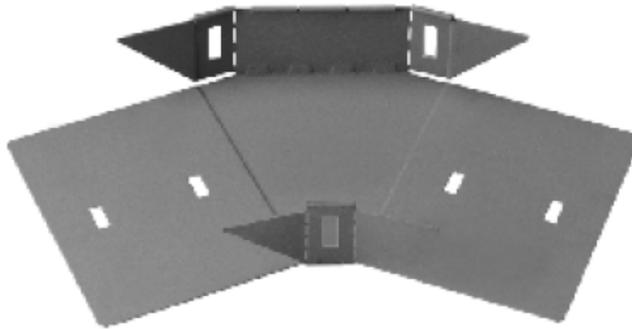
DESCRIPCION	CODIGO
Conjunto de Clip y Flag	02390

- Curva a 45°: En el trazado de la bandeja se debe contar con una curva a 45°, para ello se utilizara el producto con las siguientes características: código del producto 02714, código de la tapa: 02755.

Curva PH 45°

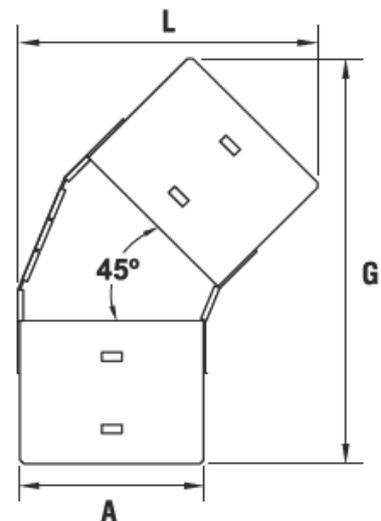


Se provee con Clips y Flags



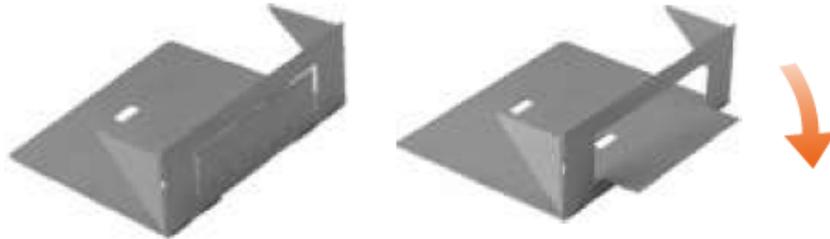
	CURVA PH 45° - CC			TAPA	
	ANCHO (mm)	ESP. (mm)	CODIGO	ESP. (mm)	CODIGO
2	50	0,7	02710	0,7	02751
2	100		02711		02752
2	150		02712		02753
2	200		02713		02754
2	300		02714		02755
4	450	0,9	01665		02756
4	600		01666		02757

MEDIDAS			
ANCHO (mm)	A (mm)	L (mm)	G (mm)
50	49	139	255
100	99	189	290
150	149	239	325
200	199	289	360
300	299	389	430
450	449	539	535
600	599	689	640



- Terminales: Para el final de la bandeja y acometida de cada tablero secundario se utilizara un terminal / acometida de tableros, cuyas características son: código de producto: 02749.

Terminal / Acometida a tablero



TERMINAL / ACOMETIDA A TABLERO

ANCHO (mm)	ESP. (mm)	CODIGO
50		02745
100		02746
150		02747
200	0,7	02748
300		02749
450		01766
600	0,9	01767

El Accesorio Terminal se utiliza para tapar el final de un tramo recto en una instalación.

Rebatiendo el troquelado se utiliza como Acometida a tablero.

Nota: La disposición del trazado tanto para el tramo transformador – tablero como para los tramos tableros secundario – motor, se encuentra en detalle en el Plano N° 7 “Tendido de los Conductores Eléctricos de Baja Tensión”.

9. Métodos de arranques de motores trifásicos.

A la hora de poner en servicio un motor eléctrico existen distintos métodos para hacerlo, los cuales están ligado a la potencia del motor utilizado y al consumo de corriente en el momento del arranque.

A continuación se detallaran los métodos de arranque habitualmente usados para luego seleccionar el que se aplicara en la instalación.

a) Arranque directo.

El motor se conecta directamente a la red mediante un interruptor o algún dispositivo similar a igualdad de instalación, el arranque directo hasta 45 kW siempre será el método que generara el menor calentamiento en el motor y por consiguiente su mayor duración. Por encima de estos tamaños el impacto mecánico sobre el motor será tan considerable que se recomienda reducir la corriente.

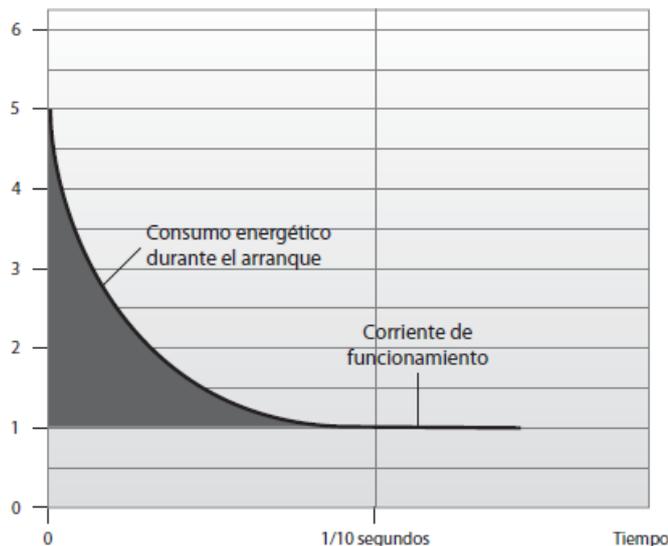
Ventajas:

- Costo reducido.
- No tiene límite en el número de arranques.
- Componentes ocupan poco espacio.

Desventajas:

- Elevada corriente de arranque.
- Provoca caídas de tensión.
- Sobredimensionamiento del sistema de protección (cables, contactores).
- Produce picos de torque.
- Aumenta el mantenimiento y quiebras mecánicas.

Corriente de funcionamiento X



b) Arranque estrella / triangulo.

El método más habitual para reducir la corriente de arranque en los motores, en general es el arranque estrella / triangulo. Durante el arranque, el motor está conectado para su funcionamiento en estrella, cuando el motor está funcionando, se cambia a triangulo. Este cambio se produce automáticamente después de un periodo de tiempo determinado.

Durante el arranque en estrella, la tensión en los terminales del motor es solo el 58 % de la tensión nominal de arranque. Este método de arranque es muy conocido en el mercado y relativamente barato, sencillo y fiable, lo que lo convierte en un método muy popular.

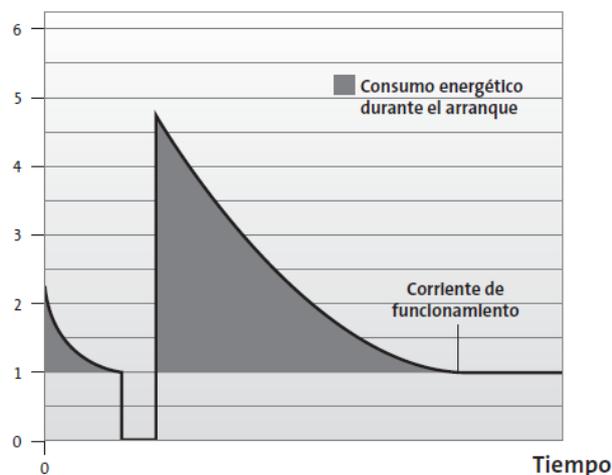
Ventajas:

- Costo reducido.
- No tiene límite en el número de arranques.
- Componentes ocupan poco espacio.
- Corriente de arranque reducida para 1/3 (curva de I).

Desventajas:

- Disponibilidad de 6 / 12 bornes para conexión.
- La tensión de red debe coincidir con la tensión en delta del motor.
- En el arranque el motor debe alcanzar por lo menos 90% de su velocidad nominal.
- Torque de arranque reducido para 1/3 del nominal.
- El funcionamiento en estrella durante periodos prolongados puede causar un calentamiento considerable del motor y, en consecuencia, la reducción de su vida útil.

Corriente de funcionamiento X



c) Arranque por autotransformador.

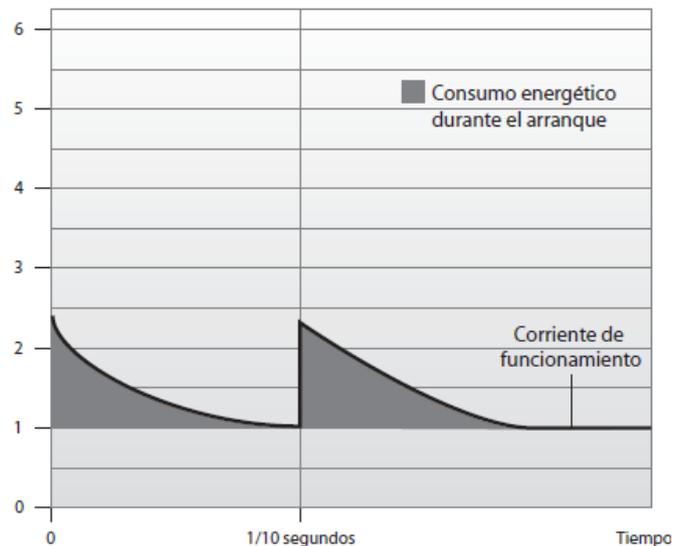
En este método de arranque, la tensión se reduce mediante autotransformadores.

Cuando se va a arrancar el motor, primero se conecta a una tensión reducida y, a continuación, a una tensión normal.

Durante el cambio, parte del autotransformador funciona como bobina de reactancia. Esto significa que el motor permanecerá todo el tiempo conectado a la red. No se reducirá la velocidad del motor.

El consumo energético durante el arranque puede verse en la siguiente grafica.

Corriente de funcionamiento X



Los motores de arranque por autotransformadores son relativamente costosos, pero son muy fiables. La corriente de arranque evidentemente depende de las características del motor y de la bomba y varía considerablemente de un tipo a otro.

Nunca se debe mantener el autotransformador en el circuito durante más de 3 segundos.

Ventajas:

- En el cambio de la tensión reducida a la tensión de la red, el motor no es desconectado y el segundo pico es reducido.
- Es posible obtener variaciones de tensión de 65 a 90 % de la tensión de la red.

Desventajas:

- Limitación del número de arranques.
- Costo elevado debido al autotransformador.
- Tamaño y peso elevados en función del autotransformador.

d) Arrancador suave.

Un sistema de arranque suave es una unidad electrónica que reduce la tensión y, por consiguiente, la corriente de arranque controlando el ángulo de fase.

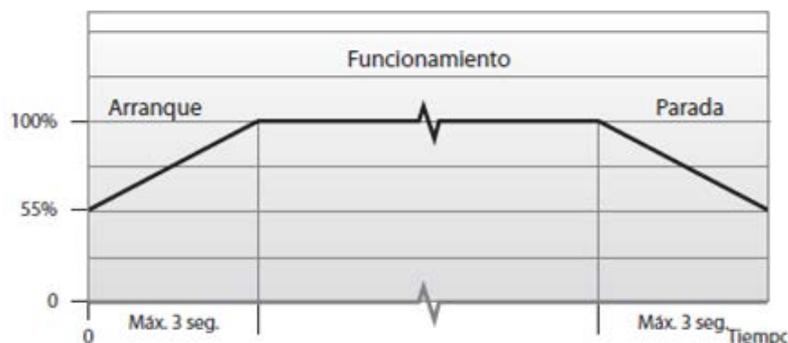
La unidad electrónica consta de una sección de control, en la que están configurados los diferentes parámetros de funcionamiento y protección, y que cuenta con una parte de alimentación con triac bidireccionales.

En general, la corriente de arranque se verá reducida a un valor comprendido entre 2 y 3 veces la corriente de funcionamiento.

Suponiendo que el resto de la configuración sea igual, esto también ofrece un par de arranque reducido.

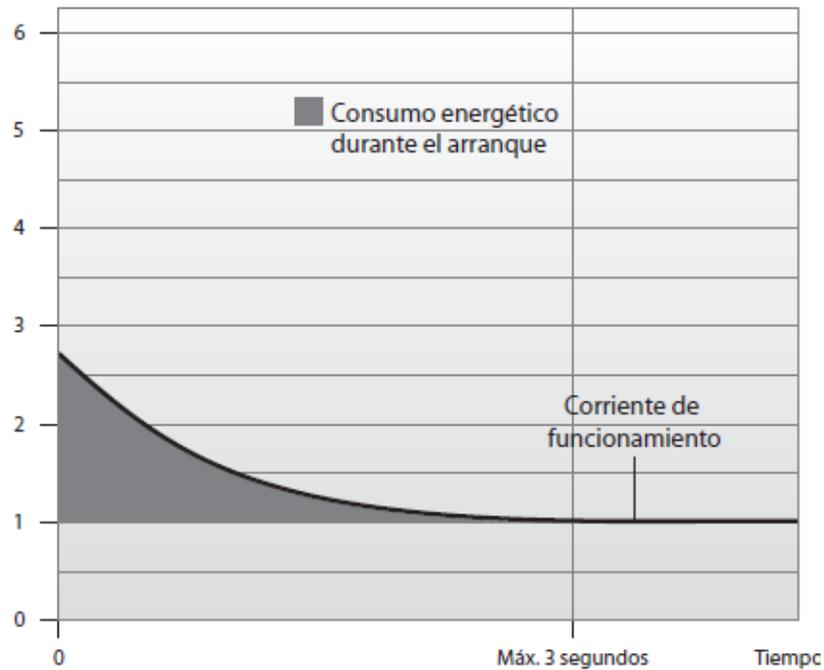
El arranque más lento puede producir un incremento en la generación de calor en el motor, lo que reduce su vida útil. Esto no tiene prácticamente importancia en los tiempos de aceleración / deceleración cortos (como de tres segundos).

Tensión nominal



Un arrancador suave absorberá una corriente no sinusoidal e incrementará algo el ruido en la red. Esto no tiene prácticamente importancia con tiempos de aceleración/deceleración cortos y no entra en conflicto con las normas relativas a ruido en la red.

Corriente de funcionamiento X



Se ha desarrollado una serie nueva de sistemas de arrancadores suaves, equipados con una función en rampa de arranque programable para reducir aún más la corriente de arranque o para las cargas de inercia alta en rampa.

Si se usan estos arrancadores suaves, deben usarse tiempos en rampa de un máximo de tres segundos. En general se recomienda que instale siempre el arrancador suave con un contactor de bypass para habilitar el funcionamiento del motor en modo directo a la línea.

De este modo, se evita el desgaste y la pérdida de potencia en el arrancador suave durante el funcionamiento.

Ventajas:

- Ciclo de arranque: 300% de I_{nom} durante 20 seg a cada 6 min.
- Interface hombre-máquina local o remota.
- Protección del motor.
- Funciones especiales: Pump Control: minimiza el golpe de ariete.
- Kick start: para cargas con alta inercia.
- Permite un arranque suave tanto eléctrica como mecánicamente.
- No posee partes móviles.
- No genera arco ni inducción electromagnética.
- Reduce / limita la corriente de arranque del motor.
- Minimiza Golpes de Ariete.
- Economía de energía.

Desventajas:

- Varía solamente la tensión (tiristores).
- No atiende aplicaciones que exijan variación de velocidad.

e) Convertidores de frecuencia (transmisión de velocidad variable).

Los convertidores de frecuencia son un dispositivo ideal para controlar el rendimiento de la bomba, al ajustar la velocidad del motor. Por lo tanto, es el tipo de arrancador ideal tanto para reducir la corriente de arranque como para reducir los picos de presión. Los convertidores de frecuencia son el dispositivo de arranque más caro de todos los mencionados anteriormente y se usan principalmente en aplicaciones con rendimiento variable.

Existen diferentes tipos de convertidores de frecuencia en el mercado, cada uno con sus propias características, a continuación se presenta una descripción general:

El convertidor de frecuencia más sencillo se basa en una curva de frecuencia de tensión. En ocasiones, este convertidor se denomina convertidor U/f o V/f.

Calculan la tensión de salida real a partir de la frecuencia, sin tener en cuenta la carga real. Pueden elegirse distintas curvas U/f o V/f para optimizar la aplicación real.

Las bombas normalmente usan la curva de par variable.

Estos convertidores de frecuencia son los más baratos del mercado y se usan a menudo.

El siguiente paso es el convertidor de frecuencia con control por vector. Este convertidor de frecuencia usa un modelo de motor y calcula la tensión de salida en base a diversos parámetros incluida la carga real. Esta forma de actuar proporciona un rendimiento más alto a la hora de controlar el eje del motor.

Estas transmisiones son más caras que las transmisiones del tipo U/f y, generalmente, se usan en aplicaciones industriales. No obstante, también se usan en sistemas en los que se producen inestabilidades frecuentes.

Este modo más preciso de controlar el eje, normalmente, elimina los problemas causados por bombas inestables.

Las transmisiones con control por vector generalmente proporcionan una mayor eficacia o una función automática de optimización de la energía.

9.1. Selección del tipo de arranque.

Debido a las grandes potencias de los motores instalados, el hecho de arrancar un motor de forma directa es inviable ya que las corrientes que se toman de la red son del orden de 5 a 8 veces la nominal. Se producirá una carga pico considerable de la red y del motor durante un breve periodo de tiempo.

A fin de proteger la red y evitar multas por los picos de consumo, dados al poner en marcha los motores, debe reducirse la corriente de arranque.

El método más recomendable sería el arranque estrella-triángulo, pero en grandes potencias el costo del equipamiento se asemeja al de un arrancador suave, el cual presenta las siguientes ventajas frente al estrella - triángulo:

- Control de corriente de arranque, rampa de tensión.
- funciones especiales de arranque programable, aceleración, desaceleración y protección de motores.
- Permite comunicación de datos mediante interface remota por ejemplo control de temperatura del motor mediante ptc en los bobinados.
- Entradas Digitales.

Seguridad:

- Sobrecorriente.
- Falta de Fase.
- Secuencia de fase invertida.
- Sobretemperatura en el disipador de la potencia.
- Sobrecarga en el Motor.
- Defecto externo.
- Contactor de By-Pass abierto.
- Contactor de By-Pass cerrado.
- Sobrecorriente antes del By-Pass.
- Rotor bloqueado.
- Frecuencia fuera de la tolerancia.
- Subtensión en la alimentación de la electrónica.

Por lo tanto se ahorra en protecciones y cableados, se reducen las dimensiones y cantidad de elementos de protección a colocar en el gabinete del tablero.

Una vez definida la utilización del arrancador suave por sus citadas prestaciones, se seleccionó de la marca “WEG” un arrancador modelo SSW-07.

El arrancador suave SSW-07 es un producto de alto desempeño lo cual permite el control del arranque de motores de inducción trifásicos. De esta forma, se evitan golpes mecánicos en la carga y picos de corrientes en la red de alimentación.

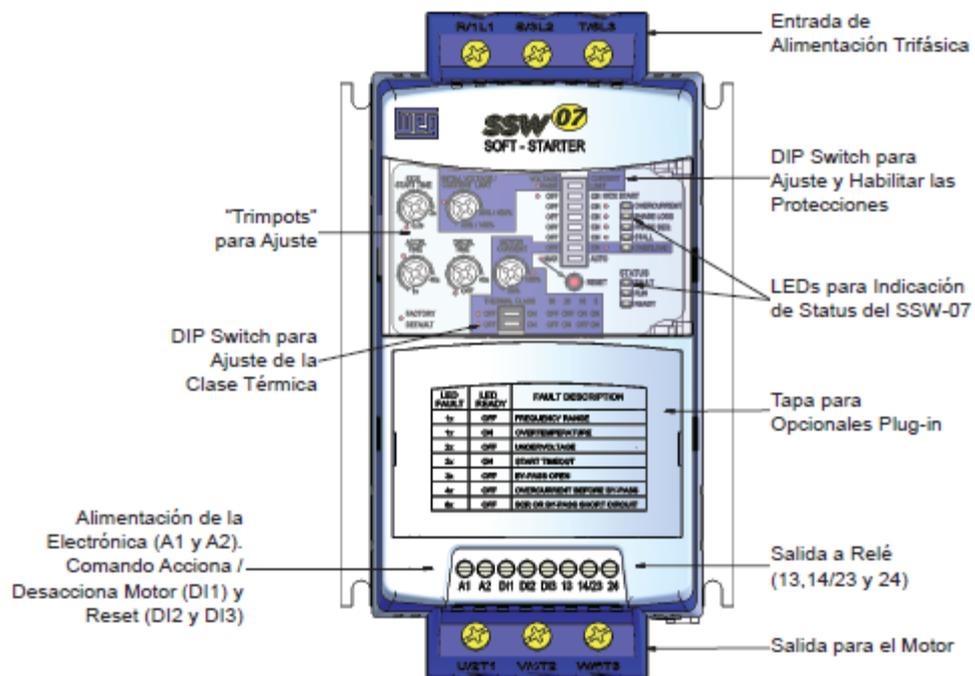


Figura 2.1 - Vista frontal del SSW-07

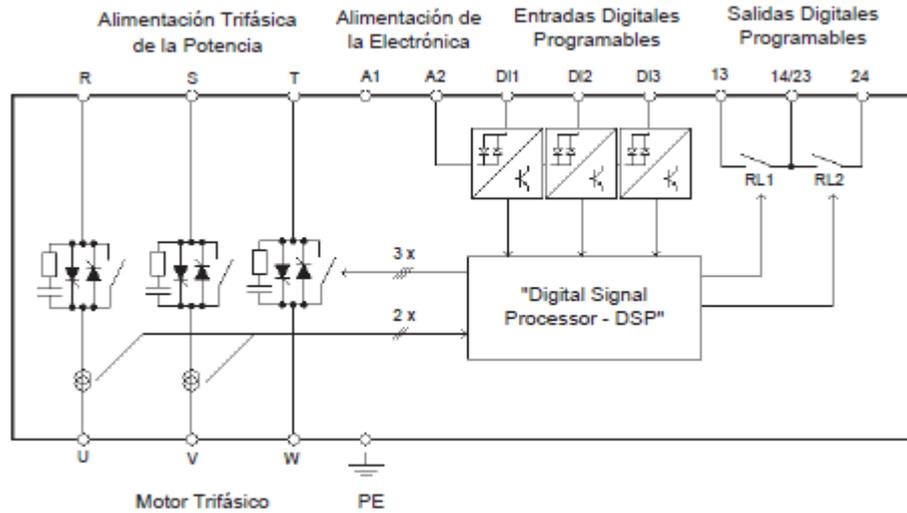


Figura 2.2 - Diagrama de bloques del Arrancador Suave SSW-07

Ingresando a la tabla 8.2 del catálogo WEG, con los datos y modelo del motor seleccionado marca WEG de potencia 90 Kw y tensión 380 / 400V, IP55 de 4 polos. Se tiene un arrancador suave de 171 A.

POTENCIAS Y CORRIENTES NOMINALES CONFORME MOTORES WEG, ESTÁNDAR, IP55, IV POLOS

Modelo SSW-07	Tensión del Motor 220/230V		Tensión del Motor 380/400V		Tensión del Motor 440/460V		Tensión del Motor 525V		Tensión del Motor 575V	
	(cv)	(kW)	(cv)	(kW)	(cv)	(kW)	(cv)	(kW)	(cv)	(kW)
17 A	6	4.5	10	7.5	12.5	9.2	15	11	15	11
24 A	7.5	5.5	15	11	15	11	20	15	20	15
30 A	10	7.5	20	15	20	15	25	18.5	30	22
45 A	15	11	30	22	30	22	40	30	40	30
61 A	20	15	40	30	50	37	50	37	60	45
85 A	30	22	60	40	60	45	75	55	75	55
130 A	50	37	75	55	100	75	125	90	125	90
171 A	60	45	125	90	125	90	150	110	175	132
200 A	75	55	125	90	150	110	200	150	200	150
255 A	100	75	175	132	200	150	250	185	250	185
312 A	125	90	200	150	250	185	300	220	300	225
365 A	150	110	250	185	300	225	350	260	400	300
412 A	150	110	300	220	350	260	440	315	450	330

Tabla 8.2 - Potencias y corrientes para motores WEG

Especificación del modelo a pedir.

EXSSW070171T5OZ= Arrancador Suave SSW-07 de 171 A, entrada trifásica 220-575 Vca con opcionales y con manual en inglés, español y portugués.

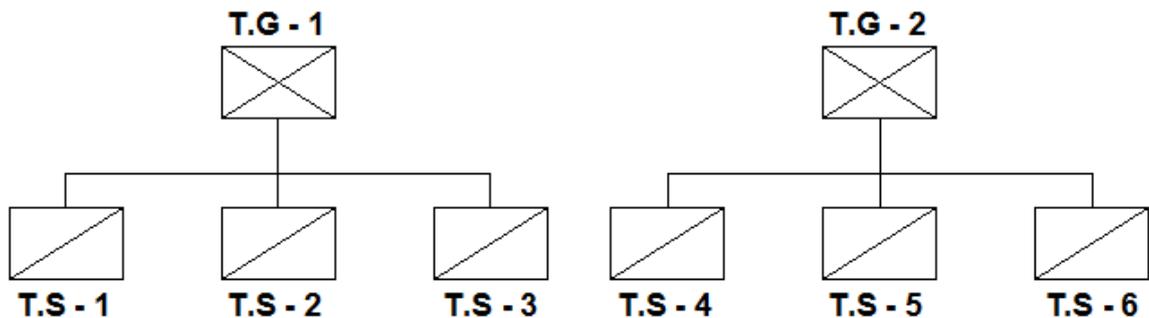
10. Protecciones de baja tensión.

La instalación de baja tensión constara de dos tableros generales y seis tableros secundarios, en cada uno de ellos se colocaran los distintos equipos de protección correspondiente a la instalación y equipos que alimenten.

Uno de los tableros generales contara con protección para los circuitos monofásicos destinados a alimentar la vivienda del aguador, iluminación y tomas de uso general.

De los tableros secundarios habrá 5 que contendrán los mismos elementos, mientras que el restante constara de un variador de frecuencia, en lugar del arrancador suave, para poder regular el caudal entregado por una de las bombas al variar la velocidad de giro del motor.

En los ítems siguientes se seleccionaran los distintos elementos de maniobra, control y protección que componen cada tablero.



En los planos siguientes podemos ver la composición interna de cada tablero:

- Plano N° 8 “Diagrama de potencia Tablero General 1”.
- Plano N° 9 “Diagrama de potencia Tablero General 2”.
- Plano N° 10 “Diagrama de potencia Tablero Secundario 1 al 5”.
- Plano N° 13 “Diagrama de potencia Tablero Secundario 6”.
- Plano N° 16 “Botonera-Señales Tablero General 1”.
- Plano N° 17 “Botonera-Señales Tablero Secundario 1 al 5”.
- Plano N° 18 “Botonera-Señales Tablero General 2”.
- Plano N° 19 “Botonera-Señales Tablero Secundario 6”.

Impedancias.

Para la selección de las protecciones se debe conocer además de la corriente y tensión nominal, la corriente de cortocircuito en el punto de colocación de la misma, para así seleccionar la protección adecuada al poder de corte.

Las protecciones seleccionadas deberán cumplir con la siguiente desigualdad de corrientes:

$$I_c < I_N < I_{adm}.$$

Dónde:

- I_c es la corriente calculada.
- I_N es la corriente nominal.
- I_{adm} es la corriente admisible del conductor.

El poder de corte del dispositivo debe ser mayor que el de cortocircuito en ese punto.

Con el objeto de obtener las corrientes de cortocircuito se deben conocer previamente las impedancias de los distintos tramos que componen la red.

Impedancia de red.

Para determinar la impedancia de red, debemos conocer la potencia de cortocircuito de la misma. Para nuestro caso adoptamos una $S_{cc} = 500 \text{ MVA}$.

De esto se tiene una impedancia de:

$$Z_{red} = \frac{400V^2}{500MVA} = 0,32m\Omega.$$

$$R_{red} = 0,2 \cdot 0,32m\Omega = 0,064m\Omega.$$

$$X_{red} = 0,98 \cdot 0,32m\Omega = 0,31m\Omega.$$

Impedancia de Transformador.

Con las características del transformador seleccionado determinamos:

$$Z_T = \frac{4\%}{100} \cdot \frac{400V^2}{400KVA} = 16m\Omega.$$

$$R_T = 0,2 \cdot 16m\Omega = 3,2m\Omega.$$

$$X_T = 0,98 \cdot 16m\Omega = 15,68m\Omega.$$

Impedancia tramo transformador - tablero.

Para determinar la impedancia en este tramo, debemos conocer las características del conductor, que son:

➤ Tablero 1:

- Sección: $3 \times 150 \text{mm}^2 + 1 \times 70 \text{mm}^2$ (Cu) (dos cables en paralelo por fase).
- $x = 0,072 \Omega / \text{Km}$.
- $r = 0,150 \Omega / \text{Km}$.
- Longitud del conductor: 6 m.

Entonces su impedancia vale:

$$R_1 = 0,45 \text{m}\Omega.$$

$$X_1 = 0,216 \text{m}\Omega.$$

$$Z_1 = 0,5 \text{m}\Omega.$$

Impedancia acumulada y corriente de cortocircuito.

Impedancia acumulada desde la red hasta la protección de cada equipo:

$$Z_{acum} = 16,82 \text{m}\Omega.$$

Por lo que la corriente máxima de cortocircuito al punto de colocación de las protecciones será:

$$I_{cc} = 23,8 \text{KA}.$$

10.1. Interruptor termomagnético general.

También en cada tablero general se dispone colocar un interruptor termomagnético, con el fin de acoplarle a este modelo la protección diferencial general.

Para una corriente de cálculo que es la suma de todos los consumos de los tableros secundarios, la cual tiene un valor de corriente de cálculo $I_c = 543 \text{A}$

Para la corriente admisible hallada por la corriente máxima soportada por el conductor dependiendo de la sección del mismo, dando así una corriente admisible

$$I_{adm} = 2 \times 320 = 640.$$

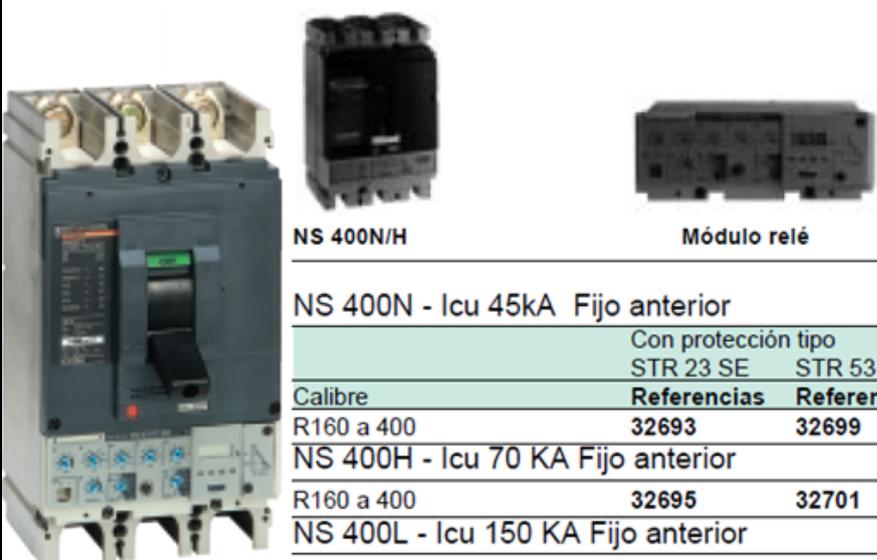
Y el valor comprendido entre estos es la corriente nominal, $I_N = 630A$.

$$543A < 630A \leq 640 A.$$

La corriente de cortocircuito en este punto es de 23,8 kA y este interruptor tiene un PdC = 45KA.

Se selección de catálogo Schneider interruptor tetrapolar Compact NS630 serie N, código: 32893, con las siguientes características.

Compact NS 400/630 Series N, H y L Tripolares



NS 400N/H Módulo relé

Calibre	Con protección tipo	
	STR 23 SE	STR 53 UE
	Referencias	Referencias
NS 400N - Icu 45kA Fijo anterior		
R160 a 400	32693	32699
NS 400H - Icu 70 KA Fijo anterior		
R160 a 400	32695	32701
NS 400L - Icu 150 KA Fijo anterior		
R160 a 400	32697	32703
NS 630N - Icu 45 KA Fijo anterior		
R250 a 630	32893	32899
NS 630H - Icu 70 KA Fijo anterior		
R250 a 630	32895	32901
NS 630L - Icu 150 KA Fijo anterior		
R250 a 630	32897	32903

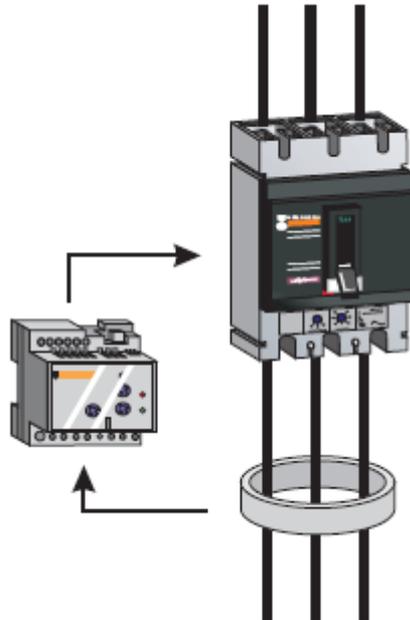
Características interruptores automáticos Compact				NS630			
Número de polos				3	4		
Mando	Manual	Con empuñadura		■			
		Rotativo directo o prolongado		■			
Conexión	Eléctrico	Fija	Toma anterior	■			
			Toma posterior	■			
	Extraíble con zócalo	Toma anterior	■				
		Toma posterior	■				
	Extraíble con chasis	Toma anterior	■				
		Toma posterior	■				
Características eléctricas según CEI-EN 60947-2							
Intensidad asignada (A)	I_n	40 °C	630				
		65 °C	500				
Tensión asignada de aislamiento (V)	U_i	750					
Ten. asignada soportada al impulso (kV)	U_{imp}	8					
Tensión asignada de empleo (V)	U_e	CA 50/60 Hz	690				
		CC	500				
Tipo de interruptor automático				N	H	L	
Poder de corte último (kA eff.)	I_{cu}	CA	220/240 V	85	100	150	
			50/60 Hz	380/415 V	50	70	150
				440 V	42	65	130
				500 V	30	50	70
				525 V	22	35	50
				660/690 V	10 ⁽²⁾	20 ⁽²⁾	35 ⁽²⁾
		CC	250 V (1 polo)	–	85	–	
			500 V (2 p. en s.)	–	85	–	
		Poder de corte de servicio (kA eff.)	I_{cs}	% I_{cu}	100 %		
		Aptitud al seccionamiento				■	
Categoría de empleo				A			
Resistencia (ciclos F/0)	Mecánica				15.000		
	Eléctrica	440 V	$I_n/2$	8.000			
I_n			4.000				
Características eléctricas según NEMA AB1				N	H	L	
Poder de corte (kA)	240 V		83	100	200		
	480 V		42	65	130		
	600 V		20	35	50		
Características eléctricas según UL508				N	H	L	
Poder de corte (kA)	240 V		85	85	–		
	480 V		42	65	–		
	600 V		30	30	–		
Protecciones y medidas							
Bloques de relés (electrónico)			STR53 (elect.)				
Protección contra las sobrecargas	Largo retardo $I_r (I_n \times \dots)$		■				
Protección contra los cortocircuitos	Corto retardo $I_{sc} (I_r \times \dots)$		■				
	Instantánea $I_i (I_n \times \dots)$		■				
Protección contra los defectos a tierra	$I_g (I_n \times \dots)$		■				
Selectividad lógica	ZSI		■				
Protección diferencial adicional	Por bloque Vigi		■				
	Por relé Vigirex asociado		■				
Medida de intensidades				■			
Auxiliares de medida, señalización y mando complementarios							
Contactos de señalización							
Bobinas de disparo a emisión de corriente MX y a mínima tensión MN							
Indicador de presencia de tensión							
Bloque transformadores de intensidad y bloque amperímetro							
Bloque de vigilancia de aislamiento							
Comunicación a distancia mediante Bus							
Señalización del estado de los aparatos				■			
Mando a distancia del aparato				■			
Transmisión de las regulaciones de los selectores				■			
Señalización e identificación de las protecciones				■			
Transmisión de las intensidades medidas				■			
Instalación							
Accesorios	Pletinas y espaciadores						
	Cubrebornes y separadores de fase						
	Marcos de puerta						
Dimensiones (mm) L x H x P	Fijo, toma anterior		2-3P/4P	/ 185 x 255 x 110			
Peso (kg)	Fijo, toma anterior		3P/4P	/ 7,8			
Inversores de redes (ver capítulo de inversores de redes)							
Inversores manuales, con mando eléctrico o automatismo							

Tabla H2-3-061: interruptores automáticos Compact NS100-NS630.

Este interruptor NS compact 630N tiene la opción de instalar protección diferencial mediante la utilización del relé Vigirex asociado.

Esta gama aporta tecnología que garantiza la seguridad de las personas, bienes y una óptima continuidad de servicio. Evitando así disparo intempestivos.

10.1.2. Relé Vigirex.



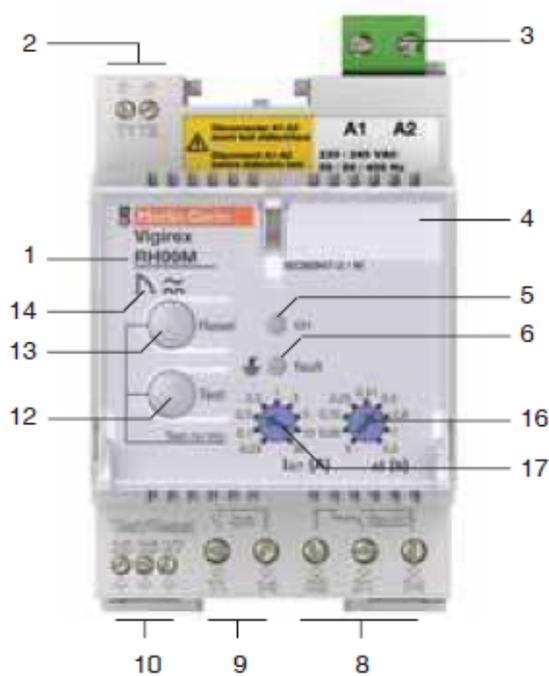
Cada interruptor termomagnético general contara con un relé Vigirex, el cual proporciona la protección diferencial.

Por lo tanto para cumplir con la protección diferencial se seleccionó el relé Vigirex marca “Schneider” modelo Vigirex RH99M. El mismo cuenta con las siguientes características.

- Código: **56173**



Alimentación	referencia
12 a 24 VAC - 12 a 48 VDC	50/60 Hz 56170
48 VAC	50/60 Hz 56171
110 a 130 VAC	50/60 Hz 56172
220 a 240 VAC	50/60/400 Hz 56173
380 a 415 VAC	50/60 Hz 56174
440 a 525 VAC	50/60 Hz 56175



- 1: Tipo de relé
- 2: Conexión del toroide
- 3: Alimentación (desenchufable)
- 4: Zona de marcado del usuario
- 5: Led de encendido
- 6: Led de falla
- 8: Contacto de defecto
- 9: Contacto de presencia de tensión
- 10: Test/Reset a distancia
- 12: Botón Test
- 13: Botón Reset
- 14: Clasificación
- 16: Ajuste de temporizaciones
- 17: Ajuste de sensibilidad

➤ Funciones:

Los relés Vigirex con toroides captorees separados, miden la corriente de fuga a tierra en una instalación eléctrica.

Cuando las corrientes de fuga a tierra superan el valor de sensibilidad regulado, el relé Vigirex puede usarse para:

- Provocar el disparo de cualquier interruptor que tenga instalada una bobina de disparo.
- Accionar una alarma visual ó sonora (sin provocar el disparo del interruptor).

Selección de toroide para relé diferencial Vigirex:

Para el caso de barras y las corrientes en juego se adopta un toroide tipo rectangular el cual es apto para usar con barras.

Con una corriente de operación de 1600A y dimensiones 280x115mm

Código: 56053



dimensiones internas (mm)	le corriente de operación	referencia
280 X 115	1600	56053
470 X 160	3200	56054

10.2. Interruptor termomagnético tripolar.

Para el circuito de conexión de la bomba sumergible se colocara una protección termomagnética, para una $I_N = 10$ A.

La corriente de cortocircuito en este punto es de 23,8 kA y este interruptor tiene un PdC = 45KA.

Se selección de catálogo Schneider interruptor automático tripolar sistema multi9, modelo NG125N con una I_n de 10 A, curva C con un Pdc = 25KA.

Interruptores automáticos NG125N curvas B, C y D

		25kA - IEC 947.2		
		3 polos		
3 polos protegidos Ancho de paso en 9mm: 9	I_n (A)	Referencias		
		curva B	curva C	curva D
	10		18632	
	16		18633	
	20		18634	
	25		18635	
	32		18636	
	40		18637	
	50		18638	
	63		18639	
	80	18663	18640	18669
	100	18664	18642	18670
	125	18665	18644	18671

10.3. Interruptores termomagnéticos y diferenciales monofásicos.

El tablero general contara con tres interruptores termomagnéticos bipolares, uno para el circuito que alimentara la vivienda del aguador, otro para el circuito de iluminación y el restante para el circuito de tomas de uso general.

Circuito iluminación.

Para el circuito de iluminación se tiene un consumo ponderado de 1kw y una corriente de 5A

Se utilizara cable sintenax valio con sección de 2,5 mm² y disposición directamente enterrado, con una intensidad admisible de 39 A.

Intensidad admisible en ampere para cables con conductores de cobre.

Sección nominal	Método D1 Caño enterrado	Método D1 Caño enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado
mm ²	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
1,5	25	20	28	29	25
2,5	33	27	37	39	34
4	43	35	47	51	44

Características técnicas- Cables con conductores de cobre

Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/km	ohm/km	ohm/km
Bipolares (almas de color marrón y negro)							
1,5	1,5	0,8	1,8	9,9	132	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	10,8	165	9,55	0,0995
4	2,5	1,0	1,8	12,7	234	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	13,7	293	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	15,6	410	2,29	0,0860
16	5,0	1,0	1,8	18,5	632	1,45	0,0813
25	7,1	1,2	1,8	24,0	1030	0,933	0,0780
35	8,3	1,2	1,8	26,5	1310	0,663	0,0760

Para esta línea el consumo total es $I_c = 5$ A y una $I_{adm} = 39$ A para una sección del conductor 2,5 mm² bipolar y una corriente de cortocircuito en el punto de colocación de 23,8 kA.

➤ Selección interruptor termomagnético.

Se selecciona de catálogo Schneider interruptor automático bipolar sistema multi9, modelo NG125N con In 10 A, curva C, con Pdc = 25 kA.

2 polos protegidos
Ancho de paso en 9mm: 6



2 polos

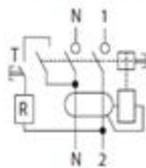
In (A)	Referencias		
	curva B	curva C	curva D
10		18621	
16		18622	
20		18623	
25		18624	
32		18625	
40		18626	
50		18627	
63		18628	
80		18629	

➤ Selección interruptor diferencial.

Se colocara un interruptor diferencial marca “Schneider” sistema multi 9 tipo iD para uso industrial, el mismo tiene una sensibilidad de 30 mA y una In de 25 A.



N° de polos	tensión V	sensibilidad (mA)	calibre (A)	referencias ID clase AC
instantáneos				
2 polos	230	10	25	16200
		30	25	16201
		30	40	16204
		30	63	16208
		30	80	16212
		300	25	16202
		300	40	16206
		300	63	16210



Circuito de uso general.

Para el circuito de toma de usos general se considera un consumo máximo de 20 A.

Se utilizara cable sintenax valio con sección de 4 mm² y disposición embutido en caño, presentando una intensidad admisible de 26 A.

Datos Eléctricos

Sección nominal	Método B1 y B2 Caño Embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada	
mm ²	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	14	13	17	15	19	16
2,5	20	17	23	21	26	22
4	26	23	31	28	35	30
6	33	30	40	36	44	37
10	45	40	55	50	61	52

Características técnicas- Cables con conductores de cobre

Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/km	ohm/km	ohm/km
Bipolares (almas de color marrón y negro)							
1,5	1,5	0,8	1,8	9,9	132	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	10,8	165	9,55	0,0995
4	2,5	1,0	1,8	12,7	234	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	13,7	293	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	15,6	410	2,29	0,0860
16	5,0	1,0	1,8	18,5	632	1,45	0,0813
25	7,1	1,2	1,8	24,0	1030	0,933	0,0780
35	8,3	1,2	1,8	26,5	1310	0,663	0,0760

Para esta línea el consumo total es $I_c = 20$ A y una $I_{adm} = 26$ A para una sección del conductor de 4 mm² bipolar y una corriente de cortocircuito en el punto de colocación de 23,8 kA.

- Selección interruptor termomagnético.

Se Selecciona de catálogo Schneider interruptor automático bipolar sistema multi9, modelo NG125N con In 25 A, curva C, con Pdc = 25 kA.

2 polos
protegidos
Ancho de paso
en 9mm: 6



2 polos

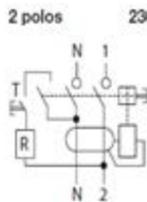
In (A)	Referencias		
	curva B	curva C	curva D
10		18621	
16		18622	
20		18623	
25		18624	
32		18625	
40		18626	
50		18627	
63		18628	
80		18629	

- Selección interruptor diferencial.

Para este circuito se selecciona de catálogo “Schneider” interruptor diferencial sistema multi 9 tipo iD para uso industrial, el cual posee una sensibilidad de 30 mA y una In de 25 A.



N° de polos	tensión V	sensibilidad (mA)	calibre (A)	referencias ID clase AC	
instantáneos					
2 polos	230		10	25	16200
			30	25	16201
			30	40	16204
			30	63	16208
			30	80	16212
			300	25	16202
			300	40	16206
			300	63	16210



Circuito vivienda.

Para la línea de alimentación de la vivienda del aguador se utilizara un cable bipolar sintenax valio de sección 10 mm² directamente enterrado, presentando una corriente admisible de 88 A.

Datos Eléctricos

Intensidad admisible en amperes para cables con conductores de cobre.

Sección nominal	Método D1 Caño enterrado	Método D1 Caño enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado
mm ²	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
1,5	25	20	28	29	25
2,5	33	27	37	39	34
4	43	35	47	51	44
6	53	44	59	65	55
10	71	58	80	88	74
16	91	75	104	112	95

Características técnicas- Cables con conductores de cobre

Sección nominal	Diámetro del conductor	Espesor nominal de aislación	Espesor nominal de envoltura	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz.	Reactancia a 50 Hz.
mm ²	mm	mm	mm	mm	Kg/km	ohm/km	ohm/km
Bipolares (almas de color marrón y negro)							
1,5	1,5	0,8	1,8	9,9	132	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	10,8	165	9,55	0,0995
4	2,5	1,0	1,8	12,7	234	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	13,7	293	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	15,6	410	2,29	0,0860
16	5,0	1,0	1,8	18,5	632	1,45	0,0813
25	7,1	1,2	1,8	24,0	1030	0,933	0,0780
35	8,3	1,2	1,8	26,5	1310	0,663	0,0760

➤ Selección interruptor termomagnético.

Para esta línea el consumo total es $I_c = 35 \text{ A}$ y una $I_{adm} = 88 \text{ A}$ para una sección del conductor de 10 mm^2 bipolar y una corriente de cortocircuito en el punto de colocación de $23,8 \text{ kA}$.

Se selecciona de catálogo Schneider interruptor automático bipolar sistema multi9, modelo NG125N con $I_n 40 \text{ A}$, curva C, con $P_{dc} = 25 \text{ kA}$.

2 polos
protegidos
Ancho de paso
en 9mm: 6



2 polos

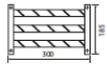
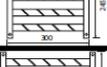
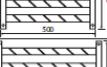
In (A)	Referencias		
	curva B	curva C	curva D
10		18621	
16		18622	
20		18623	
25		18624	
32		18625	
40		18626	
50		18627	
63		18628	
80		18629	

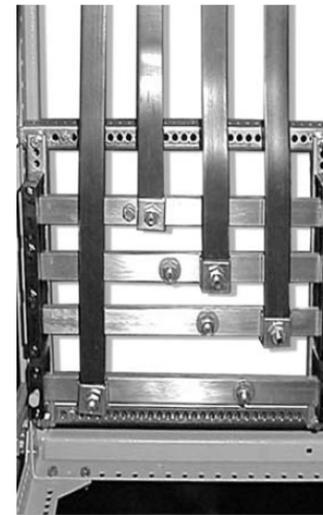
10.4. Barras distribuidoras.

Se selecciona dos distribuidores con juego de barras, los cuales deberán soportar una corriente nominal de 630 A, uno para la entrada y conexionado de los 2 cables tetrapolares que vienen del transformador de 400 kVA y otro distribuidor para el conexionado de las salidas hacia los demás tableros seccionales.

Para la entrada se selecciona un distribuidor de la marca Nollmann de 3+N, con las siguientes dimensiones:

Distribuidores III + III N **630A y 690V**

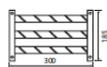
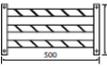
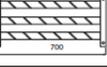
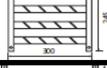
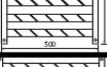
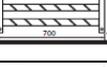
	Cotas	Ancho	Intens. Amp.	Nº de barras	Sección (mm.) Ancho x esp.	Código	Coef.1
Sistema III		300	300	3	20 x 5	HD33205	80,60
			370		25 x 5	HD33255	83,20
			429		30 x 5	HD33305	87,10
			630		30 x 10	HD33310	109,20
		500	300	3	20 x 5	HD53205	88,40
			370		25 x 5	HD53255	94,90
			429		30 x 5	HD53305	98,80
			630		30 x 10	HD53310	131,95
		700	300	3	20 x 5	HD73205	96,20
			370		25 x 5	HD73255	104,00
			429		30 x 5	HD73305	113,23
			630		30 x 10	HD73310	160,55
Sistema III + N		300	300	4	20 x 5	HD34205	97,50
			370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD34255	104,65
			429	3+1	30 x 5 + 20 x 5	HD34305	109,20
			630	3+1	30 x 10 + 30 x 5	HD34310	135,85
		500	300	4	20 x 5	HD54205	107,25
			370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD54255	121,55
			429	3+1	30 x 5 + 20 x 5	HD54305	128,70
			630	3+1	30 x 10 + 30 x 5	HD54310	173,55
		700	300	4	20 x 5	HD74205	114,40
			370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD74255	137,80
			429	3+1	30 x 5 + 30 x 5	HD74310	209,95

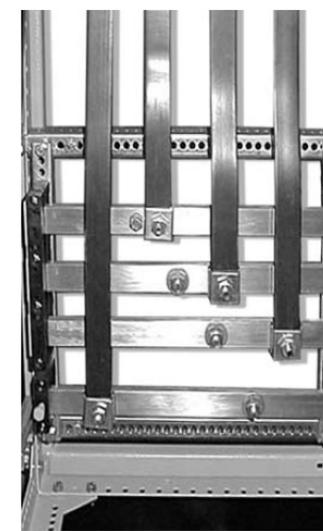


Gabinete Nollmann con dos buses de

Para la salida el distribuidor seleccionado, también de la marca Nollmann de 3+N, posee las siguientes dimensiones:

Distribuidores III + III N **630A y 690V**

	Cotas	Ancho	Intens. Amp.	Nº de barras	Sección (mm.) Ancho x esp.	Código	Coef.1
Sistema III		300	300	3	20 x 5	HD33205	80,60
			370		25 x 5	HD33255	83,20
			429		30 x 5	HD33305	87,10
			630		30 x 10	HD33310	109,20
		500	300	3	20 x 5	HD53205	88,40
			370		25 x 5	HD53255	94,90
			429		30 x 5	HD53305	98,80
			630		30 x 10	HD53310	131,95
		700	300	3	20 x 5	HD73205	96,20
			370		25 x 5	HD73255	104,00
			429		30 x 5	HD73305	113,23
			630		30 x 10	HD73310	160,55
Sistema III + N		300	300	4	20 x 5	HD34205	97,50
			370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD34255	104,65
			429	3+1	30 x 5 + 20 x 5	HD34305	109,20
			630	3+1	30 x 10 + 30 x 5	HD34310	135,85
		500	300	4	20 x 5	HD54205	107,25
			370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD54255	121,55
			429	3+1	30 x 5 + 20 x 5	HD54305	128,70
			630	3+1	30 x 10 + 30 x 5	HD54310	173,55
		700	300	4	20 x 5	HD74205	114,40
			370	3+1	25 x 5 + 20 x 5	HD74255	137,80
			429	3+1	30 x 5 + 30 x 5	HD74310	209,95



Gabinete Nollmann con dos buses de

10.4.2. Barras flexibles.

La conexión de las barras de entrada con los diferentes elementos colocados en el interior del tablero, (interruptor-seccionador fusible-barras de salida), se realizara mediante barras flexibles.

Del catálogo Genrod barras flexibles, ingresando para una corriente de 630 A, y considerando un aumento de temperatura en el conductor:

$$T_2 - T_1 = T_{(K)} \rightarrow \text{Siendo } T_{2 \max.} = 105 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Para el cálculo tenemos:

- $T_1 = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$ (temperatura normal).
- $T_2 = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$ (temperatura normal).

Entonces reemplazando:

$$T_{(K)} = T_2 - T_1 = (100 - 40) = 60 \text{ K}.$$

Con este valor, se ingresa en la columna correspondiente a 60 K y se busca el valor más próximo a 630A.

Tabla de códigos y capacidades para selección de las Barras Flexibles

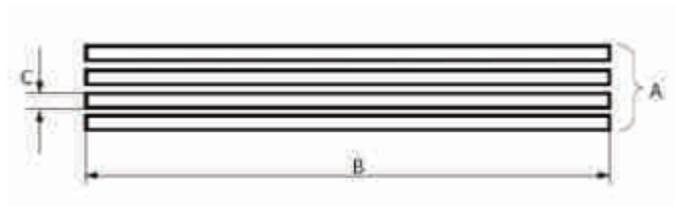
Código	Dimensiones			(°C) = K // Corriente (Amp.)						
	Láminas A	Ancho B	Espesor C	80	70	60	50	40	30	20
11 9807	3	20	1	405	381	355	325	292	252	203
11 9808	4	20	1	453	427	397	363	325	280	226
11 9812	3	24	1	464	437	407	373	335	289	234
11 9813	4	24	1	524	493	459	421	376	325	261
11 9819	3	32	1	541	509	474	434	389	335	270
11 9821	5	32	1	723	680	632	579	518	446	359
11 9826	3	40	1	590	555	516	472	422	364	293
11 9828	5	40	1	858	808	751	688	615	530	426
11 9836	5	50	1	1049	987	919	842	753	650	523
11 9838	8	50	1	1330	1251	1163	1063	950	818	657
11 9842	5	63	1	1164	1095	1018	932	833	718	577
11 9845	10	63	1	1813	1704	1584	1448	1293	1113	893

Resultando la selección de barras flexibles marca Genrod de la siguiente denominación:



- Código: 119821.

Dimensiones:



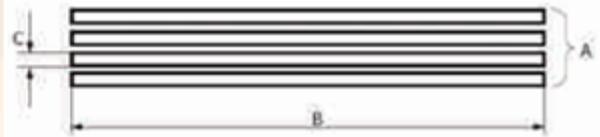
- Ancho (B) = 32 mm.
- Espesor (C) = 1mm.
- Laminas (A) = 5.

Para unir las barras flexibles con las rígidas se utilizaran prensa barras para unión en cruz del catálogo Genrod, con la utilización de las mismas se obtienen los siguientes beneficios:

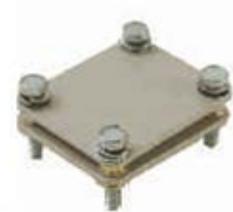
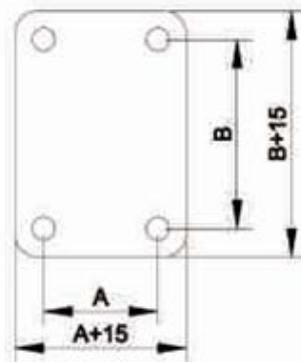
- Permiten uniones confiables.
- No requieren perforado para la unión.
- Se reduce la resistencia de contactos entre barras.
- Facilita el trabajo y reduce tiempos necesarios.

Para seleccionar este componente se ingreso al catalogo de uniones para barras flexibles de Genrod y con las dimensiones de las barras a unir se determina el código de la unión a pedir, en nuestro caso:

Código (H) mm.	Para unir barras de (mm.)	Dimensiones	
		A	B
11 9942	40x10 / 20x5	30	50
11 9943	40x10 / 30x5	40	50
11 9944	40x10 / 40x10	50	50



- Código 119943.
- Dimensiones: A = 40 mm y B = 50 mm.



11. Instrumentos de medición.

Con el propósito de tener un control de los distintos parámetros, como ser, tensión, corriente, factor de potencia de la instalación, se decide colocar en ambos tableros generales un voltímetro y un cosfímetro y en cada tablero secundario se instalara un amperímetro.

Los detalles de la selección de cada uno de los instrumentos de medición junto con sus elementos adicionales a colocar, como ser llave conmutadora, transformadores, etc, se encuentran desplegados en los siguientes puntos.

11.1. Amperímetros.

En cada uno de los tableros secundarios se colocara un amperímetro analógico para tener un control visual de la corriente consumida.

Este elemento se selecciono del catálogo de la marca Thomelec optando por un amperímetro analógico de hierro móvil clase 1,5 de conexión indirecta x/5A de tamaño 72x72 milímetros siendo el código del producto 5TH-A72.5A.



Amperímetros analógicos hierro móvil para transformador In/5A - Cl = 1,5

Código	Descripción	Dimensión [mm]	In [A]
5TH-A72.5A	Amperímetro analógico p/TI	72 x 72	5
5TH-A96.5A	Amperímetro analógico p/TI	96 x 96	5

También se selecciono la escala de 0 a 500 A para dicho amperímetro, código del producto 5TH-E72.500A.

Escalas para amperímetros analógicos c/transformador In/5A

Código	Descripción	Dimensión [mm]
5TH-E72.15A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 15A	72 x 72
5TH-E72.20A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 20A	72 x 72
5TH-E72.30A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 30A	72 x 72
5TH-E72.40A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 40A	72 x 72
5TH-E72.50A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 50A	72 x 72
5TH-E72.60A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 60A	72 x 72
5TH-E72.75A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 75A	72 x 72
5TH-E72.100A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 100A	72 x 72
5TH-E72.150A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 150A	72 x 72
5TH-E72.200A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 200A	72 x 72
5TH-E72.250A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 250A	72 x 72
5TH-E72.300A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 300A	72 x 72
5TH-E72.400A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 400A	72 x 72
5TH-E72.500A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 500A	72 x 72
5TH-E72.600A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 600A	72 x 72
5TH-E72.800A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 800A	72 x 72
5TH-E72.1000A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 1000A	72 x 72
5TH-E72.1500A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 1500A	72 x 72
5TH-E72.2000A	Escala para amperímetro (5TH-A72) 2000A	72 x 72

Ademas se colocara una llave selectora de medición la cual tiene como fin poder ir optando por la lectura de corriente entre las tres fases, código del producto 5TH-CA.



Selectora amperométrica 4 posiciones.

Conmutadoras de medición

Código	Descripción	VAC	Ith [A]
5TH-CA	Amperométrica para TI /5A 4 posiciones R-S-T-OFF	380	20

➤ Transformador de corriente.

Para realizar la medición se deberán colocar transformadores de corriente para reducir la corriente que circula por el conductor a un rango apto para el instrumento de medida.



Los tableros secundarios donde estarán colocados los amperímetros tienen un conductor de 95 mm² cuyo diámetro es de 12,7 mm. La corriente que circula por los mismos en el momento del arranque será de unos 480 A, por lo que se optó por un transformador de corriente 500/5A modelo 5TH-MSQ40.500 seleccionado del catálogo de la marca Thomelec.

El mismo posee las siguientes características:

Transformadores de intensidad - CI = 1

Código	Descripción	Potencia (VA)	Ventana	Diámetro
5TH-MSQ30.30	T. de intensidad 30/5A	1.5	31 x 11	23
5TH-MSQ30.40	T. de intensidad 40/5A	2	31 x 11	23
5TH-MSQ30.50	T. de intensidad 50/5A	2	31 x 11	23
5TH-MSQ30.60	T. de intensidad 60/5A	2.5	31 x 11	23
5TH-MSQ30.75	T. de intensidad 75/5A	2	31 x 11	23
5TH-MSQ30.100	T. de intensidad 100/5A	1,5	31 x 11	23
5TH-MSQ30.150	T. de intensidad 150/5A	3	31 x 11	23
5TH-MSQ30.200	T. de intensidad 200/5A	5	31 x 11	23
5TH-MSQ30.250	T. de intensidad 250/5A	5	31 x 11	23
5TH-MSQ30.300	T. de intensidad 300/5A	5	31 x 11	23
5TH-MSQ40.300	T. de intensidad 300/5A	5	42 x 11	31
5TH-MSQ40.400	T. de intensidad 400/5A	10	42 x 11	31
5TH-MSQ40.500	T. de intensidad 500/5A	5	42 x 11	31
5TH-MSQ60.600	T. de intensidad 600/5A	5	42 x 11	31

11.2. Voltímetro.

En el tablero principal se colocara un voltímetro para tener un control visual de las tensiones existentes.

Este instrumento se selecciono del catalogo de la marca Thomelec optando por un voltímetro analógico de hierro móvil clase 1,5 de dimensiones 72x72 mm con una escala de 0 a 500 Volt. Código del producto 5TH-V72.500.



Voltímetros analógicos - CI = 1,5

Código	Descripción	Dimensión [mm]	VAC
5TH-V72.500	Voltímetro analógico hierro móvil	72 x 72	500
5TH-V72.300	Voltímetro analógico hierro móvil	72 x 72	300
5TH-V96.500	Voltímetro analógico hierro móvil	96 x 96	500
5TH-V96.300	Voltímetro analógico hierro móvil	96 x 96	300

Además se colocara una selectora voltimétrica de medición con el propósito de que se pueda ir variando según la necesidad la tensión medida ya sea esta de fase o de línea. El código del producto es 5TH-CV.

Selectora voltimétrica 6 posiciones.

Conmutadoras de medición

Código	Descripción	VAC	Ith [A]
5TH-CV	Voltimétrica 6 posiciones TR-ST-RS- OFF -RN-SN-TN	380	20



11.3. Cosfímetro.

Para tener una lectura del factor de potencia de la instalación se colocara en el tablero principal un cosfímetro analógico.



Por lo tanto se selecciono del catalogo de la marca Thomelec un cosfímetro analógico clase 1,5 de tamaño 96x96 mm para un rango de medición de 0,5 capacitivo a 0,5 inductivo. Código del producto 5TH-COSFI.220, modelo para conexión en 220 Vca y entrada de corriente x/5 A.

Cosfímetro analógico, modelo para conexión en 220 Vca y entrada de corriente X/5, rango de medición de 0.5 capacitivo a 0.5 inductivo. Disponible en tamaño estándar: 96x96 mm.

Clase: 1,5

Cosfímetro analógico

Código	Descripción	Dimensión [mm]	VAC
5TH-COSFI.220	Cosfímetro analógico 96x96 monofásico X/5	96 x 96	220

➤ Transformador de intensidad para cosfímetro.

En el tablero principal donde se colocaran los transformadores de intensidad se encuentran un par de conductores tetrapolares de 150/70 mm² teniendo cada uno de ellos un diámetro de 13,81 mm, circulando por ellos una corriente máxima de 800 A. Por lo tanto se colocaran transformadores de intensidad de 1000/5A modelo 5TH-MSQ60.1000 seleccionado del catalogo de la marca Thomelec.



El mismo cuenta con las siguientes características:

Transformadores de intensidad - CI = 1

Código	Descripción	Potencia (VA)	Ventana	Diámetro
5TH-MSQ30.30	T. de intensidad 30/5A	1.5	31 x 11	23
5TH-MSQ30.40	T. de intensidad 40/5A	2	31 x 11	23
5TH-MSQ30.50	T. de intensidad 50/5A	2	31 x 11	23
5TH-MSQ30.60	T. de intensidad 60/5A	2.5	31 x 11	23
5TH-MSQ30.75	T. de intensidad 75/5A	2	31 x 11	23
5TH-MSQ30.100	T. de intensidad 100/5A	1.5	31 x 11	23
5TH-MSQ30.150	T. de intensidad 150/5A	3	31 x 11	23
5TH-MSQ30.200	T. de intensidad 200/5A	5	31 x 11	23
5TH-MSQ30.250	T. de intensidad 250/5A	5	31 x 11	23
5TH-MSQ30.300	T. de intensidad 300/5A	5	31 x 11	23
5TH-MSQ60.800	T. de intensidad 800/5A	10	60 x 21	46
5TH-MSQ60.1000	T. de intensidad 1000/5A	15	60 x 21	46
5TH-MSQ60.1200	T. de intensidad 1200/5A	10	60 x 21	46

12. Pulsadores y señales lumínicas.

Cada tablero secundario contara con un pulsador de marcha y uno de parada que conectara o desconectara respectivamente al motor eléctrico que corresponda a ese tablero.

Además se instalara en los mismos una señal lumínica que indique que el motor se encuentra en marcha (luz verde) y una que se encenderá en caso de que el motor se haya parado por alguna avería (luz roja).

Por su parte cada tablero general contara con un pulsador destinado a la parada de emergencia, una llave conmutadora que permita seleccionar un mando manual o automático.

También se colocaran señales lumínicas en los tableros principales, las cuales indicaran presencia de tensión (luz ámbar, una por fase).

Estos elementos se seleccionaron de la marca WEG, y se detalla a continuación.

➤ Pulsadores de marcha.

- Modelo: Línea CSW (diámetro 22 mm).
- Tipo rasante iluminado.
- Código: CSW-BFI2.



➤ Pulsadores de pare.

- Modelo: Línea CSW (diámetro 22 mm).
- Tipo Hongo iluminado.
- Código: CSW-BCI1.



➤ Pulsadores de parada de emergencia.

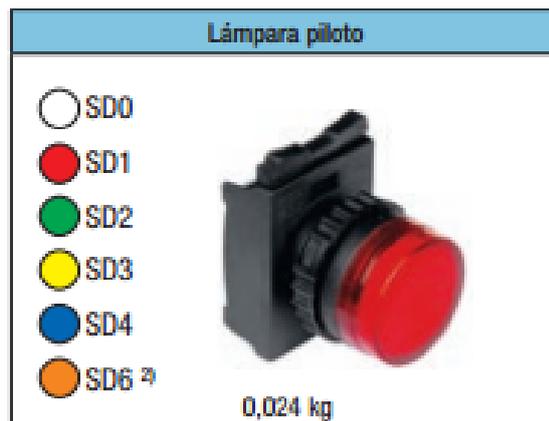
- Modelo: Línea CSW (diámetro 22 mm).
- Tipo: G – girar para soltar.
- Código: CSW-BESG.



➤ Lámparas Piloto monobloc.

Para la indicación de presencia de tensión se utilizarán por cada una de las foses, R - S – T, se utiliza:

- Lámparas ámbar 22 mm.
- Código: CSW-SD6.
- Tensión: 220 Vca.



➤ Lámpara motor en marcha.

- Lámparas verde 22 mm.
- Código: CEW-SM24D23.
- Tensión: 220 Vca.

Lámpara piloto monobloco		
Color	Unibloc	Código de tensión
<ul style="list-style-type: none"> ○ SM0 ● SM1 ● SM2 ● SM3 ● SM4 	 <p>0,025 kg</p>	E25 - 12 V ca/cc E26 - 24 V ca/cc C14 - 110-130 V cc D13 - 110 V ca D23 - 220 V ca

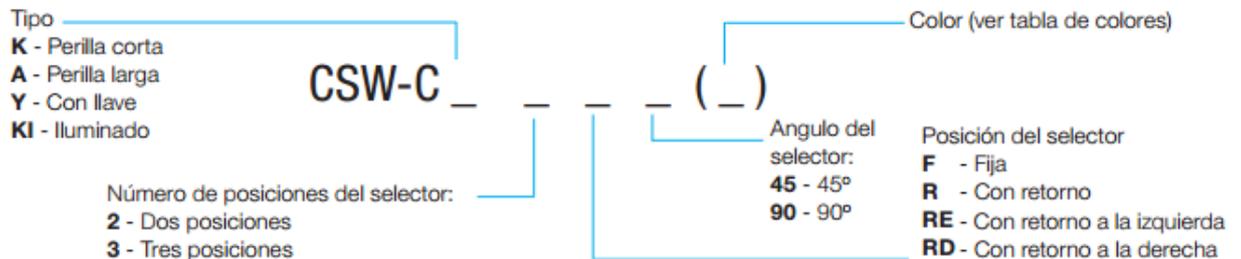
➤ Lámpara indicadora de falla.

- Lámparas verde 22 mm.
- Código: CEW-SM1D23.
- Tensión: 220 Vca.

Lámpara piloto monobloco		
Color	Unibloc	Código de tensión
<ul style="list-style-type: none"> ○ SM0 ● SM1 ● SM2 ● SM3 ● SM4 	 <p>0,025 kg</p>	E25 - 12 V ca/cc E26 - 24 V ca/cc C14 - 110-130 V cc D13 - 110 V ca D23 - 220 V ca

➤ Llave selectora.

Se colocara una selectora de dos posiciones para poder seleccionar el modo de accionamiento manual o automático según se desee. El código de la misma es: CK2F90.



13. Gabinetes.

Para la selección los distintos gabinetes que formaran cada uno de los tableros, tanto los generales como los secundarios, se debieron tener en cuenta las dimensiones de cada uno de los elementos que lo compondrán.

Además se debieron respetar las distancias mínimas de separación exigidas entre la instalación de un elemento y otro o a los laterales del gabinete.

Con estas dimensiones mínimas se seleccionaron los gabinetes para la construcción de los tableros, los cuales son de la marca "Genrod", resultando los siguientes gabinetes:

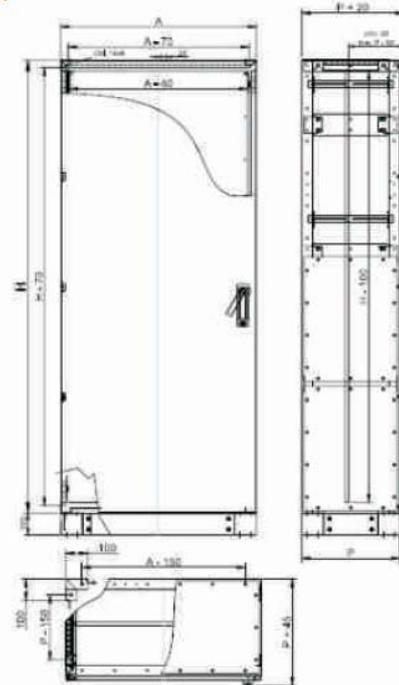
➤ Gabinetes tableros generales.

Se utilizarán para cada tablero general gabinetes de la marca “Genrod” componibles estándar con bandeja y laterales, código 97977262. Los mismos poseen las siguientes dimensiones:

- Altura (H) = 1800 mm.
- Ancho (A) = 600 mm.
- Profundidad (P) = 450 mm.



Conjunto general con dimensiones



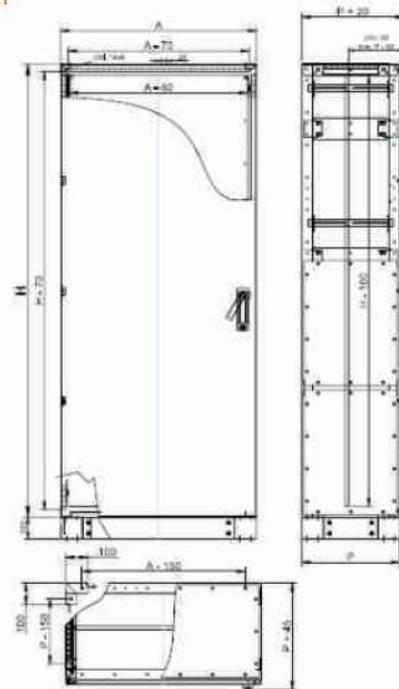
➤ Gabinetes tableros secundarios 1 a 5.

Se utilizaran para cada tablero secundario del N° 1 al 5 gabinetes de la marca “Genrod” componibles estándar con bandeja y laterales, código 9797432. Los mismos poseen las siguientes dimensiones:

- Altura (H) = 900 mm.
- Ancho (A) = 450 mm.
- Profundidad (P) = 450 mm.



Conjunto general con dimensiones



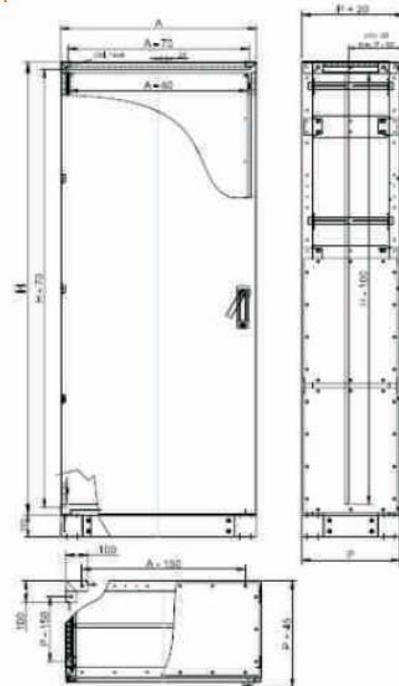
➤ Gabinetes tableros secundarios 6.

Se utilizara para el tablero secundario N° 6, gabinete de la marca “Genrod” componibles estándar con bandeja y laterales, código 97977262. Los mismos poseen las siguientes dimensiones:

- Altura (H) = 1800 mm.
- Ancho (A) = 600 mm.
- Profundidad (P) = 450 mm.



Conjunto general con dimensiones



13.1. Zócalos para gabinetes.

Los gabinetes que conforman cada tablero general y el secundario N° 6, se montaran sobres zócalos, los cuales fueron seleccionados de la misma marca Genrod, de acuerdo con las dimensiones correspondientes a cada uno de los gabinetes.

Se colocaran zócalos desmontables diseñados para elevar los gabinetes sobre el nivel del piso y facilitar el acceso a las entradas de cables por debajo del mismo. Estos zócalos serán de marca "Genrod" y en el caso de los tableros generales se utilizara el modelo 97 1945601 el cual tiene una altura de 100 mm.



Zócalos desmontables alto 100 mm

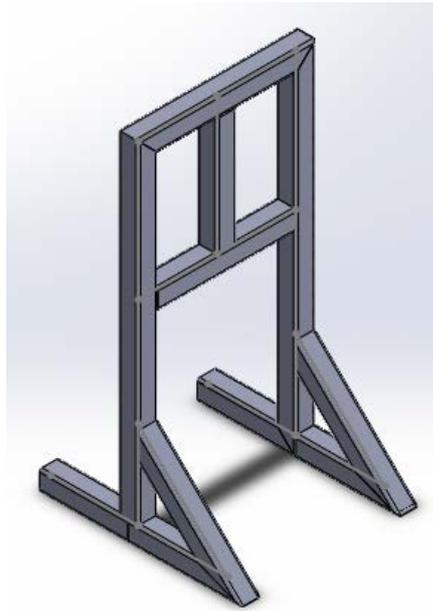
Profundidad Gabinete (P) mm	Ancho Gabinete (A) en mm						
	200	300	450	600	750	900	1200
450	97 1920451	97 1930451	97 1945451	97 1945601	97 1945751	97 1945901	97 1945121

13.2. Soportes para tableros secundario N° 1 a 5.

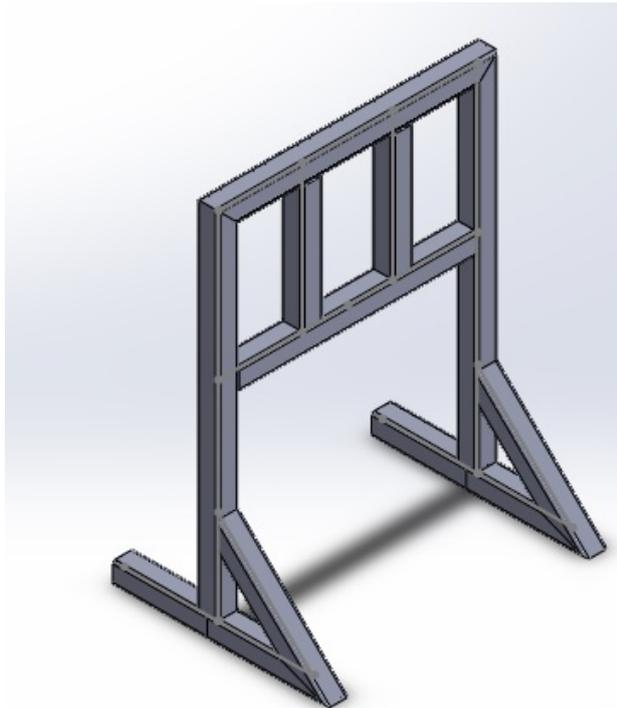
Esto tableros irán sujetos a una estructura metálica diseñada para elevarlos del suelo y que se encuentren a una altura acorde y de fácil acceso tanto para la lectura de elementos de medición como para acceso a los elementos que lo componen.

La estructura es de tipo pórtico con tubos estructurales cuadrados ANSI de 4x4x0.25 pulgadas.

La estructura de soporte para los tableros TS-1 y TS-2 será la siguiente:



Mientras que para los tableros TS-3, TS-4 y TS-5 la estructura será:



Los detalles constructivos de las mismas se encuentran en los:

- Planos N° 11 “estructura Soporte Tablero Secundario TS-1 TS-2”.
- Planos N° 12 “estructura Soporte Tablero Secundario TS-3 TS-4 TS-5”.

14. Convertidor de frecuencia.

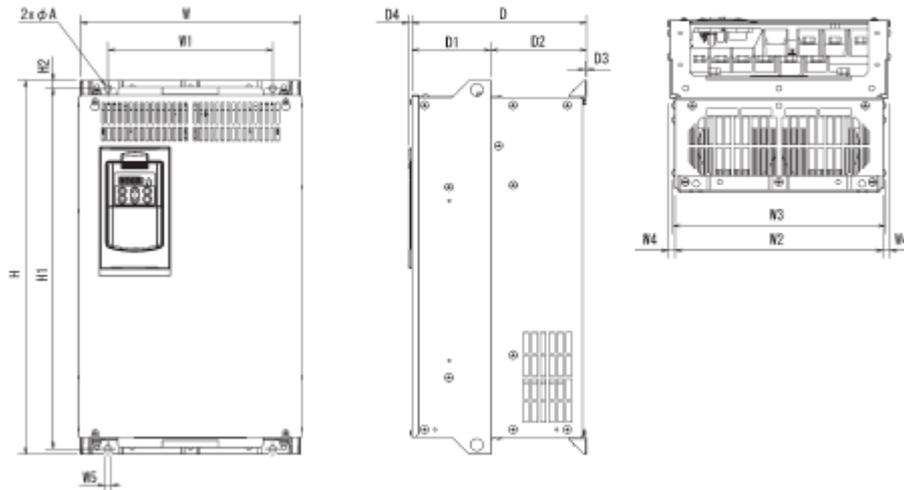
Para poder controlar el caudal entregado por unas de las bombas, a través de la variación de la velocidad de giro del motor que la impulsa, se colocara en el tablero secundario N° 6 un variador de frecuencia.

Este elemento se selecciono de la marca Fuji Electric, optando por el modelo FRENIC-Eco trifásico de tensión nominal 400 V y una potencia de 90 kW, el mismo además de controlar la velocidad de la bomba, permite un control en cascada del resto de las bombas a través de un control PID.

Las dimensiones de este variador son las siguientes:

Modelo	Dimensiones (mm)														
	W	W1	W2	W3	W4	W5	H	H1	H2	D	D1	D2	D3	D4	ØA
FRN37F1S-4E	320	240	304	310,2	8	10	550	530	12	255	115	140	4	4,5	10
FRN45F1S-4E	320	240	304	310,2	8	10	550	530	12	255	115	140	4	4,5	10
FRN55F1S-4E	355	275	339	345,2	8	10	550	530	12	255	115	155	4	4,5	10
FRN75F1S-4E	355	275	339	345,2	8	10	615	595	12	270	115	155	4	4,5	10
FRN90F1S-4E	355	275	339	345,2	8	10	740	720	12	300	145	155	4	6	10
FRN110F1S-4E	355	275	339	345,2	8	10	740	720	12	300	145	155	4	6	10
FRN132F1S-4E	530	430	503	509,2	13,5	15	740	710	15,5	315	135	180	4	6	15

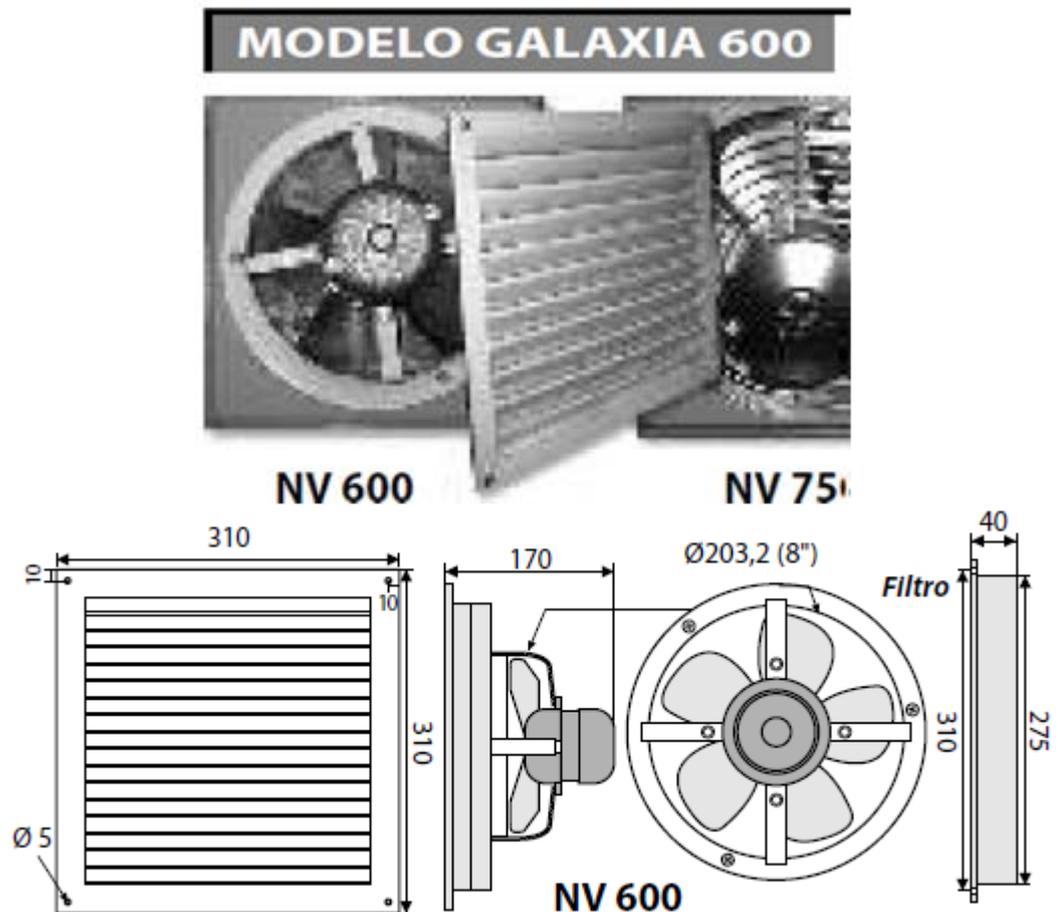
De 37 a 560 kW, Trifásico 400 V



14.1. Ventilador.

Para cumplir con el flujo de aire requerido para la refrigeración del convertidor de frecuencia se instalara en el gabinete un ventilador con filtro incorporado marca "Nollmann", modelo Galaxia 600 presentando las características siguientes.

- Caudal: $588 \text{ m}^3/\text{h} = 9,8 \text{ m}^3/\text{min}$.
- Potencia: 30 W.
- Tensión de alimentación: 380 V.
- Velocidad: 400 rpm.



15. Interruptor termomagnético tableros secundarios.

Cada uno de los 6 tableros secundarios contara con un interruptor termomagnético, los cuales tienen las características siguientes:

En caso que ocurran daños en el circuito de potencia del arrancador suave SSW-07 que mantengan el motor accionado (por ejemplo: cortocircuito en los tiristores), la protección del motor es obtenida con la utilización del disyuntor (Q1) de aislamiento de potencia.

Para esta línea el consumo total es $I_c = 160$ A y una $I_{adm} = 194$ A para una sección del conductor 95 mm^2 tripolar, con esto se tiene que:

$$I_c < I_N \leq I_{adm}$$

$$160\text{A} < 180 \leq 194 \text{ A.}$$

Del catálogo WEG interruptores en caja moldeada estándar, para protección de circuitos eléctricos y motores se seleccionó el modelo DWB250 de 3 polos con una capacidad de interrupción de cortocircuito máxima $I_{cc} = 35$ kA. Con una corriente nominal de 200 A regulable entre 160 A y 200 A con térmico ajustable y magnético fijo.

Referencia: DWB250N200-3DF.

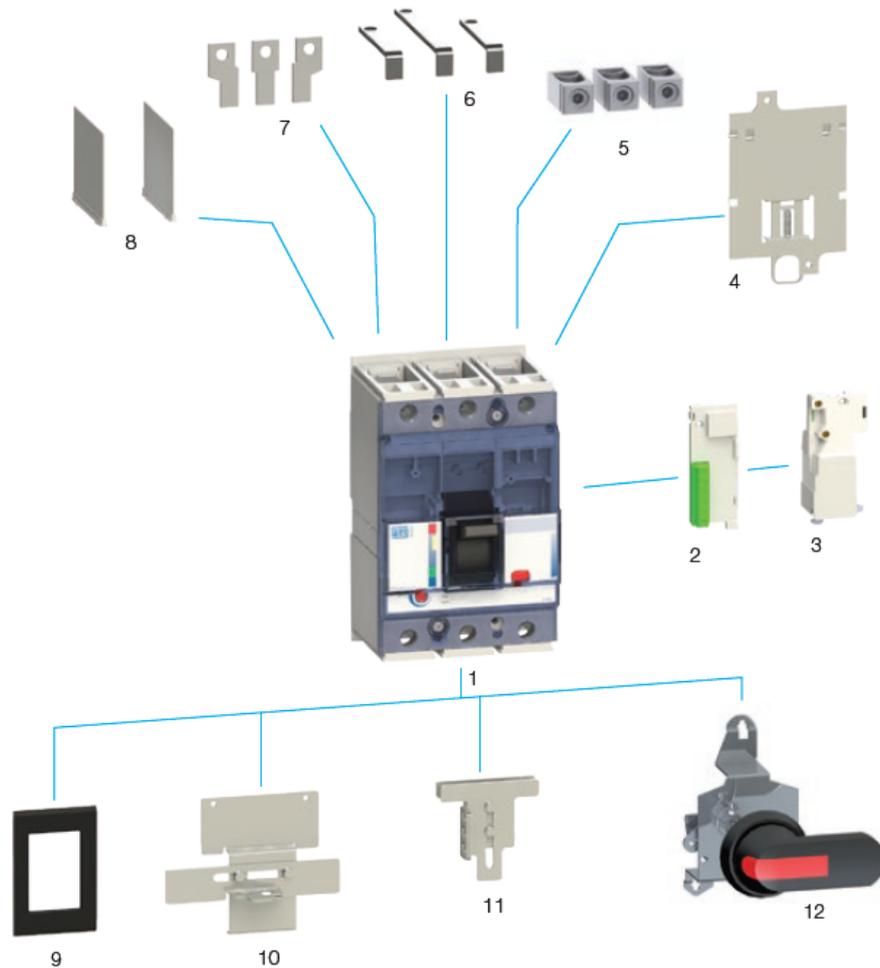
Interruptores en Caja Moldeada para Protección de Circuitos de Distribución - 2 y 3 Polos

DWB250

In	Corriente nominal (A)		Protección magnética ajuste de corriente	Capacidad de interrupción de cortocircuito máxima I _{cc} (kA)						Referencia	
	Protección térmica ajuste de corriente			220-240 V ca	380-415 V ca	440 V ca	460-500 V ca	525-550 V ca	660-690 V ca	3 polos	2 polos ¹⁾
	Mínima	Máxima		DWB250B - Térmico ajustable y magnético fijo							
100	80	100	1000	42	16	15	5	4	3	DWB250B100-3DF	DWB250B100-2DF
125	100	125	1250	42	16	15	5	4	3	DWB250B125-3DF	DWB250B125-2DF
160	125	160	1600	42	16	15	5	4	3	DWB250B160-3DF	DWB250B160-2DF
200	160	200	2000	42	16	15	5	4	3	DWB250B200-3DF	DWB250B200-2DF
250	200	250	2500	42	16	15	5	4	3	DWB250B250-3DF	DWB250B250-2DF
DWB250N - Térmico ajustable y magnético fijo											
100	80	100	1000	85	35	30	8	7	6	DWB250N100-3DF	DWB250N100-2DF
125	100	125	1250	85	35	30	8	7	6	DWB250N125-3DF	DWB250N125-2DF
160	125	160	1600	85	35	30	8	7	6	DWB250N160-3DF	DWB250N160-2DF
200	160	200	2000	85	35	30	8	7	6	DWB250N200-3DF	DWB250N200-2DF
250	200	250	2500	85	35	30	8	7	6	DWB250N250-3DF	DWB250N250-2DF
DWB250L - Térmico ajustable y magnético fijo											
100	80	100	1000	120	80	80	65	25	15	DWB250L100-3DF	DWB250L100-2DF
125	100	125	1250	120	80	80	65	25	15	DWB250L125-3DF	DWB250L125-2DF
160	125	160	1600	120	80	80	65	25	15	DWB250L160-3DF	DWB250L160-2DF
200	160	200	2000	120	80	80	65	25	15	DWB250L200-3DF	DWB250L200-2DF

Accesorios

Visión General del DWB250



- 1 - Interruptor en caja moldeada DWB250
- 2 - Bloques de contactos auxiliares BC, bloques de alarma AL, bloques de contacto/alarma BCAL
- 3 - Bobina de apertura por mínima tensión BS, bobina de apertura a distancia BD
- 4 - Base para fijación rápida en riel DIN BFR DWB250 3P
- 5 - Terminal prensacable PC DWB250 3P
- 6 - Barras de extensión para conexión posterior CT DWB250 3P

- 7 - Barras de extensión BE DWB250 3P
- 8 - Separador de fases del DWB250 suministrado como estándar y como accesorio
- 9 - Marco frontal de puerta MP DWB250
- 10 - Enclavamiento mecánico BLIM DWB250 3P
- 11 - Bloqueo por candado PL DWB250
- 12 - Manija para accionamiento rotativo en puerta de tablero

Los accesorios a utilizar son la bobina de apertura a distancia y por mínima tensión.

Las bobinas tienen la función de hacer la apertura del interruptor. Son utilizadas generalmente para aplicaciones de parada de emergencia.

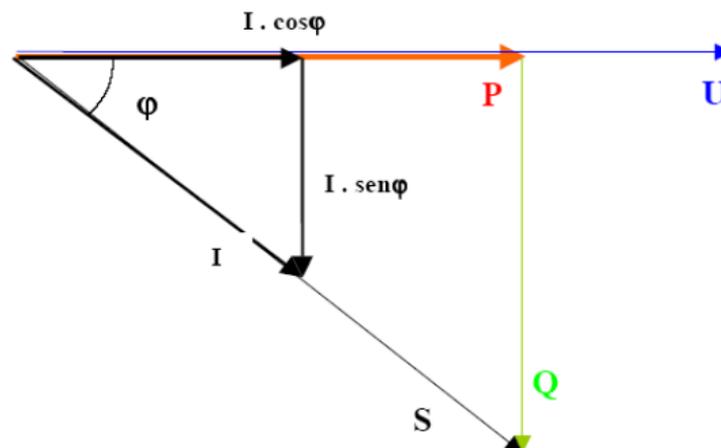
16. Factor de potencia.

La energía eléctrica alterna, lleva implícita la existencia de campos magnéticos, que provocan, el movimiento en los motores, el encendido de cualquier luminaria no resistiva pura, etc. Estas cargas requieren de una potencia reactiva para su funcionamiento, que origina un mayor o menor factor de potencia. Esto se traduce en una pérdida de energía en el sistema y por consiguiente una elevación de los costos.

Existen tres tipos de potencias, las cuales debemos considerar:

- **Potencia Activa:** Es la que efectivamente se aprovecha como potencia útil en el eje de un motor, la que se transforma en calor en la resistencia de un calefactor, etc.
- **Potencia Reactiva:** Es la que los campos magnéticos de los motores, de los reactores ó balastos de iluminación etc. intercambian con la red sin significar un consumo de potencia activa en forma directa.
- **Potencia Aparente:** Es la que resulta de considerar la tensión aplicada al consumo y la corriente que éste demanda, esta potencia es lo que limita la utilización de transformadores, líneas de alimentación y demás elementos componentes de los circuitos eléctricos.

Efectuadas las definiciones de las potencias y teniendo en cuenta que en las instalaciones el consumo es preponderantemente inductivo, por lo tanto el diagrama fasorial de consumo para este caso teniendo en cuenta las potencias será:



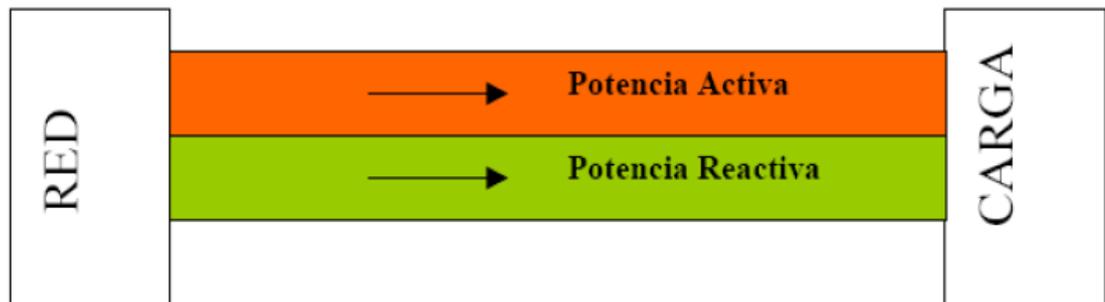
Al analizar el diagrama se puede apreciar claramente que, para una misma potencia activa, P que efectivamente se utiliza, tendremos que la corriente I y la potencia aparente S son mínimas cuando el ángulo $\varphi = 0$ o dicho de otra forma, cuando $\cos \varphi = 1$.

Al $\cos \varphi$ se lo denomina factor de potencia siendo sus límites de variación entre 0 y 1.

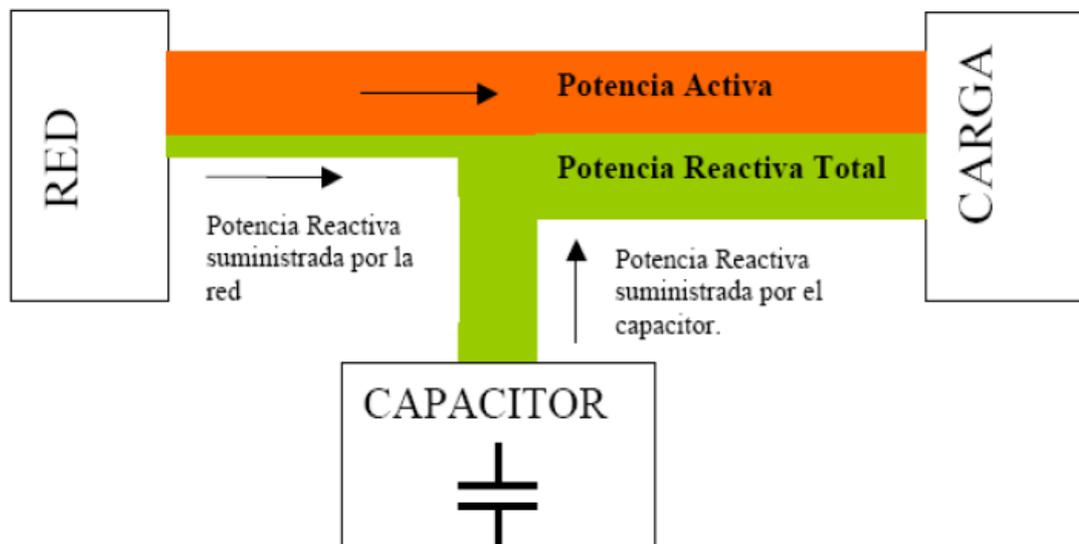
16.1. Compensación del factor de potencia.

Se denomina mejoramiento o compensación del factor de potencia a cualquier procedimiento dirigido a reducir el valor de las corrientes de origen reactivo que circulan por la red, es decir, aumentar el $\cos \varphi$ para contrarrestar la circulación de corrientes reactivas absorbidas por la carga.

De acuerdo a lo explicado acerca de las potencias podemos decir, despreciando las pérdidas en líneas y demás elementos de distribución, que la potencia aparente que recibe un consumidor se descompone en activa y reactiva.



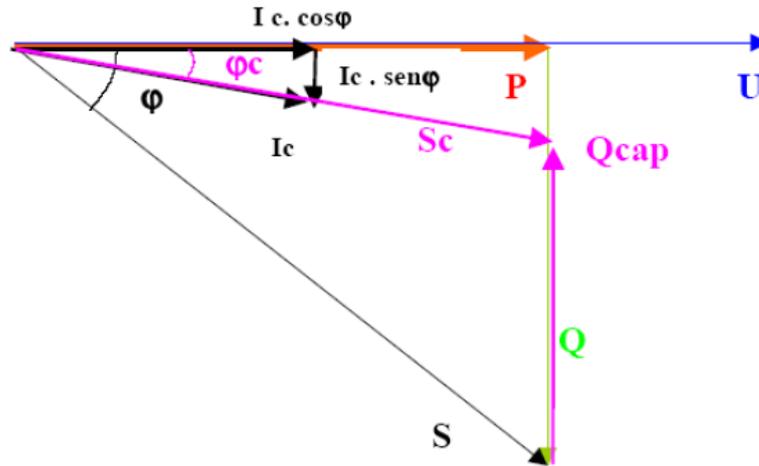
La potencia activa debe ser inevitablemente suministrada por la red pero no sucede lo mismo con la reactiva que salvo los casos especiales en que se disponga de máquinas sincrónicas, puede ser compensada con la conexión de bancos de capacitores.



La instalación de condensadores reduce el consumo de energía reactiva entre la fuente y los receptores.

Aguas arriba del punto de conexión de los condensadores la instalación queda descargada ya que los mismos proporcionan parte de la potencia reactiva consumida.

En el diagrama se puede observar la incidencia de aplicar una potencia reactiva capacitiva a la instalación de valor Q_{cap} , produciéndose una disminución del ángulo φ y con él una disminución de la corriente y potencia aparente.



El mejoramiento del factor de potencia trae consigo una serie de ventajas que se enumeran a continuación:

- Optimiza el consumo de la instalación eléctrica.
- Evita el pago de recargos por consumo de energía reactiva.
- Reduce el valor de potencia aparente.
- Aumenta la potencia disponible al reducirse la corriente conducida en la instalación.
- Reduce las caídas de tensión.
- Reduce la sección necesaria de los conductores.
- Mayor potencia disponible en los transformadores de MT/BT (si la compensación es realizada en BT), debido a la disminución de las pérdidas por efecto Joule (calentamiento) en los conductores y transformadores.

La siguiente figura muestra como varían las perdidas por efecto Joule al variar el factor de potencia.



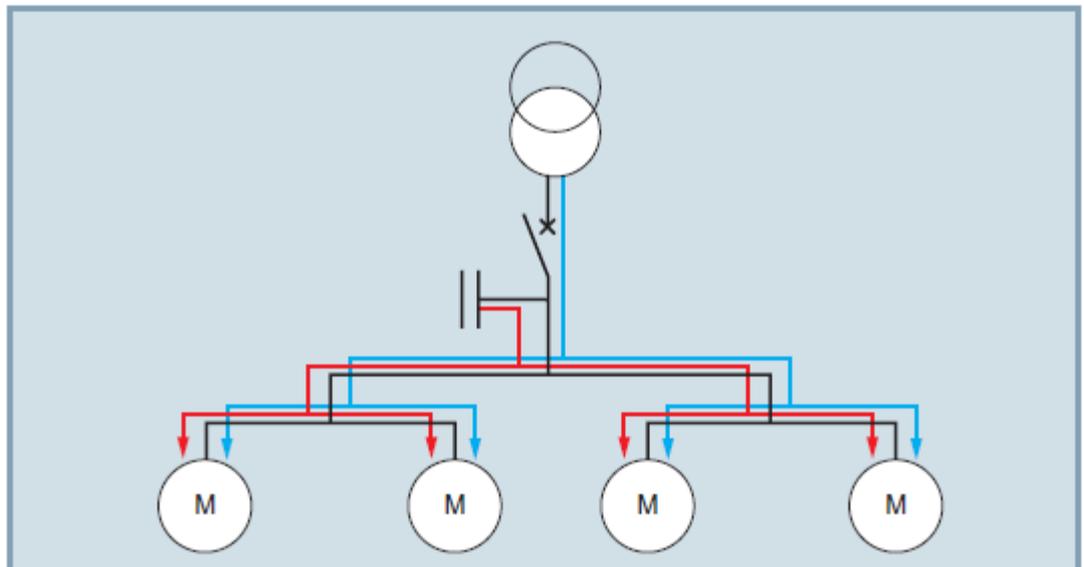
16.2. Métodos de compensación.

Existen distintos métodos para la compensación del factor de potencia en una red de baja tensión, pudiéndose instalar el banco de capacitores en tres niveles diferentes.

a) Compensación central o global.

En las salidas BT (CGBT).

> Instalación general



Ventajas:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Es la alternativa más económica porque toda la instalación se concentra en un lugar.
- Ajusta la potencia aparente (S en kVA) a la necesidad real de la instalación.
- Descarga el transformador (potencia disponible en kW).
- Fácil supervisión.

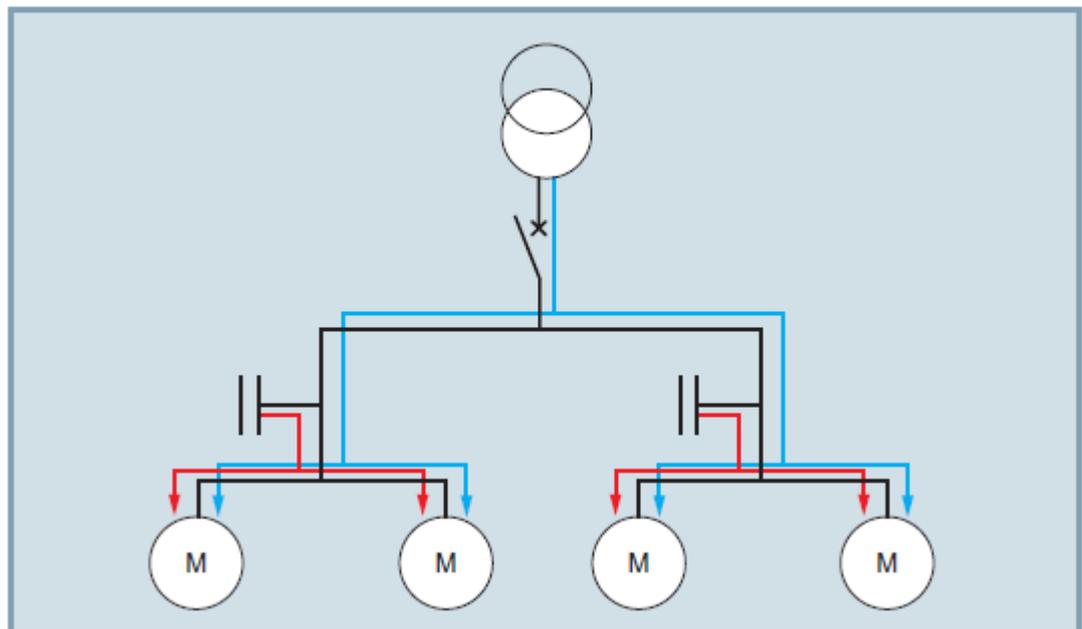
Observaciones:

- El banco se conecta en la acometida de la instalación.
- La corriente reactiva (I_r) está presente en la instalación desde el nivel 1 hasta los receptores.
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables no quedan disminuidas, por ende los cables desde el tablero hacia las máquinas, deberán estar sobredimensionados, debido a las corrientes reactivas.
- Se requiere de un regulador automático para compensar según la demanda.

b) Compensación parcial o sectorial.

A la entrada de cada tablero secundario.

> Instalación por sector



Ventajas:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Optimiza una parte de la instalación, la corriente reactiva no se transporta entre los niveles 1 y 2.
- Mantiene un criterio económico al concentrar la compensación de cada sector.
- Descarga el transformador (potencia disponible en kW).
- Se utiliza cuando se tiene un grupo de cargas individuales de igual potencia y que operan simultáneamente.
- La compensación se hace por un banco de capacitores en común.
- El control es más selectivo y preciso.
- Se justifica en maquinas de gran tamaño, que permitan usar controles automáticos por cada batería capacitiva.

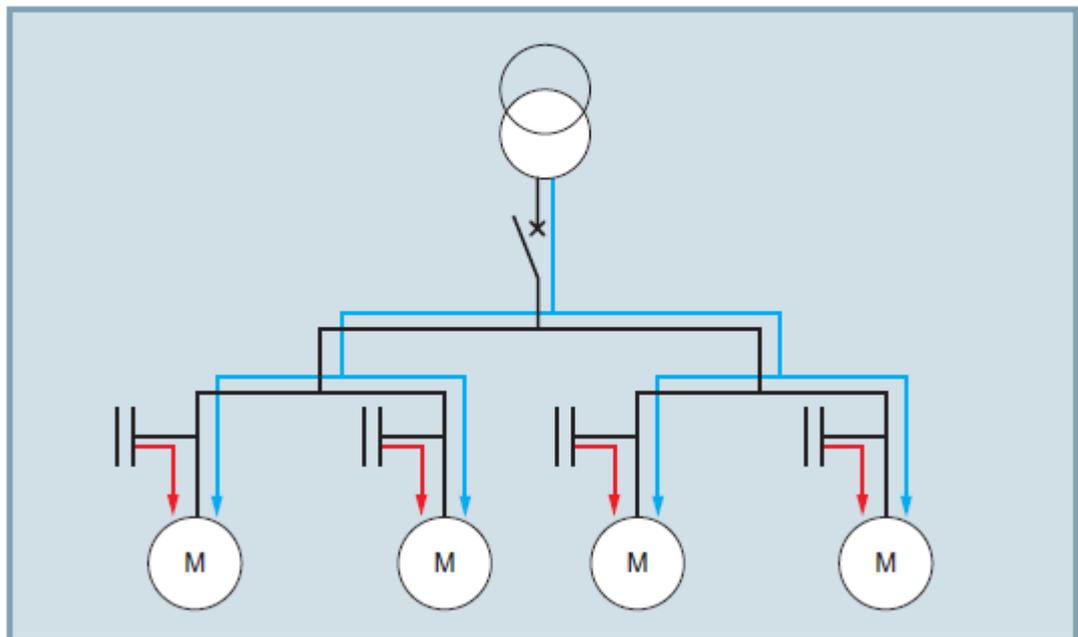
Observaciones:

- La corriente reactiva (I_r) está presente en la instalación desde el nivel 2 hasta los receptores.
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables se disminuyen.
- Las sobrecargas no se reducen en las líneas de alimentación principales.
- Solución adoptada generalmente en grandes instalaciones.

c) Compensación individual.

En los bornes de cada receptor de tipo inductivo

> Instalación individual



Ventajas:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Optimiza toda la instalación eléctrica, desde un punto de vista técnico es la solución ideal porque la energía reactiva es compensada en el mismo lugar donde aparece el consumo; por lo tanto elimina en forma completa las pérdidas resistivas.
- Descarga el transformador (potencia disponible en kW).
- Los capacitores son puestos en servicio sólo cuando el motor está trabajando.

Observaciones:

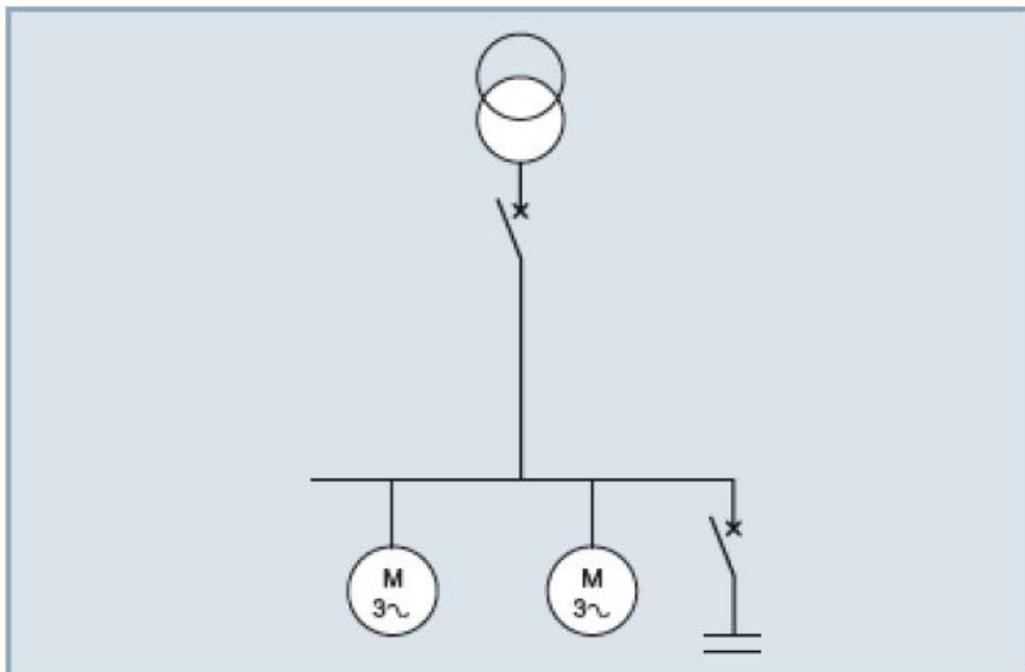
- La corriente reactiva no está presente en los cables de la instalación.
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables se suprimen totalmente.
- Generalmente es la solución más costosa por la gran cantidad de instalaciones que requiere.
- El costo de varios capacitores individuales es mayor que un capacitor equivalente.

16.3. Tipos de bancos de capacitores.

Desde el punto de vista de su maniobra hay dos tipos principales de bancos de capacitores:

a) **Banco fijo.**

> Bancos de Condensadores fijos



La potencia reactiva suministrada es constante independientemente del estado de carga de la instalación.

Estos bancos son maniobrados:

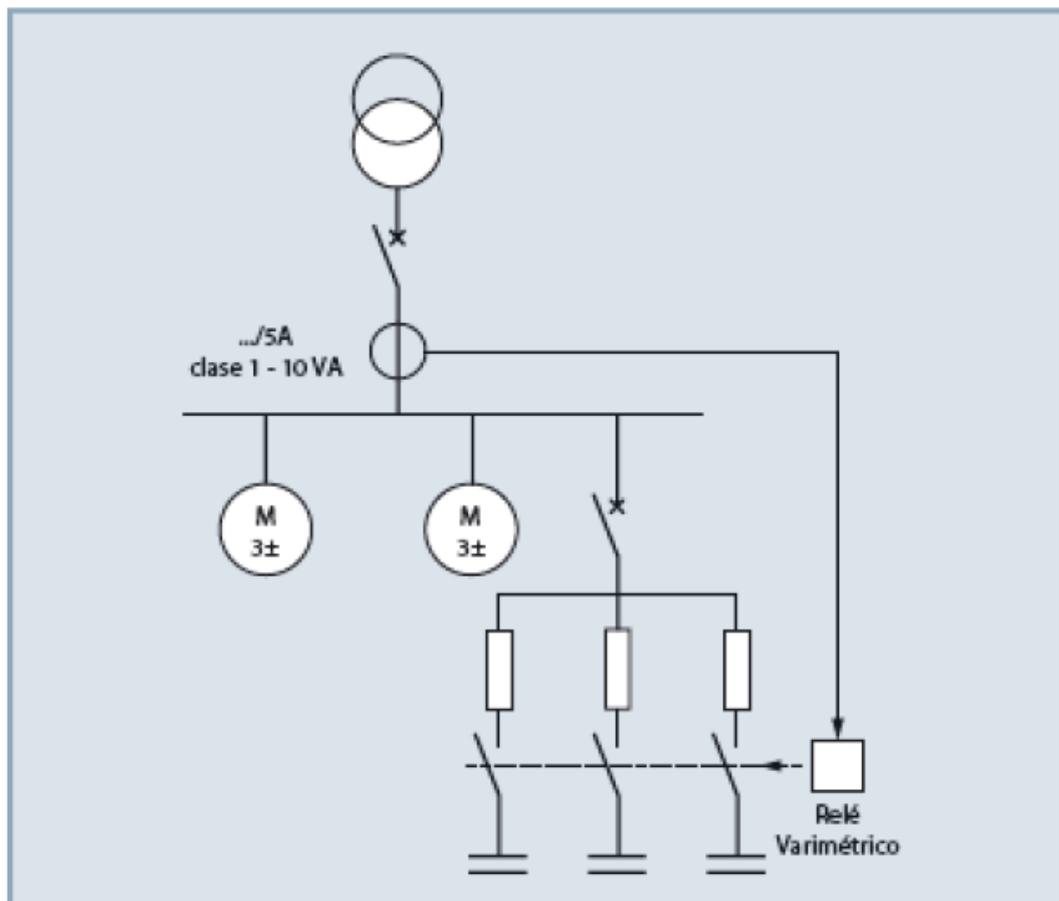
- En forma manual mediante interruptores o seccionadores.
- En forma semi-automática por medio de contactores con control remoto.

Generalmente, se adopta esta solución en los siguientes casos:

- Instalaciones con carga constante (operaciones continuas).
- Compensación de pérdidas reactivas de transformadores.
- Compensación individual de motores.
- Es recomendable en aquellas instalaciones en las que la potencia reactiva a compensar no supere el 15% de la potencia nominal del transformador (S_n).

b) **Banco automático.**

> Banco de Condensadores con regulación automática



La potencia reactiva del banco puede ser regulada de acuerdo a las variaciones del estado de carga de la instalación.

Estos bancos están formados por varios pasos de capacitores conectados en paralelo, el control de estos pasos es realizado por un regulador electrónico incorporado en el banco.

Estos bancos son usados generalmente en los siguientes casos:

- Instalaciones que presentan variabilidad en su estado de carga.
- Compensación de tableros generales de distribución en baja tensión.
- Bancos de capacitores que superan el 15% de la potencia del correspondiente transformador MT/BT.

16.4. Método de compensación adoptado.

La corrección del factor de potencia se hará a través de una compensación central o global, utilizando un banco de capacitores automático ubicado junto al tablero principal.

Se opta por este método de compensación debido a la proximidad de las cargas a dicho tablero y además la potencia a compensar supera el 15 % de la nominal del transformador.

Características de las Baterías automáticas (banco automático).

Las baterías adaptan su potencia automáticamente a la demanda de la carga, conectando o desconectando condensadores hasta alcanzar el estado deseado.

Están gobernadas por un controlador de potencia reactiva que actúa sobre los contactores de maniobra.

➤ Elementos internos.

Un equipo de compensación automático debe ser capaz de adecuarse a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el $\cos \varphi$ deseado en la misma.

Estos equipos de compensación automática están constituidos por 3 elementos principales:

- El regulador, cuya función es medir el $\cos \varphi$ de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al $\cos \varphi$ deseado, conectando los distintos escalones de potencia reactiva.
- Los contactores, son los elementos encargados de conectar los distintos condensadores que configuran la batería.
- Los condensadores, son los elementos que aportan la energía reactiva a la instalación, normalmente la conexión interna de los mismos está hecha en triángulo.

El número de escalones que es posible disponer en un equipo de compensación automático depende de las salidas que tenga el regulador.

➤ Los elementos externos.

Para el funcionamiento de un equipo de compensación automático es necesaria la toma de datos de la instalación, siendo los elementos externos los que le permiten actuar correctamente al equipo.

- La lectura de intensidad, se debe conectar un transformador de intensidad que lea el consumo de la totalidad de la instalación.
- La lectura de tensión, normalmente se incorpora en la propia batería de manera que al efectuar la conexión de potencia de la misma ya se obtiene este valor.

Esta información de la instalación (tensión e intensidad) le permite al regulador efectuar el cálculo del $\cos \varphi$ existente en la instalación en todo momento y le capacita para tomar la decisión de introducir o sacar escalones de potencia reactiva.

También es necesaria la alimentación a 230 V para el circuito de mando de la batería.

16.4.2. Potencia reactiva necesaria para la compensación.

Para determinar la potencia reactiva necesaria es necesario conocer:

- La potencia activa consumida en kW.
- El $\cos \varphi$ inicial.
- El $\cos \varphi$ deseado.

Para nuestra instalación el $\cos \varphi$ inicial es de 0,85 y se pretende corregirlo hasta alcanzar un valor de 0,95.

De la tabla siguiente obtenemos, en función del $\cos \phi$ de la instalación antes y después de la corrección, un coeficiente a multiplicar por la potencia activa para encontrar la potencia necesaria de la batería de condensadores a instalar.

TABLA DE CÁLCULO PARA LA POTENCIA DEL CONDENSADOR

Con la potencia de una carga KW, esta tabla se puede utilizar para encontrar el coeficiente K para calcular la potencia de los Condensadores. También proporciona la equivalencia entre $\cos \phi$ y $\text{tg } \phi$.

Factor de potencia final		Potencia del Condensador en kvar a ser instalado por kW de carga para aumentar el factor de potencia a:										
$\cos \phi$		0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
	$\text{tg } \phi$	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,00
0,4	2,29	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
0,41	2,22	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,082	2,225
0,42	2,16	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,002	2,164
0,43	2,1	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
0,44	2,04	1,568	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
0,45	1,98	1,501	1,532	1,561	1,592	1,626	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
0,46	1,93	1,446	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929
0,47	1,88	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
0,48	1,83	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,467	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
0,49	1,78	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
0,5	1,73	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
0,51	1,69	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
0,52	1,64	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
0,53	1,6	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
0,54	1,56	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
0,55	1,52	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
0,56	1,48	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
0,57	1,44	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
0,58	1,4	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,073	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
0,59	1,37	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
0,6	1,33	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
0,61	1,3	0,815	0,843	0,87	0,904	0,936	0,97	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
0,62	1,27	0,781	0,809	0,836	0,87	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
0,63	1,23	0,749	0,777	0,804	0,838	0,87	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
0,64	1,2	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
0,65	1,17	0,685	0,713	0,74	0,774	0,806	0,84	0,878	0,918	0,966	1,027	1,169
0,66	1,14	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
0,67	1,11	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
0,68	1,08	0,595	0,623	0,65	0,684	0,716	0,75	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
0,69	1,05	0,565	0,593	0,62	0,654	0,686	0,72	0,758	0,798	0,84	0,907	1,049
0,7	1,02	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,811	0,878	1,020
0,71	0,99	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,85	0,992
0,72	0,96	0,479	0,507	0,534	0,568	0,6	0,634	0,672	0,721	0,754	0,821	0,963
0,73	0,94	0,452	0,48	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,74	0,91	0,425	0,453	0,48	0,514	0,546	0,58	0,618	0,658	0,7	0,767	0,909
0,75	0,88	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,74	0,882
0,76	0,86	0,371	0,399	0,426	0,46	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,77	0,83	0,345	0,373	0,4	0,434	0,466	0,5	0,538	0,578	0,62	0,687	0,829
0,78	0,8	0,319	0,347	0,374	0,408	0,44	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,79	0,78	0,292	0,32	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,8	0,75	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,75
0,81	0,72	0,24	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,82	0,7	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,83	0,67	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,53	0,672
0,84	0,65	0,162	0,19	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,85	0,62	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,602
0,86	0,59	0,109	0,14	0,167	0,198	0,23	0,264	0,301	0,343	0,39	0,45	0,593
0,87	0,57	0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,88	0,54	0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,89	0,51	0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,23	0,262	0,309	0,369	0,512
0,9	0,48		0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

En este caso el factor K a utilizar es de 0,291. Por lo tanto la potencia del banco de condensadores Q_c a través de la siguiente relación:

$$Q_c = P \cdot K$$

$$Q_c = 274 \text{ kW} \cdot 0,291 = 79,73 \text{ kVAr}.$$

16.4.3. Selección del banco de capacitores automático.

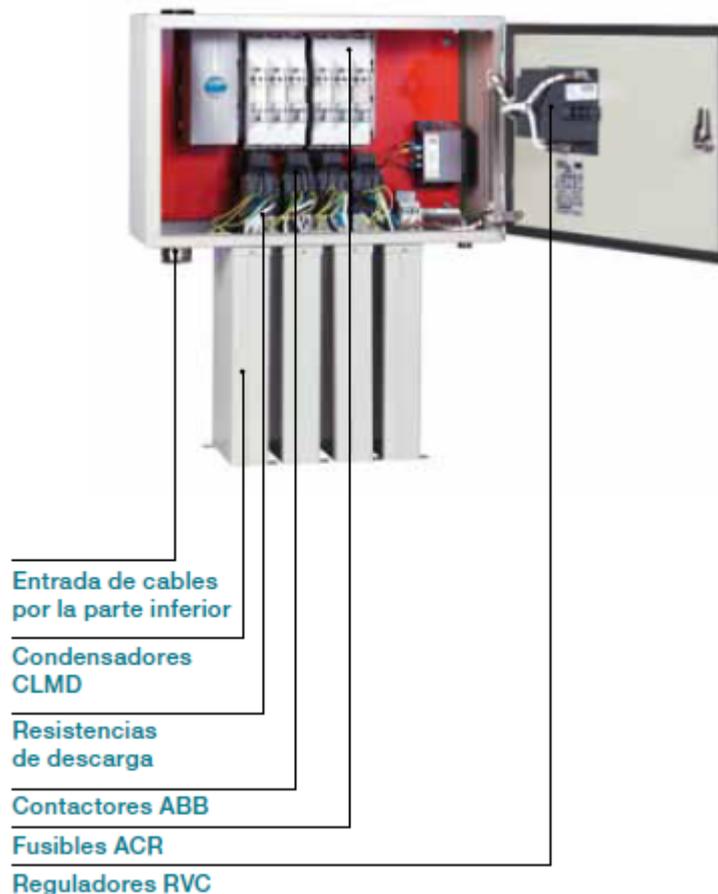
Se optó por seleccionar un banco de capacitores de la marca ABB siendo este un sistema listo para conectarse y compensar potencias reactivas.

El modelo elegido es el CLMT-1 con una potencia de 80 kVAr en cuatro pasos de 20 kVAr (4x20), siendo una batería automática de condensadores compacta, adecuada para emplazamientos muy pequeños en potencias medianas.

Baterías Automáticas de Condensadores - CLMT

Gama estándar 400 V - 50 Hz. Condensadores de tensión nominal 415 V

Q (kvar)	Número Escalones	Modelo	Composición	Sec.	Código	Intensidad (A)	Peso (kg)
27,50	11 x 2,5	CLMT-1	2,5+5+(2x10)	1:2:4	AC 301 024-BABI	39,69	38
35,00	7 x 5	CLMT-1	5+(3x10)	1:2:2	AC 301 024-BBI	50,52	37
37,50	15 x 2,5	CLMT-1	2,5+5+10+20	1:2:4:8	AC 301 024-BABIJ	54,13	39
40,00	4 x 10	CLMT-1	4x10	1:1:1	AC 301 024-BI	57,74	37
45,00	3 x 15	CLMT-1	3x15	1:1:1	AC 301 023-BE	64,95	32
45,00	9 x 5	CLMT-2	5+(4x10)	1:2:2	AC 301 055-BBI	64,95	42
47,50	19 x 2,5	CLMT-2	2,5+5+(4x10)	1:2:4	AC 301 036-BABI	68,56	45
50,00	4 x 12,5	CLMT-1	4x12,5	1:1:1	AC 301 024-BD	72,17	38
50,00	5 x 10	CLMT-1	10+(2x20)	1:2:2	AC 301 023-BIJ	72,17	35
50,00	5 x 10	CLMT-2	5x10	1:1:1	AC 301 055-BI	72,17	43
55,00	11 x 5	CLMT-1	5+10+(2x20)	1:2:4	AC 301 024-BBIJ	79,39	39
55,00	11 x 5	CLMT-2	5+(5x10)	1:2:2	AC 301 066-BBI	79,39	47
60,00	3 x 20	CLMT-1	3x20	1:1:1	AC 301 023-BJ	86,60	32
60,00	4 x 15	CLMT-1	4x15	1:1:1	AC 301 024-BE	86,60	37
60,00	6 x 10	CLMT-1	10+10+(2x20)	1:1:2	AC 301 024-BIIJ	86,60	38
60,00	12 x 5	CLMT-2	5+5+10+(2x20)	1:1:2:4	AC 301 035-BBIJ	86,60	43
67,50	9 x 7,5	CLMT-1	7,5+(4x15)	1:2:2	AC 301 055-BCE	97,43	44
70,00	7 x 10	CLMT-1	10+(3x20)	1:2:2	AC 301 024-BIJ	101,04	39
75,00	3 x 25	CLMT-1	3x25	1:1:1	AC 301 023-BF	108,25	37
75,00	5 x 15	CLMT-1	15+(2x30)	1:2:2	AC 301 023-BEG	108,25	36
75,00	15 x 5	CLMT-2	5+10+(3x20)	1:2:4	AC 301 035-BBIJ	108,25	44
80,00	4 x 20	CLMT-1	4x20	1:1:1	AC 301 024-BJ	115,47	39
80,00	8 x 10	CLMT-2	10+10+(3x20)	1:1:2	AC 301 035-BIIJ	115,47	44
87,50	7 x 12,5	CLMT-1	12,5+(3x25)	1:2:2	AC 301 024-BDF	126,30	39
90,00	3 x 30	CLMT-1	3x30	1:1:1	AC 301 023-BG	129,90	33
90,00	6 x 15	CLMT-1	15+15+(2x30)	1:1:2	AC 301 024-BEEG	129,90	40



Construcción e instalación.

La CLMT se presenta como un condensador normal dividido en varios pasos, en cuya parte superior hay una caja que contiene todos los elementos necesarios para la protección, regulación y control de cada escalón de condensadores. La caja se abre mediante una sola puerta frontal.

Su puesta en marcha se puede realizar en forma automática.

Se puede instalar en pared o bien en el suelo mediante un juego de rieles de fijación.

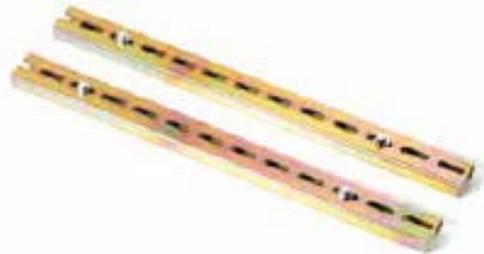
Cada escalón es un condensador independiente que, en caso de ser necesario su cambio, es fácilmente extraíble sin que por ello deba permanecer desconectada de la red.

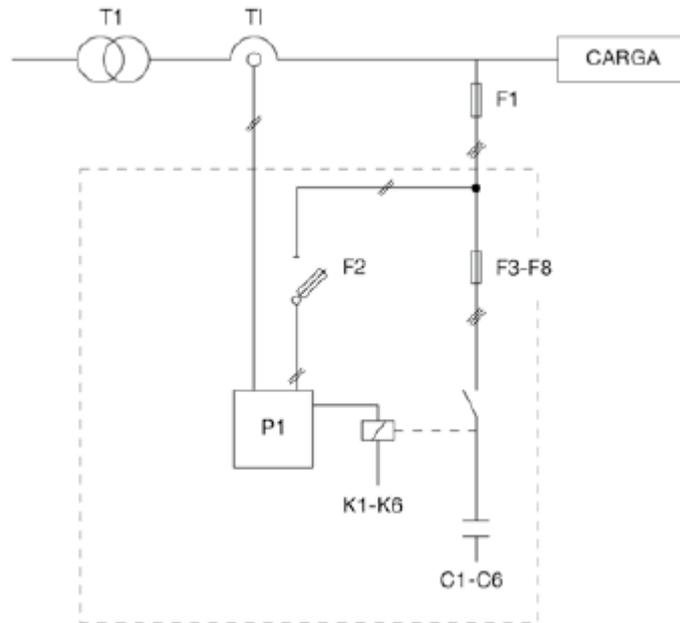
Operación.

Las múltiples funciones automáticas del RVC, así como su interfaz de fácil manejo, hacen que la CLMT sea de una utilización extremadamente simple.

Componentes de la batería.

- Condensadores ABB tipo CLMD: El CLMD es un condensador compacto y potente especialmente diseñado para el uso en baterías automáticas de condensadores. Ofrece larga vida incluso bajo solicitaciones eléctricas elevadas, prestaciones únicas y un sistema de protección secuencial.
- Contactores: Las CLMT montan contactores ABB especialmente diseñados para maniobrar condensadores. Van equipados con resistencias de preinserción que absorben la corriente de pico que se genera al conectar el condensador. Presentan una duración de 250.000 maniobras para tensiones de red menores de 500 V y de 100.000 maniobras para tensiones de red iguales o mayores a 500 V.
- Regulador del factor de potencia tipo RVC: El RVC es un regulador del factor de potencia de fácil manejo, que permite la puesta en marcha de forma automática, es insensible a la presencia de armónicos y resiste temperaturas ambientes de hasta 70° C.
- Además cuenta con: Un interruptor de corte en carga automático o manual y raíles para fijación al suelo, este accesorio permite la fijación al suelo de la CLMT de una forma sencilla y segura.



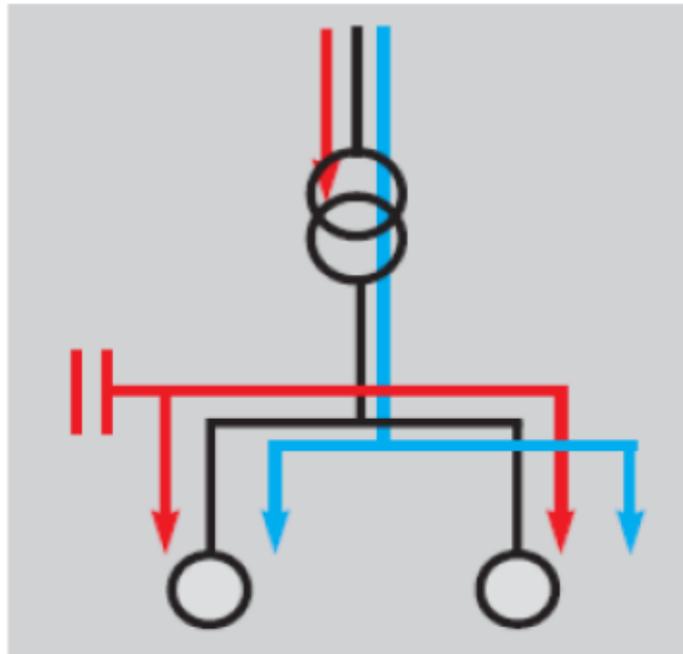
Diagramas de conexión.

REFERENCIA	COMPONENTE
C1-C6	Escalones de condensadores.
F1	Fusibles principales o aparatos de protección.
F2	Fusible de control.
F3-F8	Fusible de escalones de condensadores.
K1-K6	Contactores.
P1	Regulador del factor de potencia.
T1	Transformador de potencia.

17. Compensación fija para transformador.

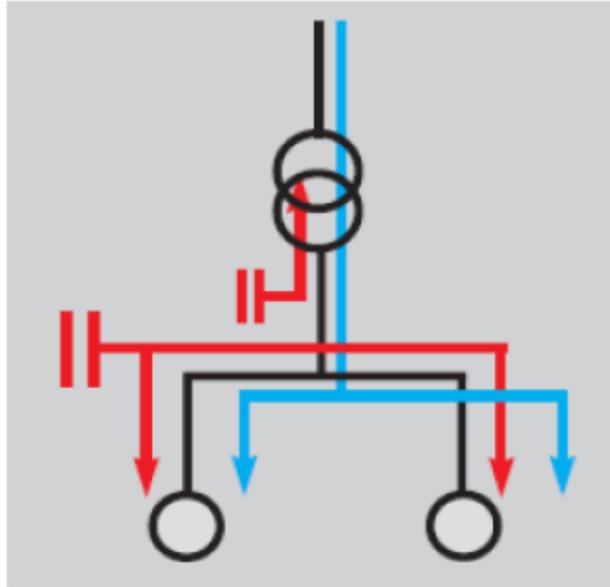
En el caso de que se deseen compensar también las pérdidas inductivas del transformador en baja tensión, por ejemplo si se tiene una contratación de potencia en media tensión, la manera de realizarlo es incorporando un equipo de compensación fija en los bornes de baja del transformador, de tal manera que la instalación quede sobre compensada en la parte de baja tensión y dicha excedente sirva para compensar el transformador.

Obsérvese que en la figura existe un consumo de potencia reactiva por parte del transformador que no está suministrado por la batería de condensadores, ya que esta no "ve" dicho consumo por estar el transformador de intensidad que informa al regulador sobre el $\cos \phi$ de la instalación conectado en la parte de baja tensión.



Flujo de potencias en una instalación cuyo transformador está sin compensar.

Por lo tanto es necesario incorporar un condensador aguas arriba del punto de conexión del TI que incorpore los kVAr suplementarios.



Flujo de potencias de en una instalacion cuyo transformador esta compensado con un equipo fijo.

Un transformador consume una potencia reactiva compuesta por:

- Una parte fija que depende de la corriente magnetizante, esta parte representa del 0,5 al 2,5 % de la potencia del transformador.
- Una parte aproximada proporcional al cuadro de la potencia aparente.

La potencia reactiva total consumida por un transformador de distribución está en torno al 10 % a plena carga.

Para la corrección, tomamos el valor cotidiano promedio del orden del 6 % de la potencia nominal del transformador, por lo tanto la potencia reactiva necesaria será de 24 kVAr.

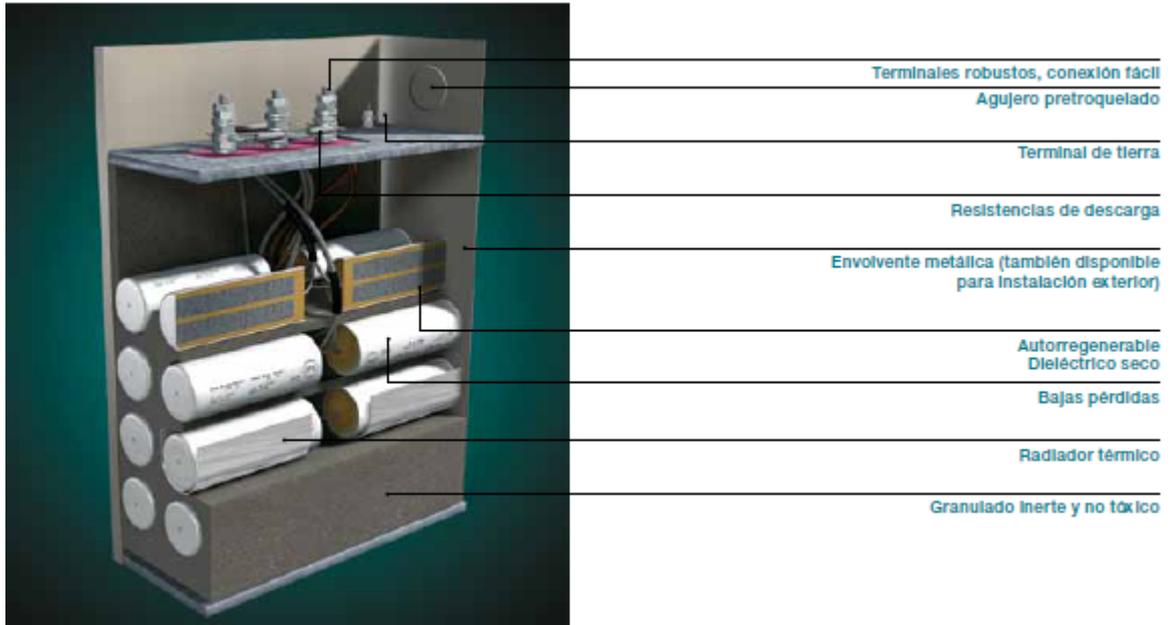
17.1. Batería fija de condensadores.

Se opto por una batería de condensadores fijas de marca ABB, modelo CLMD-E43 de 25 kVAr.

Tensión (V)	Q (kvar)	Modelo	Código	Intensidad (A)	Peso (kg)
400	2,5	CLMD 13	AC 401 201-BA	3,61	3
	5,0	CLMD 13	AC 401 201-BB	7,22	3
	8,0	CLMD 13	AC 401 201-BC	11,55	3
	10,0	CLMD 13	AC 401 201-BE	14,43	3
	12,5	CLMD 13	AC 401 201-BF	18,04	3
	15,0	CLMD 13	AC 401 201-BG	21,65	3
	16,5	CLMD 13	AC 401 201-BH	23,82	3
	20,0	CLMD 43	AC 401 002-BJ	28,87	6
	23,0	CLMD 43	AC 401 002-BQ	33,20	6
	25,0	CLMD 43	AC 401 002-BB	36,08	6
	30,0	CLMD 43	AC 401 002-BC	43,30	6
	35,0	CLMD 53	AC 401 003-BB	50,52	9
	40,0	CLMD 53	AC 401 003-BC	57,74	10
	46,0	CLMD 53	AC 401 003-BD	66,40	11
	50,0	CLMD 53	AC 401 003-BE	72,17	12



Los condensadores CLMD están formados por un cierto número de elementos unitarios bobinados, fabricados con film de polipropileno metalizado. Estos elementos secos están provistos de un desconectador secuencial interno que lo desconecta del circuito de forma fiable y selectiva al final de su vida.



Los condensadores fijos con aparellaje CLMD-E contemplan todas las posibilidades para la protección y maniobra de condensadores destinados a la compensación fija de potencia reactiva.

Existen dos variantes básicas: CLMD-E con caja de aparellaje independiente o CLMD-E con aparellaje montado sobre el propio condensador.

La gama estándar de CLMD-E con caja de aparellaje independiente incluye contactor, fusibles, resistencias de descarga rápidas (0 V en menos de 20 s) y temporizador para la reconexión y alternativamente un selector de dos posiciones para maniobra externa.

18. Puesta a tierra de protección.

Es el sistema de puestas a tierras de partes conductoras que normalmente no están bajo tensión, a este sistema se conecta todas las masas metálicas y partes conductoras ajenas, tales como gabinetes, bastidores, postes, estructuras, cercos perimetrales, etc.

De acuerdo a lo establecido por el reglamento de instalaciones de baja tensión de la Asociación Electrotécnica Argentina, para viviendas unifamiliares y locales comerciales la resistencia a tierra, medida desde cualquier masa de la instalación, no será mayor que 40 Ohm (a partir del 2006), antes 10 ohm (solo para protección).

Cuando la instalación de puesta a tierra no se coordine con el interruptor diferencial, el valor de la resistencia de esta se calculará de modo de lograr una tensión de contacto indirecto personal no mayor que $24 V_{c.a}$ para ambientes secos y húmedos ó $12 V_{c.a}$ para ambientes mojados.

18.1. Resistividad del terreno

Según datos brindados por la compañía proveedora de energía, la resistividad de la tierra en la zona está comprendida entre 50 y 100 ohm.m.

Por lo cual por ser un terreno que por lo general se encontrara con una alta humedad, se adopta una resistividad del suelo de 70 ohm.m para la realización de los cálculos.

18.2. Selección de la jabalina

Según catalogo Genrod se utilizaran jabalinas que cumplen con los requisitos de la norma IRAM 2309-01.

A partir del cuadro de jabalinas acero-cobre IRAM 2309, optamos por el modelo marcado L1620 jabalina 5/8" x 2000 mm.

Jabalinas de acero-cobre IRAM 2309

Código	Denominación	Descripción	Cantidad x Envase
JC 1010		Jabalina 3/8" x 1000 mm*	20
JC 1015	L1015	Jabalina 3/8" x 1500 mm	10
JC 1020	L1020	Jabalina 3/8" x 2000 mm	10
JC 1210		Jabalina 1/2" x 1000 mm*	10
JC 1215	L1415	Jabalina 1/2" x 1500 mm	10
JC 1220	L1420	Jabalina 1/2" x 2000 mm	10
JC 1230	L1430	Jabalina 1/2" x 3000 mm	10
JC 1610		Jabalina 5/8" x 1000 mm*	10
JC 1615	L1615	Jabalina 5/8" x 1500 mm	10
JC 1620	L1620	Jabalina 5/8" x 2000 mm	10
JC 1630	L1630	Jabalina 5/8" x 3000 mm	10
JC 1910		Jabalina 3/4" x 1000 mm*	5
JC 1915	L1815	Jabalina 3/4" x 1500 mm	5
JC 1920	L1820	Jabalina 3/4" x 2000 mm	5



Calculo de números de jabalinas.

Con la resistividad del terreno y la longitud de la jabalina seleccionada obtenemos la resistencia de una sola pica.

$$R_{t1} = \frac{\rho}{L}$$

Siendo ρ la resistividad del terreno (70 Ω .m) y L la longitud de la jabalina (2 m).

Reemplazamos:

$$R_{t1} = \frac{70\Omega \cdot m}{2m} = 35 \Omega$$

En este caso con una sola pica se estaría cumpliendo con el requerimiento de la norma de un valor cercano a 40 Ω .

Para nuestro proyecto proponemos colocar 10 jabalinas ubicadas a dos veces su longitud y a 20 metros de separación entre puestas a tierras de protección y de servicio. Unidas mediante un conductor desnudo de acero bañado en cobre de 50 mm² de la marca Genrond.

Cables de acero cobre

Código	Descripción	peso Kg/mts.
AC C25	Cable de 25 mm ² - 3 N ^o 8	0,206
AC C35	Cable de 35 mm ² - 7 N ^o 10	0,303
AC C50	Cable de 50 mm ² - 7 N ^o 8	0,482
AC C70	Cable de 70 mm ² - 7 N ^o 8	0,607
AC C95	Cable de 95 mm ² - 7 N ^o 9	0,766

De esta forma la resistencia de la red será:

$$R_t = \frac{R_{t1}}{n^{\circ} \text{ de picas}} = \frac{35\Omega}{10} = 3,5 \Omega.$$

Valor que se encuentra por debajo del máximo exigido por las normativas vigentes, ya que se cumple que 3,5 Ω < 40 Ω .

18.3. Cálculo del conductor de protección

A partir de la siguiente tabla adoptamos el diámetro conveniente para nuestra instalación.

Sección de los conductores de fase (mm ²),	Sección mínima de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S igual a la de fase S _{min} = 2,5 (reforzado) S _{min} = 4 (sin reforzar)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Dando así una sección de 16 mm².

18.4. Cajas de inspección

Se utilizan para indicar el sitio donde está instalada la jabalina y a su vez proteger el punto de medición para verificar el valor de resistencia de la puesta a tierra de la instalación.

Cajas de inspección. Fundición gris

Código	Descripción	Cant. X Envase
Ci 1	25 x 25 cm	1
Ci 2	15 x 15 cm	1



19. Subestación transformadora MT / BT.

Como la compra de energía se realiza en media tensión, se diseña una subestación transformadora, la cual reducirá la tensión de 33 kV a 0,4 kV.

Dicha estación estará compuesta de dos transformadores cuya potencia se determinara en los puntos siguientes.

Las normativas a seguir para el diseño y protección de esta subestación serán las siguientes:

- AEA 95401.
- Reglamento general para el suministro de energía eléctrica de la empresa proveedora de la zona, Dirección Provincial de Energía de Corrientes (“DPEC”).

19.1. Potencia de los transformadores.

Para calcular la potencia nominal necesaria, se toma como base el consumo máximo de potencia activa extraído de la planilla de motores, afectado por un coeficiente de simultaneidad del 100 % debido a la utilización requerida en el riego.

Conviene elegir la potencia del transformador de forma que este funcione normalmente a un régimen de carga del orden del 65 % al 75 % de su potencia nominal (S_n), es decir, siendo S_c la potencia de la carga a alimentar, que sea:

$$\frac{S_c}{0,75} \leq S_n \leq \frac{S_c}{0,65}$$

En este proyecto se adoptara para el cálculo de la potencia necesaria de cada transformador, que este se encuentra trabajando normalmente a un régimen de carga del 75 %, con el fin de que pueda acoplarse una futura ampliación que exija la colocación de un motor más de las misma características que los instalados.

Con ello, por una parte, las pérdidas en carga del transformador se reducen notablemente (entre un 58 % y un 44 %) con lo cual, su régimen de temperatura es más bajo, especialmente favorable para la vida útil del transformador, y por otra representa un margen de reserva ante eventuales aumentos de carga más o menos duraderos.

Según sea la naturaleza, condiciones de explotación y / o exigencias de continuidad de servicio de la instalación a alimentar, puede ser conveniente repartir la carga total entre dos o más transformadores que no trabajen acoplados en paralelo, sino que cada uno alimente independientemente una parte de la instalación. Por ello se decidió colocar 2 transformadores, uno para cada grupo de bombas, los cuales están constituidos por tres bombas cada uno.

En caso de avería de uno de los transformadores, como se ha previsto que los mismos trabajen normalmente con carga inferior a su potencia nominal, este margen de potencia disponible puede aprovecharse para alimentar una parte de la carga correspondiente al transformador fuera de servicio.

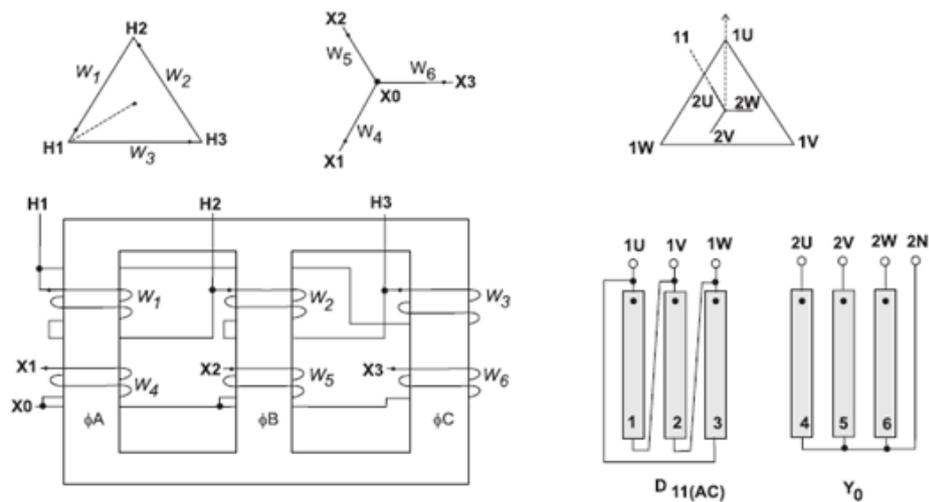
No se contempla el diseño del cuadro general de BT para permitir este traspaso de cargas, solo es una opción de la instalación.

19.1.2. Grupo de conexión.

El grupo de conexión normalizado, y mayormente utilizado, es el DY 11. Esto nos hace saber que el primario del transformador está conectado en triángulo, mientras que el bobinado secundario se conecta en estrella.

El centro de estrella del lado de baja tensión es conectado a tierra, formando el conductor neutro, a fin de poder alimentar los diferentes receptores tanto a tensión compuesta de 400 V o tensión simple de 230 V.

Con este grupo de conexión se obtiene un desfase entre tensiones primarias y secundarias de 30° .



19.1.3. Potencia necesaria del Transformador 1.

Este transformador está destinado a alimentar las siguientes cargas:

Carga	Potencia requerida
Motores (3 x 90 kW)	270 kW
Banco de capacitores fijo	25 kVAr
Banco de capacitores automático	80 kVAr
Consumo monofásico e iluminación*	8 kW

* El consumo monofásico se basa en la estimación de alimentar la iluminación del predio, tomas de uso general y la vivienda del aguador que se encuentra a cercanías de la sala de bombas.

$$S_c = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S_c = \sqrt{(278)^2 + (105)^2} = 297,2 \text{ kVA.}$$

$$s_n = \frac{S_c}{0,75} = \frac{297,2 \text{ kVA}}{0,75} = 396,3 \text{ VA.}$$

19.1.4. Potencia necesaria del Transformador 2.

Este transformador deberá abastecer las mismas cargas que el transformador 1 con respecto a los motores, debido a que estos se encuentran divididos en dos grupos compuestos por tres motores de las mismas características.

A excepción del transformador 1, este transformador no tendrá conectadas cargas monofásicas.

Por lo tanto la potencia necesaria para el transformador 2 será:

Carga	Potencia requerida
Motores (3 x 90 kW)	270 kW
Banco de capacitores fijo	25 kVAr
Banco de capacitores automático	80 kVAr

$$S_c = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S_c = \sqrt{(270)^2 + (105)^2} = 289,7 \text{ kVA.}$$

$$s_n = \frac{S_c}{0,75} = \frac{289,7 \text{ kVA}}{0,75} = 386,3 \text{ kVA.}$$

19.2. Selección del transformador.

Por la similitud entre las potencias necesarias calculadas para cada transformador y los valores de potencias nominales disponibles en el mercado se decide colocar dos transformadores de potencia nominal 400 kVA.

Los transformadores utilizados son en baño de aceite, cuyas ventajas frente a los transformadores secos son:

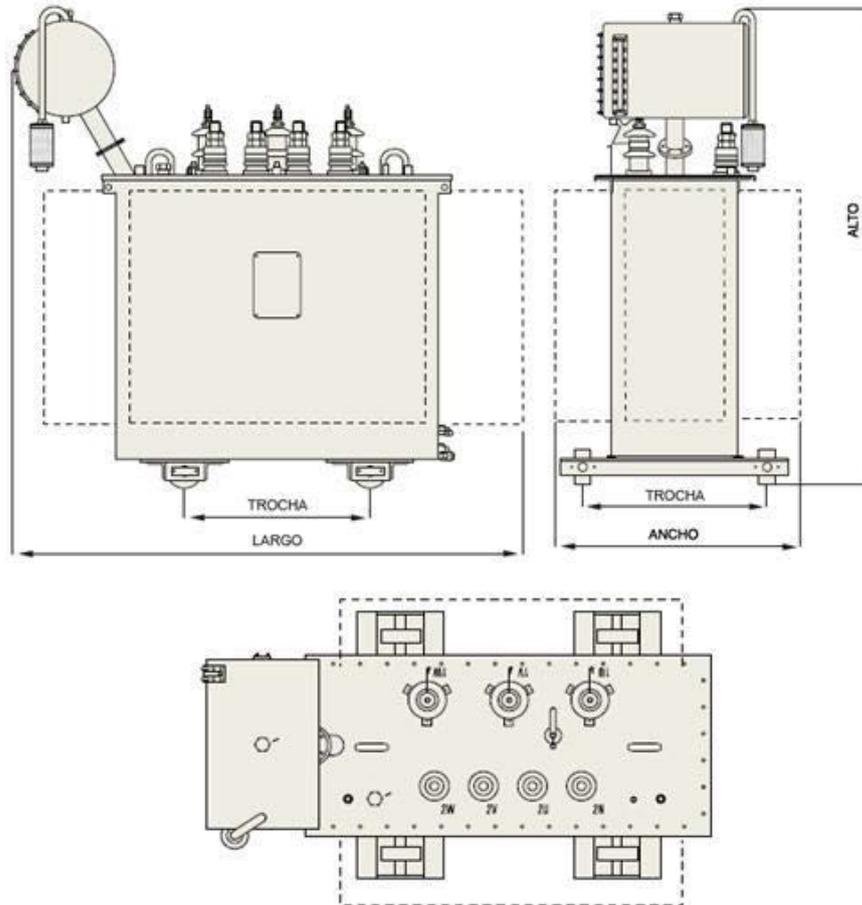
- Menor costo unitario, en la actualidad su precio es del orden de la mitad que el de uno seco de la misma potencia y tensión.
- Menor nivel de ruido.
- Menores pérdidas de vacío.
- Mejor control de funcionamiento.
- Pueden instalarse a la intemperie.
- Buen funcionamiento en atmósferas contaminadas.
- Mayor resistencia a las sobretensiones y a sobrecargas prolongadas.

Para la selección del transformador se utilizó el catálogo de la firma “Tadeo Czerweny S.A”, adoptando dos transformadores de distribución de 400 kVA, los cuales poseen las siguientes características:

IRAM 2250 (*)

Transformadores Distribución - Relación 33000 ± 2x2,5% / 400 V/V

Potencia (kVA)	Pérdidas (W)		Ucc (%)	Dimensiones (mm)				Masa (kg)
	Po	Pcc		Largo	Ancho	Alto	Trocha	
16	130	480	4	1550	800	1650	600	500
*25	190	650	4	1550	750	1650	600	560
40	290	900	4	1750	800	1650	600	710
*63	320	1500	4	1750	800	1650	600	730
80	330	1600	4	1750	800	1850	600	780
*100	420	1900	4	1750	850	1850	600	930
125	500	2500	4	1850	850	1850	600	1050
*160	600	2800	4	1850	900	1900	600	1150
*200	700	3250	4	1850	900	1900	600	1280
*250	850	4000	4	1850	1050	1950	700	1470
*315	950	4800	4	1850	1050	1950	700	1550
400	1150	5750	4	1950	1050	2200	700	2060
*500	1250	6400	4	1950	1150	2300	700	2350
*630	1500	7600	4	2150	1150	2300	800	2650
*800	1800	9800	5	2200	1200	2300	800	3150
*1000	2200	11700	5	2300	1200	2450	800	3650
*1250	2500	14200	5	2350	1300	2500	1000	4300
*1600	2900	17800	6	2600	2400	2500	1000	5000
*2000	3200	22000	6	2700	2600	2600	1000	5400
*2500	3600	26000	6	3000	2800	2750	1200	6000



20. Protección en media tensión.

Según normativas de la AEA 95401 cada transformador se protegerá del lado primario por un dispositivo de sobrecorriente que deberá:

- Proteger el transformador ante cortocircuito del lado de BT.
- Limitar el deterioro del transformador ante avería interna.
- Proteger canalizaciones hasta el transformador, ante cortocircuito en este del lado de MT.
- No actuar ante corriente de inserción.
- Permitir un margen de sobrecargas aceptable.
- Tener una capacidad de ruptura conforma a la potencia de cortocircuito de diseño de la red de distribución.

La selección y disposición de estos elementos se encuentra detallada a medida que se avanza en el diseño de la subestación transformadora.

20.1. Centro de transformación ó subestación MT / BT.

Pasos del diseño del centro de transformación o subestación MT / BT:

- Determinación del número y potencia (kVA) de los transformadores, a partir de la previsión de cargas y naturaleza de las mismas.
- Elección del tipo constructivo de la SET, interior o exterior, aéreo o de nivel, etc.
- Diseño de la disposición interior de la SET, distribución de aparatos y elementos dentro del CT, disposición de puertas y accesos, entradas y salidas de ventilación, entrada de cables MT o línea aérea, salida de cables BT, etc.
- Complementos, alumbrado, señalización, disposiciones seguridad, etc.
- Elección del régimen de neutro (TN, TT, IT) de la salida en BT.
- Elección de las características y tipos de los componentes de la SET (transformadores, aparamenta y equipos MT y BT, cables, etc.).

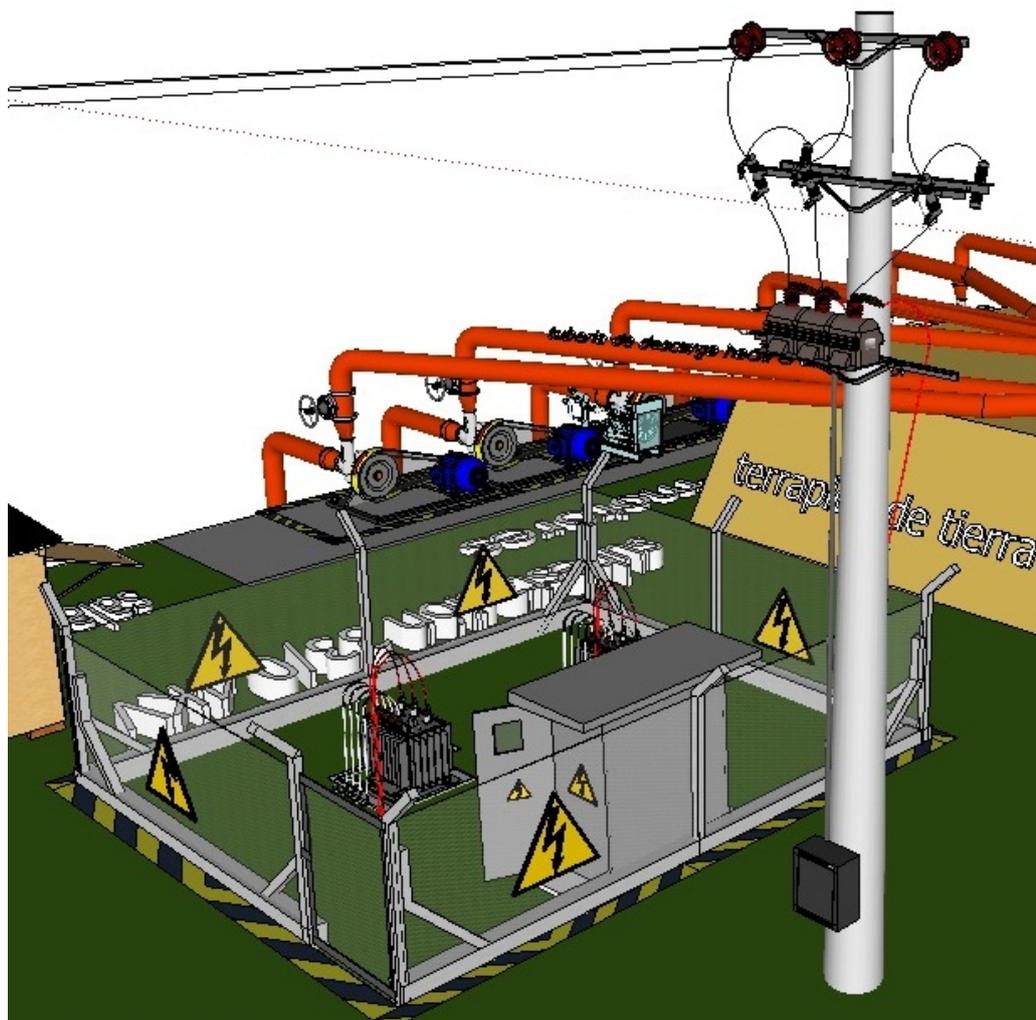
20.1.2. Tipo constructivo de la Subestación.

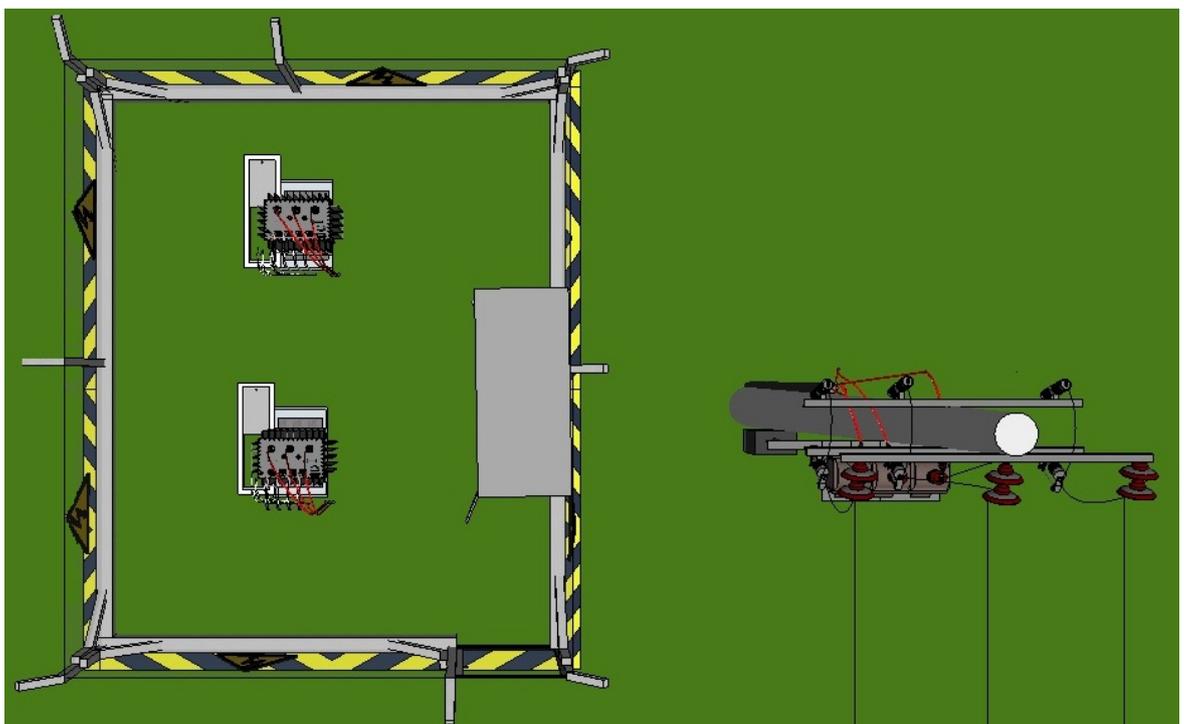
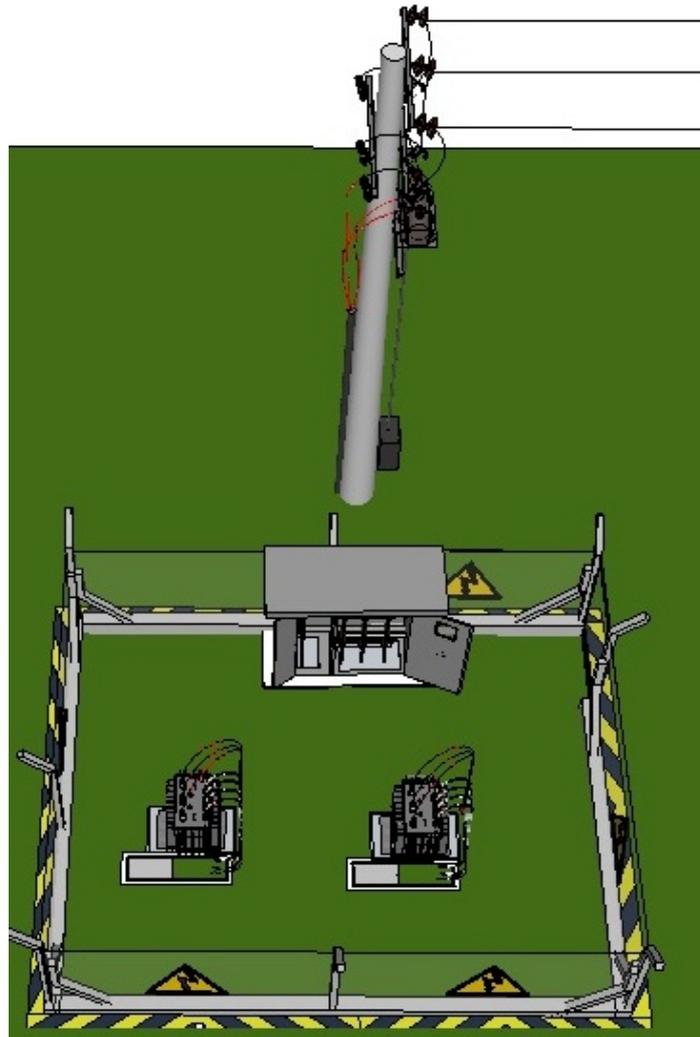
Los modelos de estaciones transformadoras, que se pueden utilizar en las instalaciones de rebaje a baja tensión, son muy variadas y dependen del tipo de cargas, ubicación de las líneas de media tensión y sus distancias al lugar de bajada, el aspecto económico, lugar disponible en la obra, tipo de cargas, calidad de la misma.

Por encima de los 315 kVA generalmente las subestaciones se construyen a nivel.

Se adopta una disposición de la subestación transformadora del tipo exterior o a la intemperie a nivel, debido a que la misma es más económica que una instalación en interior y como por criterio de diseño esta contará con dos transformadores, una SET del tipo adoptado resulta de mayor sencillez que una SET aérea.

La siguiente figura nos da la representación del diseño adoptado para la subestación transformadora, en la misma se puede observar también la disposición de los elementos que la componen.





Distancias mínimas según reglamentación AEA 95401.

- Distancia mínima de aislación en aire en equipamientos abiertos.

La separación mínima entre partes bajo tensión sin aislación y entre estas y otras partes a potencial de tierra, será por lo menos de:

Tensión nominal [kVA]	Separación entre fases [mm]	Separación entre fase-tierra [mm]
33	350	320
0,4	40	40

- Altura mínima de partes conductoras con tensión no aisladas.

La altura de las partes conductoras con tensión no aislada respecto del nivel del piso en áreas de circulación será:

Tensión nominal hasta [KV]	Altura [m]
33	2,82
1	2,3

Esta altura deberá incrementarse en 200 mm cuando los conductores atraviesen pasillos de circulación.

De no respetar dicha altura se debe colocar una envoltura que cubra las partes con tensión por todos los lados accesibles, si es metálica deberá ir con puesta a tierra.

La altura mínima de los conductores desnudos de MT que atraviesan el plano del cerco perimetral será de 6,5m.

Las bases de los apoyos de los aisladores de MT deberán estar a una altura de 2,25 metros sobre el nivel del piso.

La altura de partes con tensión no aisladas en cruce de áreas transitables por personal será de:

Tensión nominal hasta [KV]	Altura [m]
33	2,85
1	2,3

- Distancia horizontal de partes no aisladas hasta el cerco perimetral.

Para cerco de alambre de altura mayor o igual a 2,4 m, la distancia horizontal mínima es de 1850 mm para tensiones de hasta 33 KV, para el dimensionado del cerco correspondiente se adopto una distancia de 2000 mm.

El cerco perimetral de alambre debe constar de un muro de 700 mm como mínimo, de los cuales 500 mm deben estar por debajo del nivel del piso y los 200 mm restantes por encima del mismo, desde allí se toma la malla.

20.1.3. Cerco perimetral.

Según la norma AEA 95401, los cercos y accesos de instalaciones a nivel e intemperie deberán ser del tipo olímpico con doble protección superior angulada de alambre de púas con un mínimo de tres hileras.

Su construcción podrá ser de alambre tejido de diámetro no menor a 2,64 mm, el tamaño de los orificios debe cumplir con el grado IP1X de la norma IEC 60529 (Debe impedir el ingreso de una esfera de 50 mm de diámetro) y la altura mínima desde el terreno debe ser de 2,4 m incluida la protección.

Todos las partes metálicas del cerco estarán puestas a tierra.

Para la construcción del cerco necesario se utilizará tejido de alambre de hierro galvanizado de calibre N°10 (Φ 3,4 mm) con malla romboidal de 1 ½" (38,1 mm).

Las dimensiones de cada paño serán 2 m de altura por su longitud correspondiente y estará perfectamente estirado, sin producir ningún tipo de ondulación. Llevará en cada extremo una planchuela de acero de sección rectangular de 4,76 mm x 31,75 mm (3/16" x 1 1/4"), sujeta al poste mediante bulones gancho.

El tejido estará asegurado a los postes intermedios, de 0,10 x 0,10 m, con tres hilos de alambre liso galvanizado, resistencia 17 / 15 con ganchos cincados con tuerca colocados en ambos extremos y en el medio de dichos postes.

Para sustentar los portones de entrada y salida se instalaran 2 postes de hormigón armado de 0,125 x 0,125 m de sección, Tipo 3 (Esquinero).

Preparó: Dalle Tezze, cristian – Korell, Matias.	Revisó:	Aprobó:	Página 305 de 375
--	---------	---------	-------------------

En las esquinas se colocarán postes de Hormigón Armado de 0,125 x 0,125 m de sección, similares a los postes de sostén del portón. Tipo 3 (Esquinero).

Se reforzarán con dos puntales de hormigón armado de 0,07 x 0,07 m de sección.

En la zona superior de todos los postes, se colocarán tres hilos de alambre de púas galvanizado de 4", resistencia 17/15 perfectamente estirados que se ajustarán con ganchos cincados con tuerca colocados a tal fin en los postes de tensión.

Se utilizarán torniquetes al aire N° 7.

La puerta se montará sobre un bastidor de caño de acero Φ 51 mm, constará de un refuerzo horizontal de caño de acero del mismo diámetro.

El tejido de alambre de la puerta será de idénticas características al del alambrado, con bastidor de planchuela con tornillos para estirar.

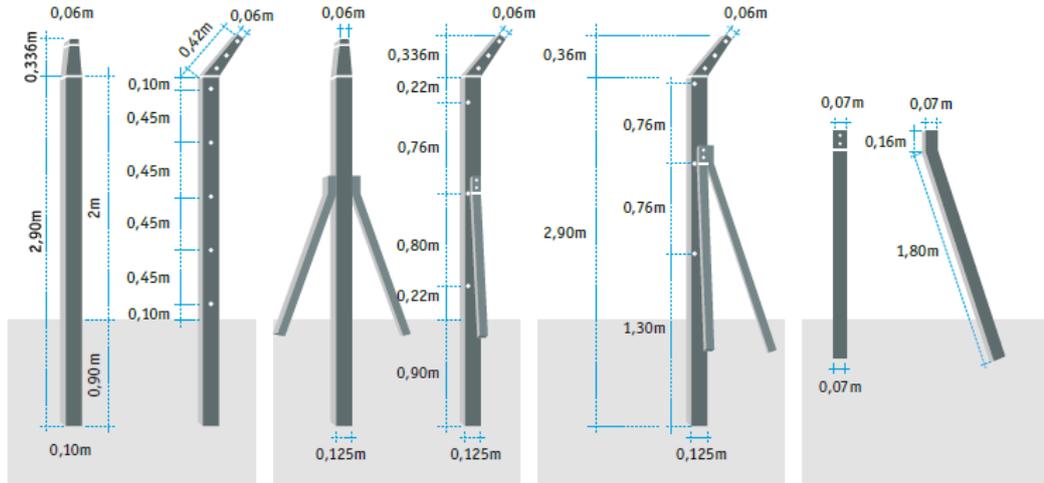
Se colocarán tres bisagras reforzadas, una manija de hierro tipo U y un cierre portacandado.

Se seleccionan postes olímpicos de hormigón pretensado y vibrados, de la fábrica" Tensolite S.A".

Tipo de poste	Lados de la sección (m2)	Peso (Kg)	Colocación
1 (Intermedio)	10x10	73	Cada 4m
2 (Tensor)	12,5 x 12,5	115,5	Cada 24 o 28m
3 (Esquinero)	12,5 x 12,5	115,9	En esquinas
4 (Puntal)	7 x 7	25	2 por poste tensor o esquinero

Optando por:

- 5 postes tipo 3 (Esquinero).
- 3 postes tipo 1 (Intermedio).
- 8 postes tipo 4 (Puntal).



1. Poste Olímpico intermedio

Se coloca cada 4m. El codo en la parte superior permite tender hasta 3 hilos de alambre de púas.

2. Poste Olímpico tensor o reforzado

Cada 24 o 28m se debe intercalar este poste, cuya función es la de absorber los esfuerzos de tensado del alambre tejido. También sirve como terminal en cercos rectos, o bien en aberturas, portones, etc que interrumpen el alambrado.

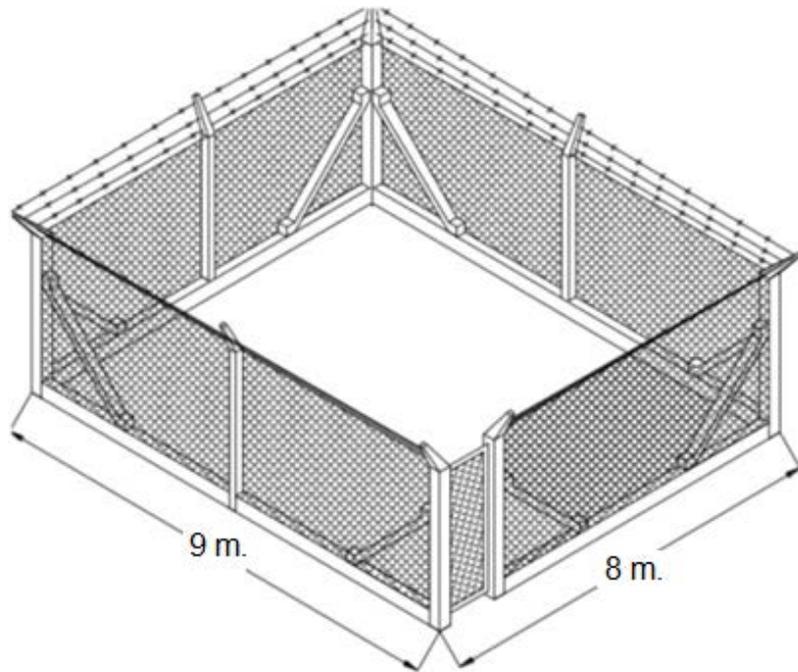
3. Poste Olímpico Esquinero

Se coloca donde el alambre cambia su dirección en 90°

4. Puntal

Colocado contra los postes tensores y los esquineros, sirve para reforzarlos y colaborar en la absorción de los esfuerzos producidos por el tiro del alambre tejido

Esquema en escala del cerco perimetral



20.1.4. Señalización del cerco perimetral según AEA 95401.

Se ubicarán señalizaciones preventivas para personal de operación y terceros cuya finalidad es la de evitar accidentes, para ello se dispondrá carteles en los cuatro laterales del cerco perimetral, los mismo estarán de acuerdo con la norma IRAM 10005 e indicarán la existencia de instalaciones de media tensión de fácil lectura y comprensión.



Riesgo eléctrico

SEÑAL COMPLEMENTARIA DE RIESGO PERMANENTE

La señalización se efectuará mediante franjas alternas amarillas y negras. Las franjas deberán tener una inclinación aproximada de 45° y ser de dimensiones similares de acuerdo con el siguiente modelo:



20.1.5. Instalación de los transformadores.

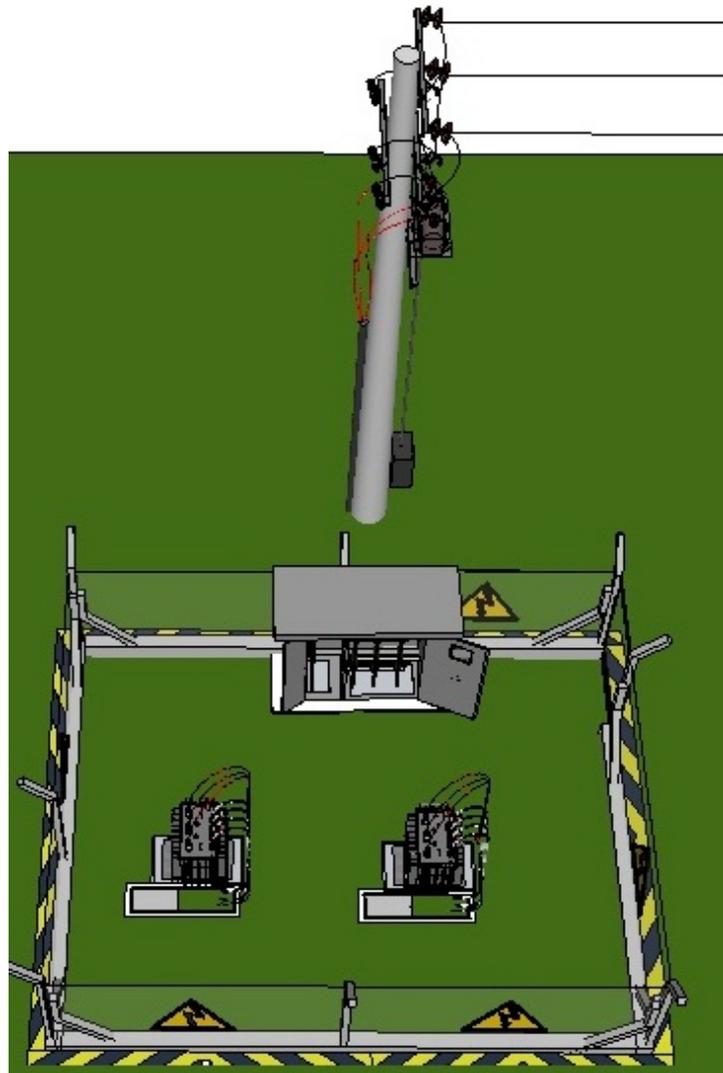
Se dispondrán sobre una base de resistencia adecuada de 10 cm de altura sobre el terreno, en rieles de apoyo. Para esto se utilizaran perfiles normalizados IPN100.

En el capítulo 7.8.1 inciso “d” de la norma AEA 95401 indica que no es necesaria la cuba de contención de aceite para transformadores con capacidades menores a 1000 l (mil litros) de aceite mineral.

La distancia entre transformadores será la requerida en la norma de la AEA 95401 tabla 7.8a, para volúmenes de hasta 2000 l de aceite mineral, la distancia requerida es de 3 metros.

Tabla 7.8 a – Distancias de transformadores a paredes

Volumen de líquido	Distancia respecto de paredes no combustibles u otros transformadores	Distancia respecto de paredes o elementos combustibles
Hasta 2000 l	3 m	7,6 m
Mas de 2000 l hasta 20000 l	5 m	10 m



21. Disposiciones particulares para la solicitud del servicio.

A continuación se detallan los puntos principales para la obtención del servicio eléctrico para usuarios particulares de grandes demandas según el reglamento general para el suministro de energía eléctrica de la empresa proveedora de la zona, Dirección Provincial de Energía de Corrientes (“DPEC”).

- a) Solicitud de servicio: Podrán solicitar y habilitar un suministro eléctrico las personas físicas o de existencia ideal que se ajustaren a lo requerido en el RGSE y las prescripciones del presente anexo. Para solicitar y habilitar un suministro con una demanda máxima requerida superior a 50 kW el solicitante deberá obtener previamente el informe de factibilidad técnica de suministro.
- b) Factibilidad técnica de suministro: Por la misma, la DPEC autorizará la conexión de tales cargas a las redes de distribución existentes en el punto de suministro, en los casos en que la capacidad de transporte de dichas redes sean adecuadas, o establecerá las obras adicionales a realizar en el caso de que esto no ocurra o las redes no existan, de modo de asegurar la provisión del servicio en las condiciones adecuadas de calidad y seguridad. La DPEC no dará curso a solicitudes de suministro ni habilitará conexiones sin que la factibilidad se otorgue y sin que se realicen y habiliten previamente las obras que se establezcan en la misma. Para la obtención de la factibilidad el solicitante deberá iniciar el correspondiente expediente administrativo o el mecanismo que la DPEC establezca, efectuando la presentación que contenga:
 - Nota dirigida a la DPEC, donde se indicarán los datos del solicitante, el carácter del suministro y la potencia requerida y demás características técnicas.
 - Memoria descriptiva de la instalación.
 - Plano de instalación eléctrica a presentar a la municipalidad y documentación complementaria, de los cuales se obtengan los siguientes datos:
 - Factor o factores de simultaneidad adoptados.
 - Diagrama unifilar de la instalación, con detalle de circuitos y protecciones.
 - Descripción de la acometida, el alimentador principal y el interruptor general.
 - Detalles y diagramas unificables de tableros, gabinete de medición o caja de toma.
 - Croquis y dimensionamiento de gabinetes.
 - Memoria, planos y anteproyecto de instalaciones de transformación si se previera en esta etapa.
 - Constancia de pago de la tasa administrativa si correspondiere.

- Cualquier otro detalle, que se estime necesario o clarificador para evaluar la instalación y la carga demandada.

Desde la recepción del pedido de factibilidad la DPEC emitirá su informe dentro de los treinta (30) días corridos posteriores.

Cuando la solicitud no sea clara, no cumplimente con los requisitos mínimos o incluya errores a criterio de la DPEC se informará al solicitante para su corrección volviendo el plazo inicial para expedirse contado a partir de la fecha recepción de las actuaciones corregidas.

La factibilidad tendrá una vigencia de ocho (8) meses de la fecha de emisión. Cumplido este plazo, y no habiendo pedido de actualización, la misma caducará y será necesario un nuevo pedido si se insistiera en la solicitud.

De acuerdo a lo establecido por el informe de factibilidad, la DPEC podrá convenir con el solicitante o usuario las tareas de construcción o provisión de nuevas redes o elementos o readecuación de existentes según lo indicado en el Art. 4-1 del RGSE.

- c) Proyecto: Una vez otorgada la factibilidad de suministro, y aceptada expresamente por el solicitante, éste deberá presentar, dentro del plazo de vigencia, el proyecto ejecutivo de las construcciones propuestas, atendiendo a las condiciones de la factibilidad y a las especificaciones técnicas para el proyecto y construcción de las instalaciones que intervienen en la infraestructura eléctrica. El proyecto incluirá como mínimo los siguientes puntos:
- Diagramas unifilares de la red primaria o nexos en media o alta tensión si existiera, subestaciones transformadoras si correspondieren, e instalaciones internas.
 - Planos en planta y detalles de las instalaciones de acometida y medición.
 - Plano de instalación eléctrica de las instalaciones internas.
 - Detalles constructivos de acometida y puesta a tierra.
 - Detalles y datos garantizados y / o certificaciones de los elementos a instalar, consignando marca, tipo y procedencia.

21.1. Acometida desde la red de media tensión.

El diseño de la acometida desde la red de media tensión se lleva a cabo según el reglamento general para el suministro de energía eléctrica de la “DPEC”, el cual contempla los siguientes ítems.

- A efectos de definir los límites jurisdicciones y responsabilidades de operación y mantenimiento de instalaciones entre el usuario del servicio y la DPEC, se considera como frontera eléctrica a los bornes del elemento de seccionamiento que se encuentre inmediatamente aguas abajo del último elemento de medición del suministro. Por lo tanto, la frontera eléctrica será el borne de seccionamiento previo al borne primario del transformador de potencia, por ser un suministro en media tensión.
- La acometida en media tensión podrá preverse tanto aérea como subterránea, dependiendo de las características de la red de suministro. La forma de vinculación se adaptará a la carga a suministrar, la disponibilidad de espacio y a las condiciones de servicio requeridas. El solicitante de la factibilidad deberá detallar, además de las citadas, la totalidad de los elementos que conformarán sus instalaciones de media tensión así como el análisis de la elección de sitio, elementos de protección y maniobra e instalaciones civiles previstas. Se tendrán especialmente en cuenta los valores de puesta a tierra, las distancias eléctricas admitidas y toda otra característica que hagan confiable a la instalación contra accidentes.
- El titular del suministro deberá poner a disposición de la DPEC un área física destinada a la medición, de dimensiones adecuadas para el montaje de los transformadores de tensión y corriente y sus celdas o elementos de soporte, así como del gabinete en el que se instalará el equipo de medición. La provisión de todos estos elementos estará a cargo del usuario, a excepción del equipo de medición, que será provisto por la DPEC. Esta área deberá estar ubicada sobre línea municipal o área pública, o bien, si esto no fuera posible o conveniente y con autorización expresa de la DPEC, en lugar de fácil acceso, de modo de permitir la inspección y lectura de los elementos.
- El lugar destinado a la vinculación, el espacio físico expresamente dispuesto para la medición, y el cálculo y descripción de características de los elementos de medición (a excepción del equipo de medición) se especificarán en el proyecto ejecutivo.

21.1.2. Gabinetes para medidores.

- Será íntegramente construido en material aislante alveolar, con protección contra radiación ultravioleta, auto extingible, opaco, con refuerzos en los puntos donde se alojarán los tornillos para sujetar el soporte o los soportes del equipo de medición. Las medidas serán como mínimo 600 mm de alto, 500 mm de ancho y 230 mm de profundidad.
- Contará con tapa de policarbonato del mismo material, con un ángulo de apertura mínimo de 90°. Dispondrá de un área transparente en la parte central para permitir la inspección visual completa de los elementos de medición y los orificios e insertos necesarios para poder ser precintada. Como alternativa, se aceptará la instalación de una contratapa interior abisagrada de policarbonato transparente precintable, de modo de permitir la función de visualización de los elementos de medición sin tener acceso a los mismos.
- En el caso que se utilicen gabinetes metálicos, como excepción justificada en el proyecto ejecutivo, se conectarán rígidamente a tierra manteniendo un valor de resistencia óhmica máxima de 3 Ω (tres ohm) o el valor que resulte del cálculo de corto circuito de manera de asegurar tensiones de paso y de contacto exigido por normas. Se deberá practicar en la tapa principal una abertura rectangular con tapa de policarbonato vinculada mediante elementos no extraíbles y sellada de modo de obtener estanqueidad, a efectos de la inspección visual de los elementos de medición.
- El conjunto caja – tapa deberá contar con la estanqueidad requerida por la Norma IRAM 2066 y grado de protección IP54.
- Deberá ser capaz de soportar una carga distribuida mínima de 100kg en su cara superior manteniendo el marco o la parte superior rígida de manera de permitir la normal operación de cierre y apertura en estas condiciones.

21.2. Descripción de acometida y puesto de medida indirecto en media tensión.

Se considera como punto de partida, para hacer esta descripción, el poste de retención de la línea de 33 kV ubicado junto al cerco que rodea el área destinada a la instalación de la subestación.

Los distintos elementos y la disposición de los mismos es tal que se cumpla con los requisitos impuestos en la normativa de la AEA 95401 y además estén de acuerdo con la reglamentación establecida por la empresa proveedora de energía, DPEC.

Desde el punto de retención de la línea de media tensión se deriva un conductor por fase, donde cada uno de ellos llegara a un seccionador fusible.

Preparó: Dalle Tezze, cristian – Korell, Matias.	Revisó:	Aprobó:	Página 313 de 375
--	---------	---------	-------------------

Los bornes de entradas del seccionador fusible estarán conectados a descargadores de sobretensión.

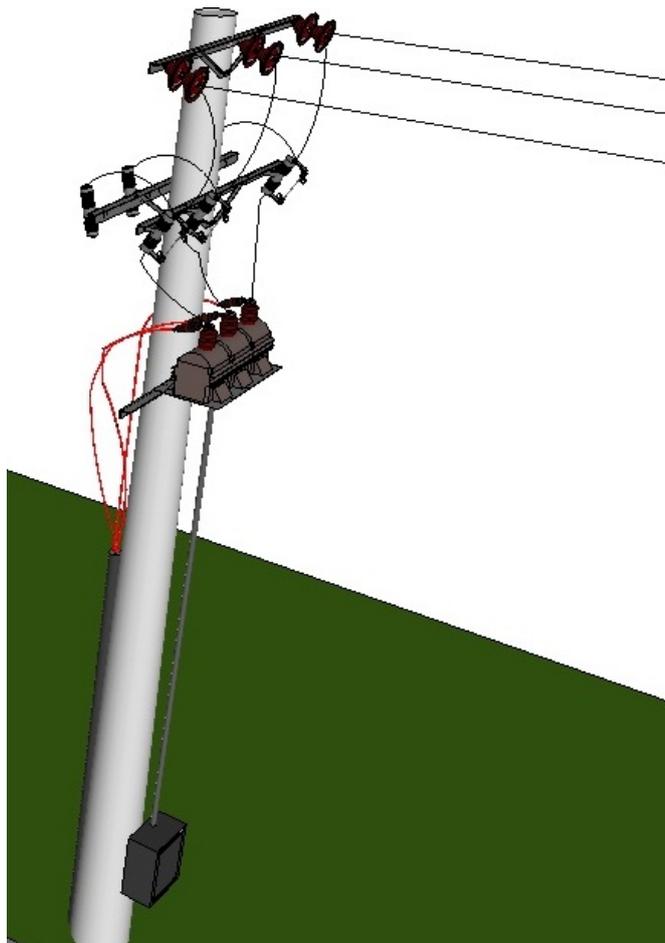
Desde los bornes de salida de este punto de seccionamiento se llega a los transformadores de medición, a partir de los cuales se pasa con los conductores de potencia hasta las celdas de media tensión, a través de conductores subterráneos, y desde estas se llegara a los transformadores.

La salida de los bornes secundarios de los transformadores de medición se conectarán a los del medidor de energía, el cual estará ubicado en un gabinete sujeto al poste de hormigón armado, quedando su base inferior a una altura de 1,2 metros sobre el nivel del piso.

Los transformadores de medición son un modulo de transformación compacto de tensión y corriente.

Tanto las carcasas y estructuras metálicas como así también los descargadores estarán debidamente conectados a tierra.

Este esquema de conexión lo vemos reflejado en la siguiente figura:



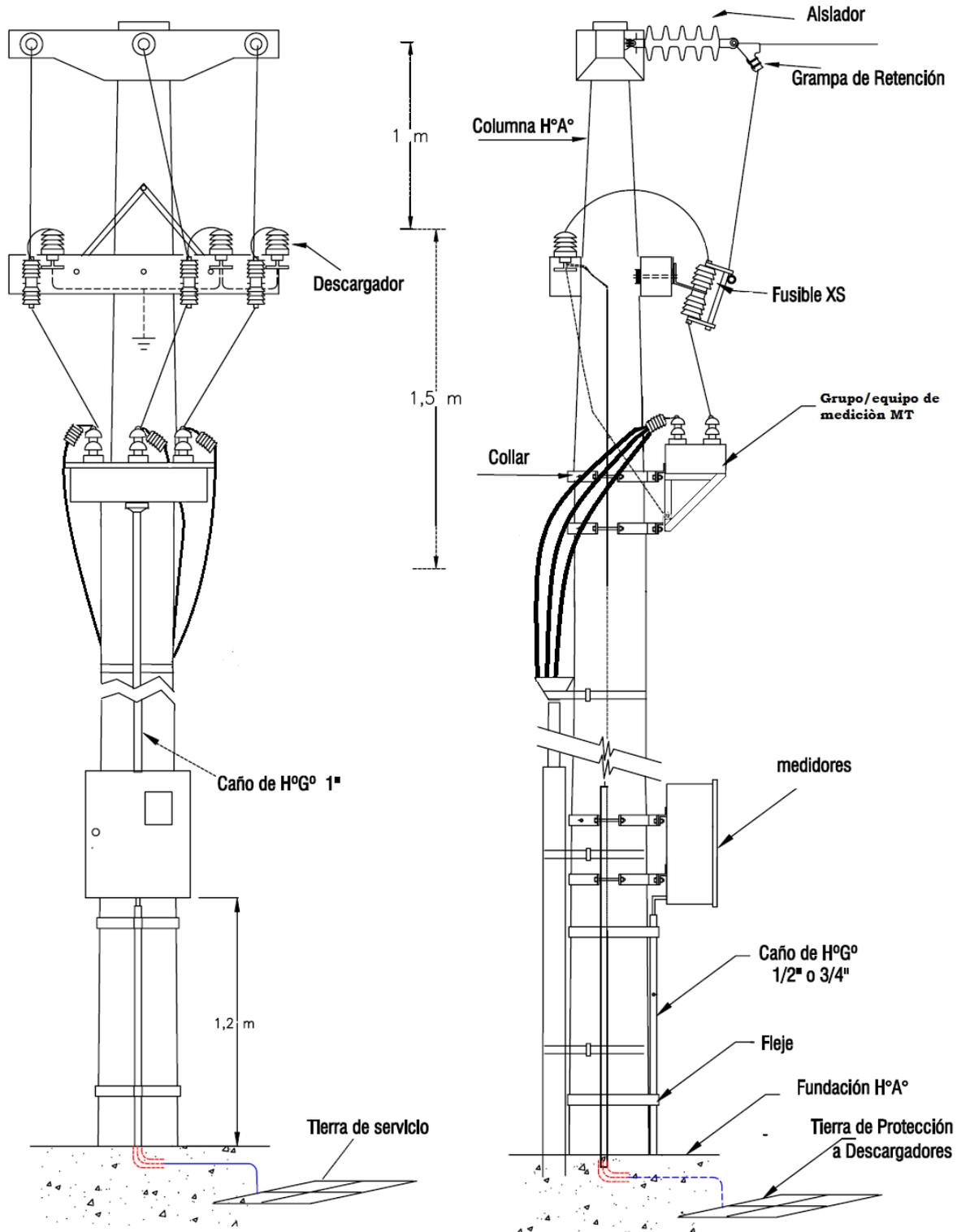
21.2.2. Diseño de la acometida y puesto de medición.

De acuerdo con las exigencias de la normativa de la AEA 95401, la cual indica que se deberán colocar aguas arriba de los transformadores de medición un punto de seccionamiento, además de la protección contra sobretensiones y de ser necesario contra sobrecorriente. También se debe disponer aguas abajo de los transformadores de medición un punto de seccionamiento propio del usuario.

Por lo tanto a fin de cumplir con dicha normativa los elementos que compondrán esta parte de la instalación y que deben ser seleccionados son:

- Seccionador fusible.
- Descargadores de sobretensión.
- Transformadores de tensión para medida.
- Transformadores de corriente para medida.
- Gabinete para medidor de energía.
- Celda de media tensión para acometida.
- Celda de media tensión para seccionamiento.

PUESTO DE MEDICIÓN INDIRECTO MT



21.2.2.1. Modulo de transformación para medida (TI-TV).

Con la finalidad de reducir los valores de tensión y corriente, para así llevar estas señales al medidor de energía, se colocarán equipos de medición.

Para la selección de estos equipos se debe considerar la tensión de servicio de la línea, en este caso 33 kV, como así también la corriente nominal primaria, siendo la corriente nominal de cada transformador instalado de 7 A, la corriente nominal primaria será de unos 14 A.

Con los datos del párrafo anterior se seleccionó un equipo de medición de la marca "TAIT S.A", modelo ECU 36.

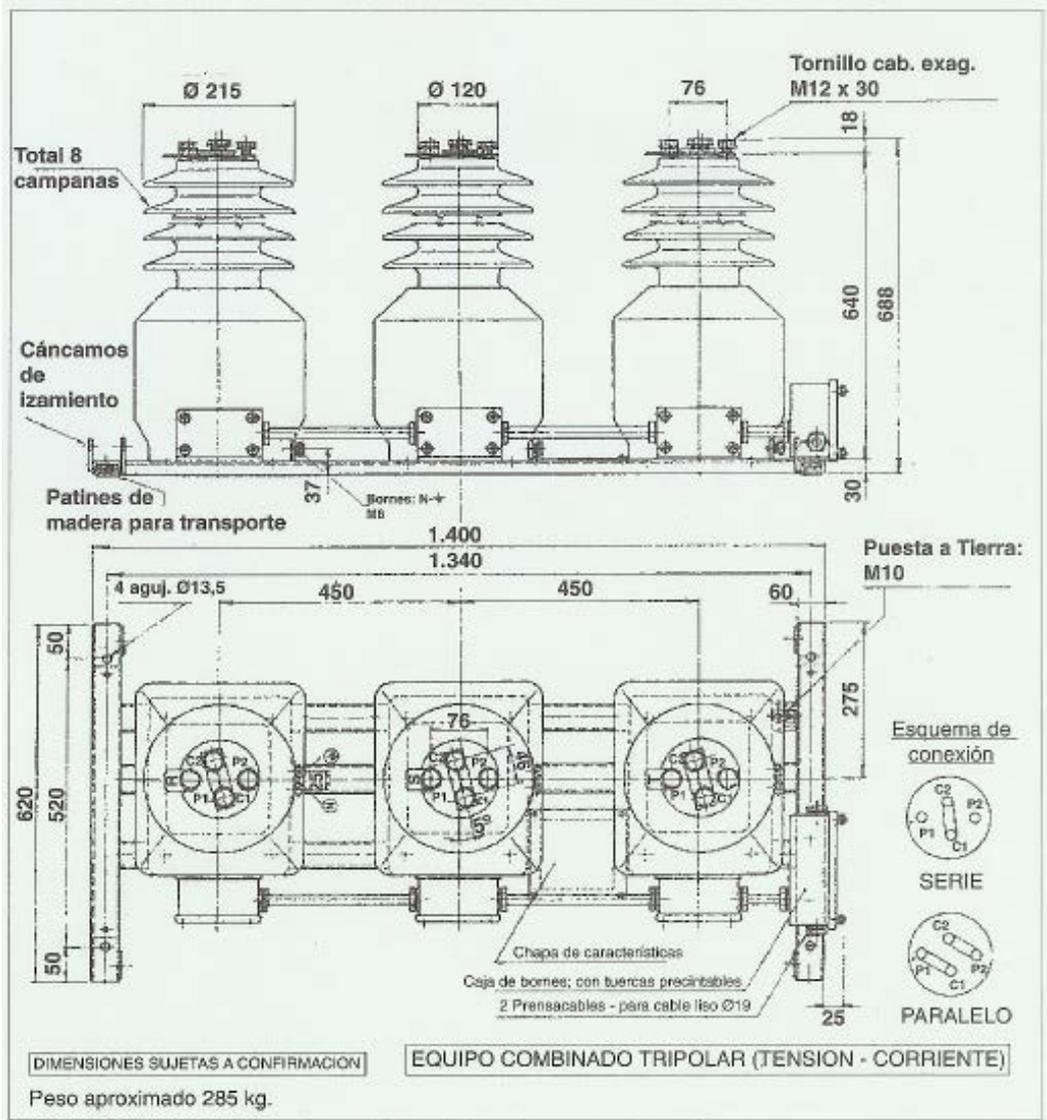
Estos equipos de medición están compuestos por tres módulos combinados de tensión y de corriente montados sobre un bastidor único, debidamente cableados y aptos para instalaciones de uso intemperie.

Características:

Tensión Máxima de Servicio [kV]	36
Tensión Secundaria [V]	$110/\sqrt{3}$
Corriente Primaria [A]	5 a 500
Corriente Secundaria [A]	1 ó 5
Corriente de cortocircuito	80 In
Clase	0,2
Potencia [VA]	30
Peso aproximado [Kg]	285



Dimensiones:



21.2.2.2. Gabinete para medidor de energía.

De acuerdo con lo reglamentado las dimensiones mínimas de esta caja deberán ser de 600 mm de alto, 500 mm de ancho y 230 mm de profundidad.

Por lo cual se opto por un gabinete para medición provisto por la empresa "Dacroce".

- Código del gabinete: 63019031.
- Medidas: 640x520x230.



CODIGO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES
63019031	Gabinete para Medición	640x520x230

Descripción del modelo: Son gabinetes aptos para alojar medidores polifásicos multihorarios y medidores de control con sus borneras de contraste y demás elementos de protección.

21.2.2.3. Seccionador fusible.

Seccionador autodesconectador tipo xs.

- El seccionador Tipo XS combinado con fusibles Positrol provee una protección completa o de amplio espectro, para todo tipo de fallas en sistemas de distribución aérea de 13,2 a 33 kv.
- Tienen aplicación en transformadores, bancos de capacitores, cables y líneas.
- El término "protección de alto espectro" indica que el seccionador interrumpe todas las fallas, desde la más baja corriente que funde el fusible Positrol, hasta la capacidad de interrupción máxima, bajo todas las condiciones de tensión transitoria de recuperación (TTR).

- Todos los seccionadores tipo XS emplean un innovador desarrollo de apertura sencilla, hacia abajo, una característica especialmente importante donde el escape de gases debe mantenerse fuera de las otras fases.
- Su robustez lo hace extremadamente confiable frente a altas corrientes de falla, soportando los esfuerzos a los cuales puede ser sometido por el uso.



Una característica distintiva es que su contacto superior e inferior son plateados y ajustados por un resorte de respaldo que provee alta presión de contacto, con superficies realzadas para una acción auto limpiante eficiente, arrojando como resultado una mínima resistencia eléctrica de contacto.

Corriente de cortocircuito en la acometida.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito (I_K) en la acometida de la línea consideramos para los cálculos una potencia de cortocircuito de la línea de 500MVA, debido a la falta de información de la red de suministro.

La corriente de cortocircuito (I_K) viene dada por la expresión:

$$I_K = \frac{S_l[MVA]}{\sqrt{3} \cdot U[KV]} = [kA].$$

$$I_K = \frac{500MVA}{\sqrt{3} \cdot 33KV} = 8,75 kA.$$

Con este valor de corriente ($I_K = 8,75$ kA) se seleccionan tres seccionadores autodesconectores tipo XS unipolares para tensión nominal 34,5 kV y una corriente nominal de 100 A, provisto por "Fammie Fami S.A".

Modelo	Tensión Nominal (Kv)	Corriente Nominal (A)	Interrupción Asimétrica (kA)	Nivel de Asilación (Kv BIL)
89031	14.4	100	16	110
89032	25	100	12	125
89072	25	200	10	125
89053	34.5	100	12	170

Características:

- Tensión nominal: 34,5 kV.
- Corriente nominal: 100 A.
- Modelo: 89053.
- Poder de ruptura: 12 KA.

Se puede observar que el poder de ruptura del seccionador fusible es mayor a la corriente de cortocircuito calculada para este punto.

Selección del fusible.

Los fusibles de MT son los únicos elementos de esta apartada de MT, que además de poder cortar corrientes de cortocircuito, son capaces de limitarlas en su valor, debido a que pueden interrumpir la corriente en tiempos inferiores a un cuarto de periodo (5 ms a 50Hz), y por tanto la corriente no llega a su valor cresta.

Bajo condiciones ambientales normales (T no superior a 40°C), la corriente nominal del fusible no debe ser menor a 1,3 veces la corriente nominal del transformador.

Por lo general se selecciona el fusible dentro de los siguientes rangos:

$$1,3 \cdot I_{ntrafo} \leq I_{n\text{fusible}} \leq 1,5 \cdot I_{ntrafo}.$$

Según la AEA 95401, se recomienda que la corriente nominal sea igual al 140% de la corriente nominal del transformador.

A partir de estas consideraciones la corriente para la selección de los fusibles debe ser:

La ecuación que nos da la corriente nominal es:

$$I_n = \frac{S[KVA]}{\sqrt{3} \cdot U[KV]} = [A].$$

La potencia de cada transformador instalado es de 400 KVA, por lo tanto la corriente será:

$$I_n = \frac{400KVA}{\sqrt{3} \cdot 33KV} = 7 A.$$

Para la selección del fusible, su corriente nominal deberá encontrarse en el rango de:

$$1,3 \cdot I_{ntrafo} \leq I_{n\text{fusible}} \leq 1,5 \cdot I_{ntrafo}$$

Entonces la corriente del fusible recomendada para la protección de la línea de media tensión desde la acometida hasta la celda de seccionamiento de media tensión es:

$$I_f = I_n \cdot 1,4$$

$$I_f = 7 A \cdot 1,4 = 9,8 A \approx 10 A.$$

Elemento fusible Positrol.

No es afectado por el tiempo, vibraciones o corrientes de descarga que calienten el elemento hasta el punto de corte, por lo que es inalterable, operando únicamente cuando debe hacerlo, eliminando parpadeos y apagones. La inalterabilidad de las curvas de Tiempo-Corriente (TCC) han sido demostradas repetidas veces con exhaustivos ensayos simulando las condiciones de servicio a lo largo de la vida de un fusible.

Se selecciona fusible para seccionador, portafusible autodesconectador, marca Positrol, el cual posee las características siguientes:

- Fabricante: FAMI FAMI S.A.
- Tensión: 33kV.
- Corriente nominal: 10 A.
- Modelo: UNIVERSAL 23" (584 mm).
- Código: 364020.



EQUIPO ELEMENTO FUSIBLE PARA SECC. PORTAFUSIBLE AUTODESCONECTADOR, MARCA POSITROL

DESCRIPCION			UNID	GARANTIZADOS
1	1	Fabricante		FAMMIE FAMI S.A.
	2	Norma a la que responde		ANSI C37,42
	3	Marca registrada		POSITROL
	4	Tipo		Lamina fusible
2	1	Tensión nominal	A	1 a 200
	2	Velocidad de fusión		Std – K – QR – T
	3	Tensión de servicio	kV	6,6 a 33
	4	Tensión de servicio máxima	kV	7,2 a 36
	5	Tensiones nominales	kV	6,6 – 13,2 – 33
	6	Consumo nominal	W	1A = 0,4 y 100A = 0,7
3	1	Diámetro de la cabeza terminal	mm	19,1
	2	Diámetro exterior máximo del tubo de fusión	mm	1 a 50= 8 y 65 a 100= 11
	3	Largo total mínimo del elemento fusible	mm	585
	4	Tracción mecánica permanente de servicio	kg	4,5
	5	Tracción mecánica de ruptura	kg	Mínimo = 6

Style	Speed	Rating, Amperes	Catalog Number①
Universal (Usable in Positrect®)  23-Inch (584-mm) Overall Length	S&C Standard	1 through 100	364xxx

21.2.2.4. Descargadores de sobre tensión.

Para la protección contra sobretensiones atmosféricas y de funcionamiento de conmutadores de alta tensión, de transformadores y otros equipos en redes de alta tensión, se utilizarán descargadores de sobretensión marca ABB.

Estos descargadores son aptos para aplicaciones con requisitos moderados de intensidad de descarga, capacidad de energía y contaminación.

Adamas presentan un excelente funcionamiento para aplicaciones con requisitos de bajo peso, espacios reducidos, montaje flexible, robustez y seguridad adicional del personal.

Características del modelo seleccionado:

- Marca: ABB.
- Modelo: PEXLIM R.
- Envoltura polimérica.
- Uso exterior e interior.
- Onda de impulso de corriente de 10 kA.
- Tensión nominal: 18 -144 KV.

Descargadores con revestimiento de silicón

PEXLIM R

Datos de protección garantizados

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE	1 s	10 s	30/60 µs		8/20 µs				
U_m kV _{rms}	U_r kV _{rms}	U_c kV _{rms}	MCOV kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	0,5 kA kV _{pico}	1 kA kV _{pico}	2 kA kV _{pico}	5 kA kV _{pico}	10 kA kV _{pico}	20 kA kV _{pico}	40 kA kV _{pico}
24 ³⁾	18	14,4	15,3	20,7	19,8	37,1	38,5	40,3	44,0	46,7	52,3	59,7
	21	16,8	17,0	24,1	23,1	43,2	44,9	47,0	51,3	54,4	61,0	69,7
	24	19,2	19,5	27,6	26,4	49,4	51,3	53,8	58,7	62,2	69,7	79,6
	27	21,6	22,0	31,0	29,7	55,6	57,7	60,5	66,0	70,0	78,4	89,6
36 ³⁾	30	24,0	24,4	34,5	33,0	61,7	64,2	67,2	73,3	77,7	87,1	100
	33	26,4	26,7	37,9	36,3	67,9	70,6	73,9	80,6	85,5	95,8	110
	36	28,8	29,0	41,4	39,0	74,1	77,0	80,6	88,0	93,3	108	120
	39	31,2	31,5	44,8	42,9	80,3	83,4	87,3	95,3	102	114	130
	42	34	34,0	48,3	46,2	86,4	89,8	94,0	103	109	122	140
	48	38	39,0	55,2	52,8	98,8	103	108	118	125	140	160
52	42	34	34,0	48,3	46,2	86,4	89,8	94,0	103	109	122	140
	48	38	39,0	55,2	52,8	98,8	103	108	118	125	140	160
	51	41	41,3	58,6	56,1	105	109	115	125	133	148	170
	54	43	42,0	62,1	59,4	112	116	121	132	140	157	180
	60	48	48,0	69,0	66,0	124	129	135	147	156	175	199
	66	53	53,4	75,9	72,6	136	142	148	162	171	192	219

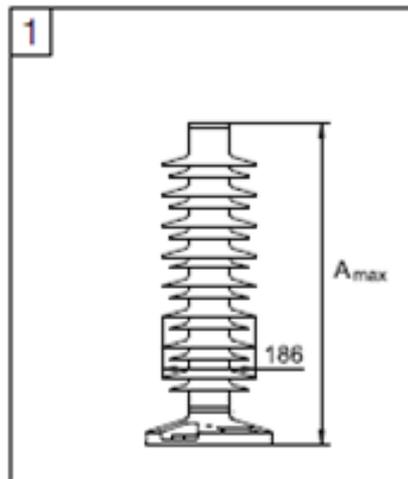
PEXLIM R

Descargadores con revestimiento de silicón

Datos técnicos de los revestimientos

Tensión máxima de red U_m kV _{rms}	Tensión nominal U_r kV _{rms}	Revestimiento	Línea de fuga mm	Resistencia del				Dimensiones				
				1,2/50 μ s seco kV _{pico}	50 Hz húmedo (60s) kV _{rms}	60 Hz húmedo (10s) kV _{rms}	250/2.500 μ s húmedo kV _{pico}	Masa kg	$A_{m\acute{a}x.}$	B	C	Fig.
24	18-27	YV024	1863	310	150	150	250	13	641	-	-	1
36	30-48	YV036	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
52	42-60	YV052	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
	66	YV052	2270	370	180	180	300	16	727	-	-	1
72	54-60	YH072	1863	310	150	150	250	14	641	-	-	1
	54-72	YV072	2270	370	180	180	300	16	727	-	-	1
	75-96	YV072	3726	620	300	300	500	24	1216	-	-	2
100	75-96	YV100	3726	620	300	300	500	24	1216	-	-	2

Dimensiones:



21.3. Celdas de Media Tensión.

Para la acometida hacia los transformadores se colocaran, entre la salida de los transformadores de medición y los transformadores de potencia, tres celdas de media tensión, una celda de acometida de cables y dos celdas de seccionamiento, una para cada transformador instalado.

Estas celdas se encontraran situadas en una casilla destinada para tal fin, la cual se encuentra dispuesta dentro del cerco perimetral de la subestación transformadora.

21.3.2. Celda de acometida.

Este celda se seleccionó del catalogo de la marca "TIPEM", las cuales son fabricadas para este uso específico. Estas celdas poseen las siguientes características:

Las celdas SYStem-6 Tipem son unidades modulares normalizadas de media tensión para el uso en diversos proyectos eléctricos vinculados con la construcción de subestaciones transformadoras de MT / BT de uso interior y la distribución de energía eléctrica pública e industrial con rangos de tensión posibles entre 3 y 36 kV.

Su diseño se basa en el concepto de la seguridad de las personas y de los bienes. Las reducidas dimensiones les permiten ser instaladas en salas pequeñas, obteniendo un adecuado aprovechamiento de los espacios, y consiguiendo así resolver situaciones complejas. El grado de protección es IP2X, y el acceso es exclusivamente frontal tanto para la operación como para el mantenimiento.

Son fabricadas de acuerdo con las normas IEC 62271 (ex IEC 298), 60265, 60129, 60694, 60420, 60056, 61958, con los procedimientos constructivos más evolucionados, para cumplir las exigencias de los proyectos de distribución eléctrica, proveyendo a los usuarios de una gama completa de tipo de celdas.

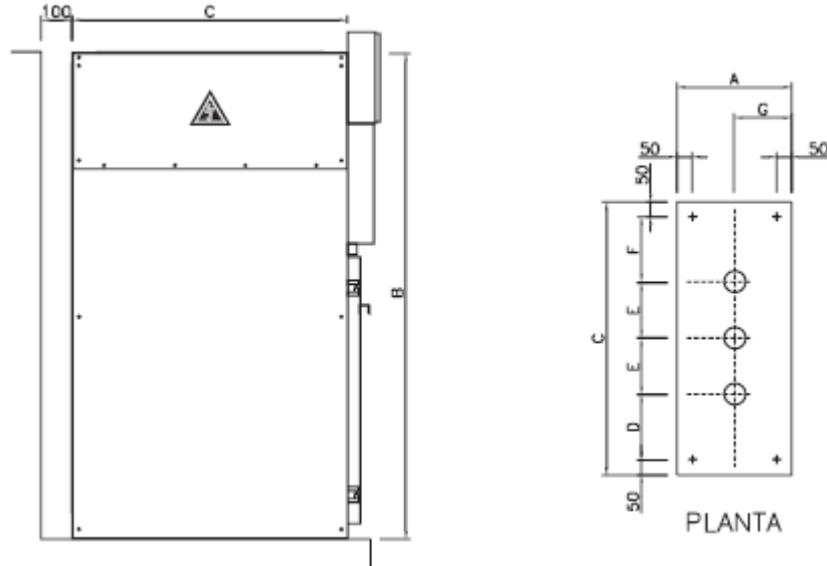
Por lo tanto se optó por una celda de acometida de cables, AS, SYStem-6 Tipem para una tensión nominal de 36 kV, la cual viene equipada de:

- Sistemas de barra.
- Resistencia calefactora 220 Vca 50 W.
- Indicador de presencia de tensión.



Dimensiones:

CARACTERISTICAS FISICAS									
Tension Nominal (kV)	Tipo de Celda	Grado de protección	Dimensiones (mm)						
			A	B	C	D	E	F	G
36	AS	IP2X	750	2250	1400	350	350	350	375



21.3.3. Celda de seccionamiento.

Se trata de celdas de maniobra compartimentadas bajo cubierta metálica, aisladas en aire, con seccionadores bajo carga aislados en SF6, y / o interruptores de operación en SF6 o vacío, que se pueden complementar con equipos de medición, protección, etc.

Este celda se seleccionó del catalogo de la marca "TIPEM", las cuales son fabricadas para este uso específico. En este caso se opto por una celda de seccionamiento, I, SYStem-6 Tipen para una tensión nominal de 36 kV, la cual viene equipada de:

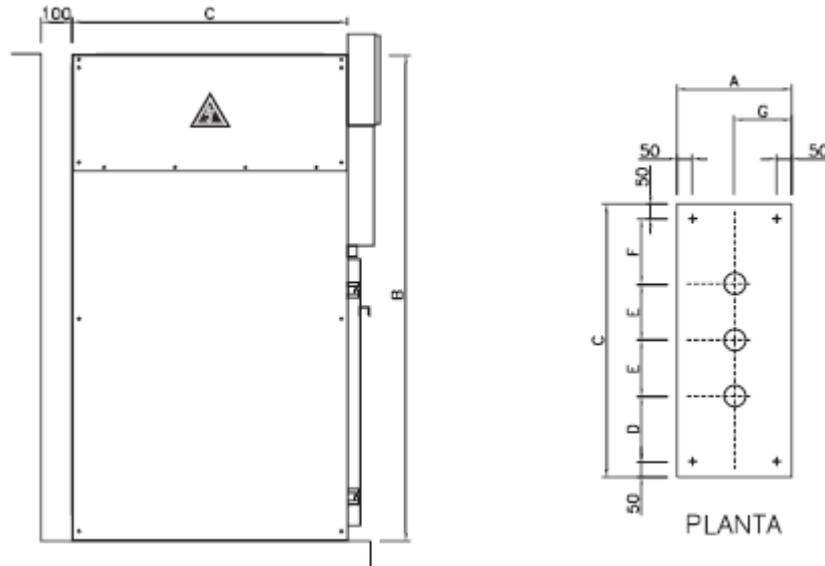
- Sistema de barras.
- Seccionador bajo carga IM6.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Bloqueo a candado.
- Indicador de presencia de tensión.
- Resistencia calefactora 220 Vca 50W.



CARACTERISTICAS ELECTRICAS		
Tensión nominal (kV)		36
Nivel de Aislacion 50 Hz 1 min. (kV eficaz)	Aislamiento	70
	Seccionamiento	80
Nivel de Aislacion 1,2/50 ms (kV cresta)	Aislamiento	170
	Seccionamiento	195
Corriente nominal (A)		400
Corriente de breve duración admisible 1 min. (kA)		12,5
Resistencia al arco interno (kA)		12,5
Poder de cierre (kA)		31,5
Carga principalmente activa		400
Poder de interrupción (A)	Carga de anillo	400
	Transformador en vacío	6,3
	Cable en vacío	16

Dimensiones:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS									
Tension Nominal (kV)	Tipo de Celda	Grado de protección	Dimensiones (mm)						
			A	B	C	D	E	F	G
36	I	IP2X	750	2250	1400	350	350	350	375



Características del seccionador bajo carga incluido en la celda:

Los seccionadores bajo carga son de origen Italiano, fabricados por SAREL en Lody. En Argentina Tipem tiene el uso exclusivo de estos aparatos.

Estos aparatos utilizan el hexafloruro de azufre (SF6) a una presión de 0,5 bar como dieléctrico para el aislamiento y la interrupción. La parte activa está ubicada en un cuerpo aislante de resina epoxi, de acuerdo a las normas IEC para sistemas a presión sellados.

Los seccionadores bajo carga IM6 se caracterizan por su larga vida útil, no necesitar mantenimiento, seguridad de operación, y muy bajo nivel de sobretensiones.

Dentro del cuerpo aislante se ubica un árbol aislado que lleva montados los contactos móviles, mientras que los contactos fijos se montan directamente sobre el cuerpo aislante. El movimiento de rotación del árbol se obtiene a través del mecanismo de operación ubicado en el frente.

Estos aparatos poseen tres posiciones, cerrado, abierto, puesto a tierra, y poseen un sistema de enclavamientos que evitan las maniobras incorrectas.

Funcionamiento y enclavamientos: Los enclavamientos que poseen estas celdas, hacen que sus maniobras sean siempre correctas y seguras para el personal que las opera.

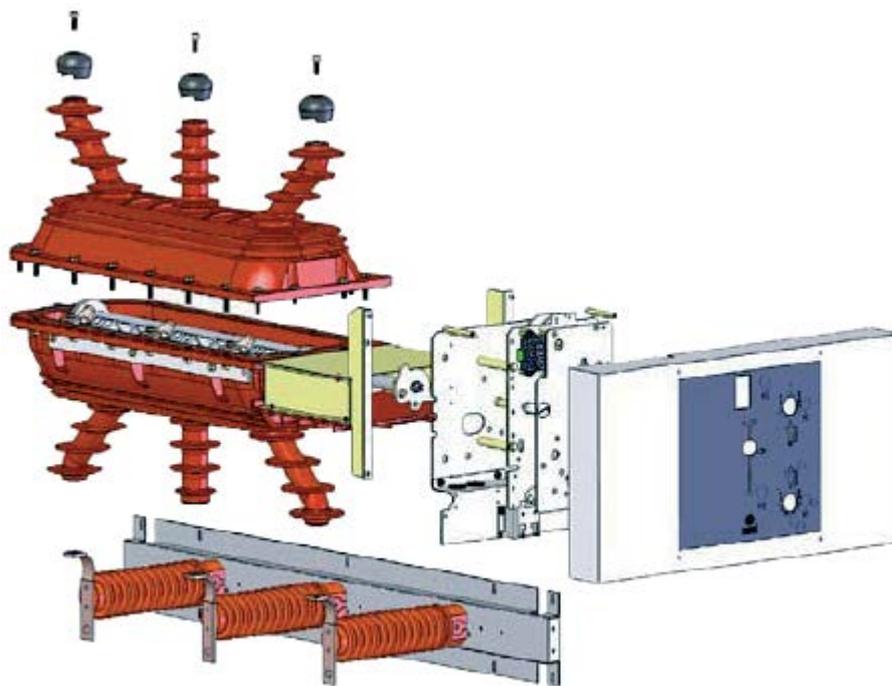
El seccionador bajo carga tiene tres posiciones de funcionamiento:

- Abierto.
- Conectado a barras.
- Conectado a tierra en sus bornes inferiores.

Para el caso del seccionador de tierra debajo de los fusibles, este acciona simultáneamente con la puesta a tierra de los bornes inferiores del seccionador principal.

Los enclavamientos son:

- No se puede abrir la puerta de la celda si no está colocado a tierra el seccionador. El visor de la puerta permite la verificación visual de la posición del seccionador.
- Solamente se puede cerrar el seccionador principal con la puerta cerrada.
- Es imposible abrir el seccionador de tierra con la puerta abierta.
- El accionamiento de los seccionadores puede bloquearse a candado.



Seccionador
36Kv

22. Tratamiento del neutro y puesta a tierra.

Un factor importante para la protección de personas es el tipo de aterramiento o puesta a tierra de la instalación, definido como esquemas de conexión a tierra (ECT). La reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles AEA 90364 de la Asociación Electrotécnica Argentina trata el tema en su sección 771.3.

Para clasificar los diferentes esquemas de conexión a tierra en baja tensión se utiliza la siguiente simbología:

La primera letra designa la situación del neutro de la instalación con relación a la tierra:

- T = el neutro está ligado directamente a la tierra.
- I = ningún punto de la alimentación está ligado a tierra, es decir, neutro aislado o vinculado por una impedancia de alto valor.

En cuanto a la segunda letra, ella indica la situación de las masas de la instalación eléctrica en relación a la tierra:

- T = las masas están ligadas directamente a tierra.
- N = las masas están ligadas al punto de alimentación aterrado, generalmente al neutro.

Las masas eléctricas, o parte conductora accesible, son las partes conductoras de un material o equipo eléctrico. Son susceptibles de ser tocadas y, normalmente, no están bajo tensión, pero pueden estarlo en caso de defecto o falla.

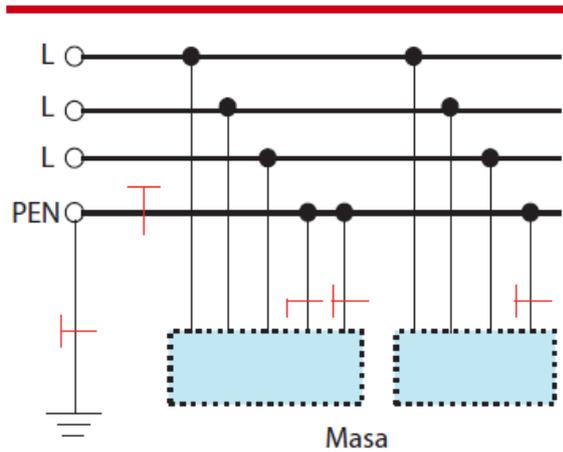
La tercera letra muestra la situación del conductor de neutro con relación al conductor de protección eléctrica o tierra (PE):

- S = el conductor neutro está separado del conductor PE.
- C = las funciones de neutro y protección están combinadas por un solo cable (PEN), situación combinada.

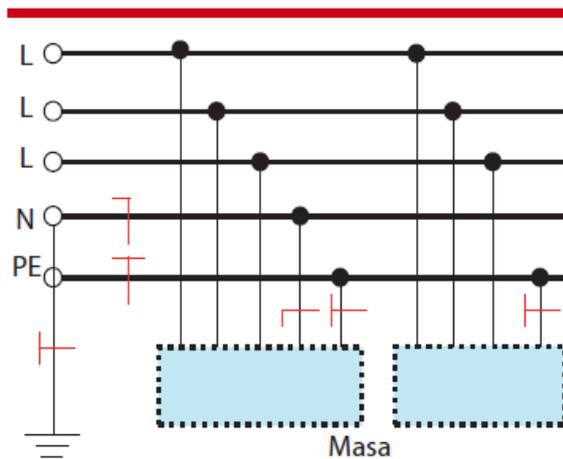
Esquemas TN-C, TN-S y TN-C-S.

En estos esquemas, el neutro está conectado a tierra y las masas eléctricas de las cargas se conectan a tierra a través del neutro.

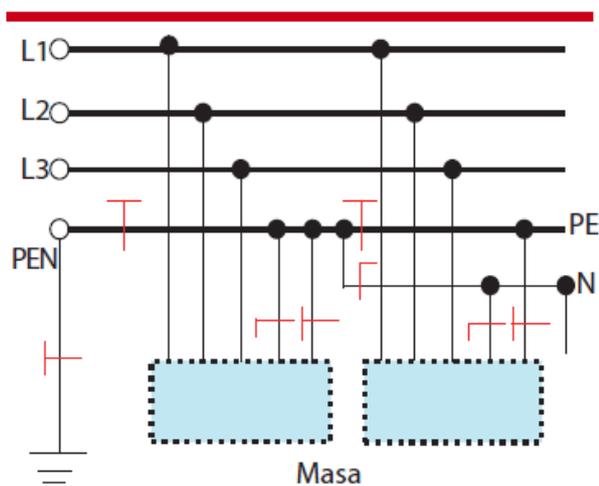
Esquema TN-C



Esquema TN-S



Esquema TN-C-S



Estos esquemas de conexión presentan corrientes de fuga a tierra del orden del cortocircuito entre fase y neutro.

Por tanto, está permitido utilizar dispositivos de protección de sobrecorrientes (interruptores, fusibles, etc.), para la detección de fugas a tierra.

Por presentar corrientes de fuga del orden del cortocircuito, no se recomiendan en lugares con riesgo de incendio. Estos tipos de aterramiento no están permitidos para alimentar inmuebles, desde la red pública de baja tensión.

Esquema TT.

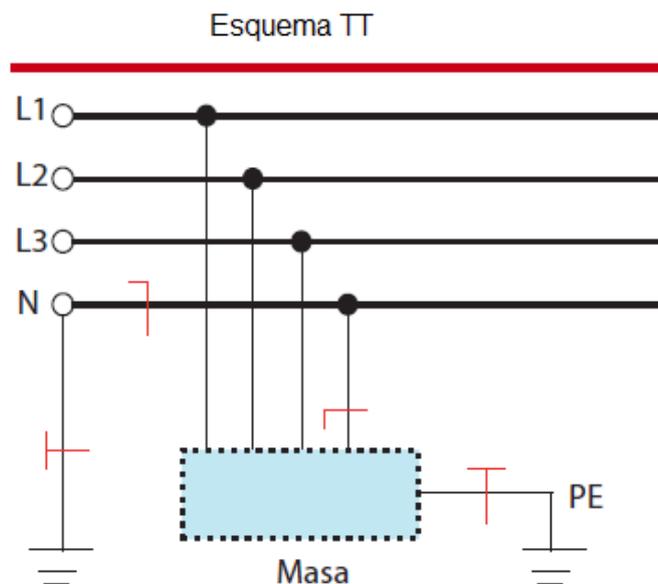
Según la reglamentación AEA 90364 de marzo 2006, el esquema TT es obligatorio en alimentaciones de baja tensión. En este tipo de aterramiento, el neutro se conecta a una tierra llamada "Tierra de Servicio" y las masas de las cargas se conectan a otra tierra distinta de la anterior, llamada "Tierra de Protección".

Ambas tierras deben estar lo suficientemente separadas para evitar los riesgos de transferencia de potenciales entre ellas.

En el esquema TT la corriente de fuga a tierra está limitada por:

- Resistencia del electrodo de aterramiento del neutro.
- Resistencia del electrodo de aterramiento de las masas o del conductor de protección (PE).
- Resistencia de los conductores (de fase, neutro y de protección) y la resistencia de la tierra misma por donde se cierra el circuito de la falla.

Las corrientes de fuga a tierra en un sistema TT son de órdenes muy inferiores a las de cortocircuito. Por lo tanto, no está permitido detectar corrientes de fuga con dispositivos de protección de sobrecorrientes. En este caso, se deben utilizar los interruptores diferenciales.



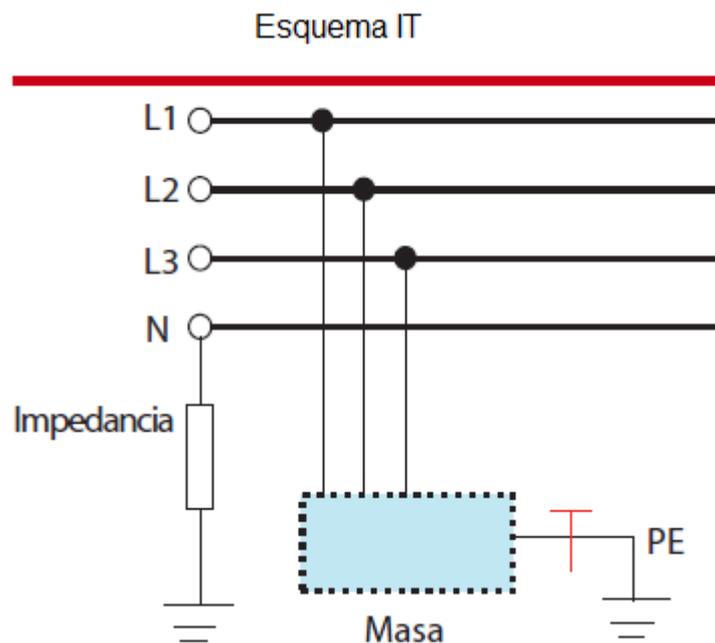
Esquema IT.

El esquema IT se implementa aislando el sistema de alimentación al de tierra o conectando un punto, generalmente el neutro, a través de una impedancia elevada.

Además, las masas eléctricas o partes conductoras accesibles de la instalación deben estar puestas a tierra, ya sea individualmente, por grupos o colectivamente. Es el esquema típico de laboratorios y áreas de usos médicos.

En el esquema IT, pueden ser utilizados los siguientes dispositivos de protección y control:

- Controladores o monitores de aislación.
- Dispositivos de protección contra las sobrecorrientes.
- Dispositivos de protección de corriente diferencial.
- Dispositivos de búsqueda de defectos.



22.1. Elección del régimen de neutro.

Debido a las condiciones de la instalación y las cercanías de los elementos que la componen se adoptó para el régimen de neutro la conexión TN-C.

23. Puesta a tierra de la SET.

Según la reglamentación de la AEA 95401, los sistemas de puesta a tierra asociados a los centros de transformación son:

Puesta a tierra de protección: Es el sistema de puestas a tierras de partes conductoras que normalmente no están bajo tensión, a este sistema se conecta todas las masas metálicas y partes conductoras ajenas, tales como gabinetes bastidores, postes estructuras, cercos perimetrales, etc.

Está destinada a proteger las personas, animales y bienes, evitando que aparezcan diferencias de potenciales peligrosos entre estas y respecto de tierra, en caso de un incidente.

Puesta a tierra de servicio: Es la puesta a tierra de un punto del circuito activo, que es necesaria para el normal funcionamiento de un equipo o instalación. En los centros de transformación es aquella destinada a conectar en forma permanente a tierra el centro estrella correspondiente al transformador y el conductor neutro de la red en MT o BT según corresponda.

23.1. Valores máximos de la resistencia de puesta a tierra.

Resistencia de puesta a tierra de protección: Las tomas de tierra de protección, a las que se conectaran las masas del lado de MT, deberá tener un valor máximo de 10 Ohm, además de garantizar un adecuado nivel de tensión de paso y contacto en caso de falla.

Resistencia de puesta a tierra de servicio: La resistencia total de puesta a tierra del neutro de la red de BT, debe ser tal que, ante contacto de un conductor de fase con la tierra o con una parte conductora extraña vinculada con la tierra, la sobretensión en fase sana no supere los valores admitidos por la aislación de las instalaciones y aparatos conectados, y que no permanezcan tensiones de contacto peligrosas en las masas de instalaciones de BT abastecidas en que se aplique el esquema de conexión TN.

Para la red de BT con tensión nominal 3x380 / 220 V, la tensión fase tierra máxima admitida es de 250 V, para lo cual la tensión entre neutro y tierra no debe superar los 50 V.

Preparó: Dalle Tezze, cristian – Korell, Matias.	Revisó:	Aprobó:	Página 336 de 375
--	---------	---------	-------------------

Debe además permitir la actuación de los interruptores por corriente diferencial de fuga de las instalaciones de BT abastecidas ante fallas a masa, sin que aparezca un desplazamiento de tensión de neutro.

Para sistemas de 3x380 / 220 V, con una resistencia total de puesta a tierra de neutro de 2 Ohm, estas condiciones se consideran satisfechas.

23.2. Sección mínima de los conductores de neutro en la SET.

Para sistemas con cuatro conductores, de hasta 16 mm², la sección del neutro deberá ser igual a la del conductor de fase, mientras que para secciones superiores el neutro deberá tener una sección la mitad de la correspondiente al conductor de fase, con un mínimo igual a 10 mm² para el cobre y 16 mm² para el aluminio.

Según el nivel de presencia de armónicos de secuencia homopolar puede requerirse secciones mayores para el neutro.

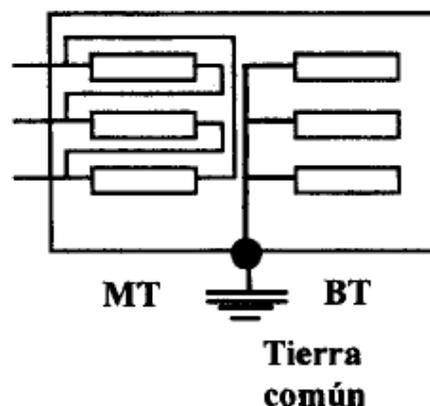
La continuidad del neutro no podrá ser interrumpida, salvo que esta interrupción sea realizada por interruptores o seccionadores que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en la fase.

La conexión del neutro a tierra se hará mediante una conexión derivada hasta la barra de tierra a la que acomete el conductor a tierra.

23.3. Diseño de la red de puesta a tierra.

Para la puesta a tierra del neutro de BT del transformador MT / BT se optó por una puesta a tierra unificada con la puesta a tierra de protección.

Sistema de tierra común



La red de tierra se conformará de una malla de dimensiones 30x30 m, en la cual los conductores se encontrarán espaciados unos 2 m a lo ancho y 2 m a lo largo.

Resultando una cantidad de conductores de la red:

- A lo largo de la malla: 16 conductores en paralelo.
- A lo ancho de la malla: 16 conductores en paralelo.

La cantidad en metros que se requiere para cubrir toda el área horizontal y vertical son los siguientes:

- 16 conductores x 30 m = 480 m.
- 16 conductores x 30 m = 480 m.

Los detalles de la red de puesta a tierra se encuentran en el Plano N° 14 “Malla de Puesta a Tierra”.

Contribución de las Jabalinas.

La jabalinas de neutros y descargadores se vinculan a la malla de tierra y deben ser tenidas en cuenta al determinar el valor total del sistema de puesta a tierra.

Asimismo, cuando es difícil alcanzar los valores pretendidos con la malla solamente, el uso de jabalinas es el recurso adecuado para alcanzar dichos valores.

Debido a su influencia mutua, la resistencia total de la combinación “red horizontal de conductores-electrodos verticales” es menor que cualquiera de los componentes separados pero mayor que la resistencia de su conexión en paralelo.

Optaremos en colocar 10 jabalinas de acero-cobre IRAM 2309 marca “GENROD” de dimensiones nominales 1/2” x 4500 mm, compuesta por 2 tramos, uno de 3000 mm y otro de 1500 mm. Las características de estos productos son las siguientes:



Jabalinas acoplables acero-cobre

Código	Denominación	Descripción	Cant. x Envase
JCA 1215	LA 1415	Jabalina 1/2" x 1500 mm	10
JCA 1230	LA 1430	Jabalina 1/2" x 3000 mm	5
JCA 1615	LA 1615	Jabalina 5/8" x 1500 mm	5
JCA 1630	LA 1630	Jabalina 5/8" x 3000 mm	5
JCA 1915	LA 1815	Jabalina 3/4" x 1500 mm	5
JCA 1930	LA 1830	Jabalina 3/4" x 3000 mm	5

Además se deben tener en cuenta para el cálculo los siguientes datos:

- Resistividad del suelo: 70 [Ω .m].
- Resistividad superficial: 2000 [Ω .m].
- Tiempo de despeje de la falla: 0,5 [seg].
- Corriente de corto-circuito: 8750 [A].
- Tensión de servicio: 33 [Kv].

23.3.2. Uniones entre conductores y jabalinas.

Las uniones entre los conductores que conforman la malla de tierra, como así entre estos y las jabalinas serán de soldadura cuproaluminotérmica.

Descripción de materiales para la soldadura.

Se suministra con la dosificación adecuada para cada tipo de conexión, es decir la cantidad de soldadura es proporcional al tamaño del conector a ser moldeado sobre los conductores.

Los materiales de soldadura e ignición contenidos en la capsula, son mezclas exotérmicas que reaccionan y producen coladas de metal fundido a temperaturas superiores a 2200 °C. Estos materiales no son explosivos.

Se deberá mezclar la dosis de soldadura antes de realizar la correspondiente soldadura.

- Molde de grafito.

La reacción de la soldadura y el moldeo del conector se producen dentro del molde. Este está diseñado para un tipo de conexión en conductores de un calibre determinado.

- Manijas.

Dispositivo necesario para manipular el molde. Abre, cierra y traba las dos mitades del molde con una presión regulable.

- Disco metálico.

Debe colocarse antes de verter la capsula de soldadura. Actúa como soporte o compuerta.

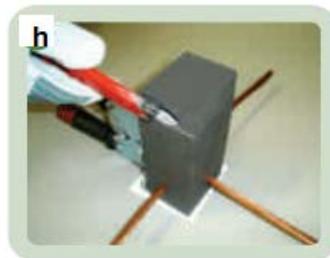
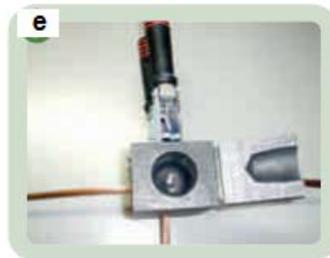
Mantiene la soldadura en el crisol, permitiendo que la reacción exotérmica se produzca dentro del mismo, la reacción de la soldadura genera una temperatura que funde el disco metálico, lo que permite la caída de la colada dentro de la cavidad del molde.

- Chispero de ignición.

La chispa producida por este dispositivo da inicio a la reacción de la soldadura. No deben usarse fósforos o sopletes debido a que la ignición se hace sumamente dificultosa.

Procedimiento para realiza una soldadura.

- a) Limpie y seque los conductores.
- b) Posicione el molde.
- c) Posicione los cables en el molde.
- d) Caliente el molde.
- e) Coloque el disco metálico.
- f) Mezclar la dosis de soldadura para que sea homogénea.
- g) Coloque la dosis en el molde y el polvo de ignición, dejando un poco de dosis en el borde del molde.
- h) Accione el chispero.
- i) Espere algunos segundos y la soldadura estará lista.



Para ello será necesario el uso de los siguientes tipos de uniones.

- Unión XB entre cables pasantes.

Unión XB Molde Tipo C Cruce entre cables horizontales enteros

Manija aplicable Modelo L160

Código	Sección cable pasante (mm ²)	Sección cable derivado(mm ²)	Cartucho soldadura	Tipo de molde utilizado
MS XBC2525	25	25	45	Especial Tipo 2
MS XBC3535	35	35	90	Especial Tipo 2
MS XBC3525	35	25	45	Especial Tipo 2
MS XBC5050	50	50	150	Especial Tipo 2
MS XBC5035	50	35	115	Especial Tipo 2
MS XBC5025	50	25	115	Especial Tipo 2
MS XBC7070	70	70	200	Especial Tipo 2
MS XBC7050	70	50	200	Especial Tipo 2
MS XBC7035	70	35	150	Especial Tipo 2
MS XBC9595	95	95	250	Especial Tipo 3
MS XBC9570	95	70	200	Especial Tipo 3



- Unión TA entre cable pasante y derivación.

Unión TA Molde Tipo C Conexión tipo T de cable pasante y derivación

Manija aplicable Modelo L160



Código	Sección cable pasante (mm ²)	Sección cable derivado(mm ²)	Cartucho soldadura	Tipo de molde utilizado
MS TAC2525	25	25	25	Estándar
MS TAC3535	35	35	32	Estándar
MS TAC3525	35	25	32	Estándar
MS TAC5050	50	50	90	Estándar
MS TAC5035	50	35	32	Estándar
MS TAC5025	50	25	32	Estándar
MS TAC7070	70	70	90	Estándar
MS TAC7050	70	50	90	Estándar
MS TAC7035	70	35	32	Estándar
MS TAC7025	70	25	32	Estándar
MS TAC9595	95	95	115	Especial Tipo 1
MS TAC9570	95	70	90	Especial Tipo 1

- Unión tipo SS lineal entre cables horizontales.

Unión SS Molde Tipo C Unión lineal de cables horizontales

Manija aplicable Modelo L160

Código	Sección cable (mm ²)	Cartucho soldadura	Tipo de molde utilizado
MS SSC16	16	25	Estándar
MS SSC25	25	25	Estándar
MS SSC35	35	25	Estándar
MS SSC50	50	25	Estándar
MS SSC70	70	45	Estándar
MS SSC95	95	90	Especial Tipo 1
MS SSC120	120	115	Especial Tipo 1
MS SSC150	150	115	Especial Tipo 1



- Unión GT entre cable pasante a tope de jabalina.

Unión GT Molde Tipo C Cable pasante a tope de jabalina

Manija aplicable Modelo L160

Código	∅ Jabalina (NI2309)	Sección cable (mm ²)	Cartucho soldadura	Tipo de molde utilizado
MS GTC1225	1/2"	25	65	Estándar
MS GTC1235	1/2"	35	65	Estándar
MS GTC1250	1/2"	50	65	Estándar
MS GTC1270	1/2"	70	90	Estándar
MS GTC1295	1/2"	95	115	Especial Tipo 1
MS GTC12120	1/2"	120	150	Especial Tipo 1
MS GTC12150	1/2"	150	200	Especial Tipo 1
MS GTC5825	5/8"	25	65	Estándar
MS GTC5835	5/8"	35	65	Estándar



- Unión GR entre cable derivado y tope de jabalina.

Unión GR Molde Tipo C Cable derivado a tope de jabalina

Manija aplicable Modelo L160



Código	∅ Jabalina (NI2309)	Sección cable (mm ²)	Cartucho soldadura	Tipo de molde utilizado
MS GRC1225	1/2"	25	65	Estándar
MS GRC1235	1/2"	35	65	Estándar
MS GRC1250	1/2"	50	90	Estándar
MS GRC1270	1/2"	70	90	Estándar
MS GRC1295	1/2"	95	90	Especial Tipo 1
MS GRC12120	1/2"	120	90	Especial Tipo 1
MS GRC12150	1/2"	150	90	Especial Tipo 1
MS GRC5825	5/8"	25	65	Estándar
MS GRC5835	5/8"	35	65	Estándar
MS GRC5850	5/8"	50	90	Estándar

23.4. Valores límites de diseño.

La tensión máxima de cualquier circuito accidental no debe exceder de los límites definidos de la siguiente manera:

- Tensión de paso, el límite es:

$$E_{paso} = (R_{cuerpo} + 2 \cdot R_{pie}) \cdot I_B$$

$$R_{cuerpo} = 1000 \Omega.$$

$$R_{pie} = 3 \cdot \rho_s$$

$$R_{pies \text{ en serie}} = 2 \cdot 3 \cdot \rho_s = 6 \cdot \rho_s$$

Para una persona de 50 kg:

$$E_{paso \ 50} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

Para una persona de 70 kg:

$$E_{paso \ 70} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

- Tensión de contacto, el límite es:

$$E_{contacto} = \left(R_{cuerpo} + \frac{R_{pie}}{2} \right) \cdot I_B$$

$$R_{pies \text{ en paralelo}} = \frac{3}{2} \cdot \rho_s = 1,5 \cdot \rho_s$$

Para una persona de 50 kg:

$$E_{contacto \ 50} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

Para una persona de 70 kg:

$$E_{contacto \ 70} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

- ρ_s : es la resistividad superficial del suelo en $\Omega \cdot m^2/m = \Omega \cdot m$.
- t_s : es la duración de la corriente de choque en segundos (se adopta usualmente 0,5 s).

Consideraciones para el cálculo.

Las resistencias de contacto de pies y manos son iguales a cero (es decir, que se supone que la persona no lleva zapatos ni guantes).

La resistencia del cuerpo humano, tanto entre mano-pies como mano-mano y pié-pié, se representa con un valor de 1000 [Ω].

Corriente admisible soportada por el cuerpo humano.

- Para una persona de 50 Kg:

$$I_B = \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} = \frac{0,116}{\sqrt{0,5}} = 0,164 \text{ A.}$$

- Para una persona de 70 Kg:

$$I_B = \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} = \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = 0,222 \text{ A.}$$

También ha sido determinado que la resistencia de los dos pies en serie es:

$$R_{pies \text{ en serie}} = 6 \cdot C_s \cdot \rho_s$$

Donde: C_s es el coeficiente de reducción de la capa superficial. Se adopta una capa superficial de espesor 0,15 m (h_s), entonces:

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 \cdot h_s + 0,09} = 1 - \frac{0,09 \cdot \left(1 - \frac{70}{2000}\right)}{2 \cdot 0,15 + 0,09}$$

$$C_s = 0,78$$

$$R_{pies \text{ en serie}} = 6 \cdot C_s \cdot \rho_s = 6 \cdot 0,78 \cdot 2000 = 9360 \Omega.$$

Y que la resistencia de los pies en paralelo es:

$$R_{pies \text{ en paralelo}} = 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s$$

$$R_{pies \text{ en paralelo}} = 1,5 \cdot 0,78 \cdot 2000 = 2340 \Omega.$$

La tensión de paso real deberá ser menor que la máxima tensión de paso tolerable para asegurar la seguridad de las personas.

Las tensiones reales de contacto de malla o de transferencia deben ser menores que la máxima tensión de contacto tolerable, para asegurar la seguridad de las personas.

Se calculan los valores límites para personas de 70 kg.

Valor límite de la tensión de paso.

$$E_{paso\ 70} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{paso\ 70} = (1000 + 6 \cdot 0,78 \cdot 2000) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = 2300\ V.$$

Valor límite de la tensión de contacto.

$$E_{contacto\ 70} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{contacto\ 70} = (1000 + 1,5 \cdot 0,78 \cdot 2000) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = 742\ V.$$

23.5. Sección mínima del conductor de tierra.

La sección mínima de los conductores de tierra se determinada en función de la corriente máxima previsible de falla. La expresión que nos da la mencionada sección es:

$$S_{mm^2} = I_f \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r} \cdot \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

Siendo:

- I_F = Corriente asimétrica de falla RMS en KA, se usa la más elevada encontrada.
- A_{mm^2} = Área del conductor en mm^2 .
- T_m = Máxima temperatura disponible o temperatura de fusión en $^{\circ}C$, ($1084^{\circ}C$).
- T_a = Temperatura ambiente en $^{\circ}C$, ($40^{\circ}C$).
- T_r = Temperatura de referencia para las constantes del material en $^{\circ}C$, ($20^{\circ}C$).
- α_0 = Coeficiente térmico de resistividad a $0^{\circ}C$, [$1/^{\circ}C$].
- α_r = Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia T_r , $0,00378\ 1/^{\circ}C$.
- ρ_r = Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia T_r , $4,4\ \mu\Omega\text{-cm}$.
- $K_0 = 1/\alpha_0$ ó $[(1/\alpha_r) - T_r]$, $245^{\circ}C$.
- T_C = Duración de la corriente en segundos, $0,5\ s$.
- $TCAP$ = Capacidad térmica por unidad de volumen, $3,85\ J / (cm^3 \cdot ^{\circ}C)$.

Adoptamos un conductor de cobre con alma de acero con las siguientes características:

IEEE
Std 80-2000

IEEE GUIDE FOR SAFETY

Table 1 – Material constants

Description	Material conductivity (%)	α_r factor at 20 °C (1/°C)	K_o at 0 °C (0 °C)	Fusing ^a temperature T_m (°C)	ρ_r 20 °C ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	TCAP thermal capacity [J/(cm ³ ·°C)]
Copper, annealed soft-drawn	100.0	0.003 93	234	1083	1.72	3.42
Copper, commercial hard-drawn	97.0	0.003 81	242	1084	1.78	3.42
Copper-clad steel wire	40.0	0.003 78	245	1084	4.40	3.85
Copper-clad steel wire	30.0	0.003 78	245	1084	5.86	3.85
Copper-clad steel rod ^b	20.0	0.003 78	245	1084	8.62	3.85
Aluminum, EC grade	61.0	0.004 03	228	657	2.86	2.56

Resultando:

$$S_{mm^2} = 8,75 \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{3,85 \cdot 10^{-4}}{0,5 \cdot 0,00378 \cdot 4,4} \cdot \ln\left(\frac{245+1084}{245+40}\right)}}$$

$$S_{mm^2} = 32,77 \text{ mm}^2.$$

El diseño de la red se ha mantenido, basado en un criterio de prevención de los daños producidos por corrosión, con sección mínima 90 mm² constituido por 7 hilos de cobre.

Por lo tanto, adoptamos para nuestro caso un conductor desnudo de acero/cobre de la marca "GENROD" con una sección de 95 mm² - 7 N°9, código AC C95, el cual tiene las siguientes características:

Cables de acero cobre

Código	Descripción	peso Kg/mts.
AC C25	Cable de 25 mm ² - 3 N° 8	0,206
AC C35	Cable de 35 mm ² - 7 N° 10	0,303
AC C50	Cable de 50 mm ² - 7 N° 8	0,482
AC C70	Cable de 70 mm ² - 7 N° 8	0,607
AC C95	Cable de 95 mm ² - 7 N° 9	0,766

23.6. Tensión de Malla (E_m).

Los valores de tensión de malla se obtienen como un producto del factor geométrico, K_m, un factor de corrección, K_i, que da cuenta de algunos de los errores introducidos por los supuestos hechos en la obtención de K_m, la resistividad del terreno, ρ, y la corriente media por unidad de longitud efectiva del conductor enterrado de puesta a tierra (I_G / L_m).

La expresión a utilizar para el cálculo es:

$$E_m = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_G}{L_m}$$

El factor K_m se calcula de la siguiente manera:

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left\{ \ln \left[\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \left[\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right] \right\}$$

Para mallas con jabalinas a lo largo del perímetro, o para mallas con jabalinas en las esquinas de la malla, así como tanto a lo largo del perímetro y en toda el área de la cuadrícula:

$$K_{ii} = 1$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} = \sqrt{1 + 0,8} = 1,342.$$

➤ h₀ = 1 m, profundidad de referencia de la malla.

Usando cuatro componentes para la forma de la malla (Thapar, Gerez, Balakrishnan, y Blank), el número efectivo de conductores paralelos en una cuadrícula dada, n , puede ser aplicable a las redes rectangulares o de forma irregular que representan el número de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente.

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_c}{L_p}$$

- $n_b = 1$ para mallas cuadradas.
- $n_c = 1$ para mallas cuadradas o rectangulares.
- $n_d = 1$ para mallas cuadradas, rectangulares o en forma de L.

De otro modo:

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}}$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{0.7 \cdot \frac{A}{L_x \cdot L_y}}$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

Siendo:

- L_c : longitud total del conductor de la malla en m.
- L_p : longitud del perímetro de la malla en m.
- A : área total de la malla en m^2 .
- L_x : longitud máxima del conductor de la red en la dirección X, m.
- L_y : longitud máxima del conductor de la red en la dirección Y, m.
- D_m : distancia máxima entre dos puntos cualesquiera de la red, m.
- D : espaciamiento entre conductores paralelos, m.
- H : profundidad de los conductores de la malla m.
- d : diámetro del conductor de tierra, m.

$$n_a = \frac{2 \cdot L_c}{L_p} = \frac{2 \cdot 960}{120} = 16$$

$$n_b = 1$$

$$n_c = 1$$

$$n_d = 1$$

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d = 16 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 16$$

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left\{ \ln \left[\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \left[\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right] \right\}$$

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left\{ \ln \left[\frac{(2)^2}{16 \cdot 0,8 \cdot 0,0122} + \frac{(2 + 2 \cdot 0,8)^2}{8 \cdot 2 \cdot 0,0122} - \frac{0,8}{4 \cdot 0,0122} \right] + \frac{1}{1,342} \cdot \ln \left[\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot 16 - 1)} \right] \right\}$$

$$K_m = 0,39$$

El factor de irregularidad, K_i , que se utiliza en conjunción con el "n" que se ha definido anteriormente es:

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot 16 = 3,01$$

Para mallas sin jabalinas de tierra, o mallas con sólo unas pocas jabalinas dispersas en la malla, pero ninguna situada en las esquinas o a lo largo del perímetro de la malla, la longitud efectiva enterrada, L , es:

$$L = L_c + L_R$$

Donde:

- L_R : es la longitud total de las jabalinas de tierra, [m].
- L_c : es la longitud total del conductor de la red de malla, [m].

Para otros casos: $L = L_c + 1,15 \cdot L_R$.

O más exactamente, cuando tenemos mallas irregulares con jabalinas en el perímetro y / o en el interior de la misma:

$$L_M = L_C + \left[1,55 + 1,22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] \cdot L_R$$

Donde L_r es la longitud de una jabalina.

En nuestro caso, calculamos L_M a partir de la siguiente expresión:

$$L_M = L_C + 1,15 \cdot L_R.$$

$$L_M = 960 + 1,15 \cdot (10.4,5) = 1011,75 \text{ m.}$$

Finalmente la tensión de malla será:

$$E_m = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_G}{L_m}$$

$$E_m = \frac{70.0,39.3,01.8750}{1011,75}$$

$$E_m = 710,7 \text{ V.}$$

El valor obtenido de tensión de malla (710,7 V) es inferior al valor límite de tensión de contacto (742 V).

23.7. Tensión de paso (Es).

Los valores de tensión de paso se obtienen como un producto del factor geométrico, K_s , un factor de corrección, K_i , la resistividad del terreno, ρ , y la corriente media por unidad de longitud efectiva del conductor enterrado de puesta a tierra (I_G/L_S).

$$E_{\square} = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_G}{L_S}$$

Con el K_i ya calculado, al igual que el n . Para mallas con o sin jabalinas, la longitud efectiva de conductor enterrado, L_S , es:

$$L_S = 0,75 \cdot L_C + 0,85 \cdot L_R$$

$$L_S = 0,75 \cdot 960 + 0,85 \cdot 45 = 750,25 \text{ m.}$$

Se supone que la tensión de paso se produce a una distancia de 1 m. Para la profundidad de enterramiento de $0,25 \text{ m} < h < 2,5 \text{ m}$, K_s es:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} \cdot (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \cdot 0,8} + \frac{1}{2 + 0,8} + \frac{1}{2} \cdot (1 - 0,5^{16-2}) \right] = 0,47$$

Finalmente calculamos la tensión de paso:

$$E_s = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_G}{L_s} = \frac{70 \cdot 0,47 \cdot 3 \cdot 0,18750}{750,25}$$

$$E_s = 1155 \text{ V.}$$

La tensión de paso obtenida (1155 V) es inferior al valor límite de tensión de paso (2300 V).

23.8. Red de puesta a tierra.

Una puesta a tierra ideal debería ser de una resistencia cercana a cero. En la práctica, la elevación de potencial de la red se incrementa proporcionalmente con la corriente de falla. Por lo tanto, cuanto mayor sea la intensidad de falla, menor debería ser la resistencia de dispersión a obtener.

El valor máximo permitido de la resistencia de puesta a tierra para subestaciones de media tensión tiene que ser de $R_{g\max} = 10 \Omega$.

Según Sverak, la ecuación simplificada que tiene en cuenta el efecto de la profundidad de enterramiento de la malla, aplicable para mallas sin o con unas pocas jabalinas es:

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

Siendo:

- A: el área cubierta por la malla, en m^2 .
- h: la profundidad de enterramiento de la malla, en m.
- L_T : la longitud efectiva total del conductor de puesta a tierra del sistema, incluyendo la red y jabalinas, en m.

Schwarz, por su parte, utiliza la siguiente ecuación introducida por Sunde y Rudenberg para introducir la combinación de la resistencia de la malla (conductores horizontales), jabalinas (conductores verticales), y la resistencia mutua para calcular la resistencia total del sistema.

$$R_g = \frac{R_1 \cdot R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2 \cdot R_m}$$

Donde:

- R_1 : es la resistencia de los conductores de la malla, en Ω .
- R_2 : es la resistencia del conjunto de jabalinas, en Ω .
- R_m : es la resistencia de tierra mutua entre el grupo de conductores de la malla, R_1 , y el grupo de jabalinas, R_2 , en Ω .

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi \cdot L_c} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L_c}{h'} + k_1 \cdot \frac{L_c}{\sqrt{A}} - k_2 \right)$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2 \cdot n_r \cdot \pi \cdot L_r} \cdot \left[\ln \frac{8 \cdot L_r}{d_2} - 1 + 2k_1 \cdot \frac{L_r}{\sqrt{A}} \cdot (\sqrt{n_r} - 1)^2 \right]$$

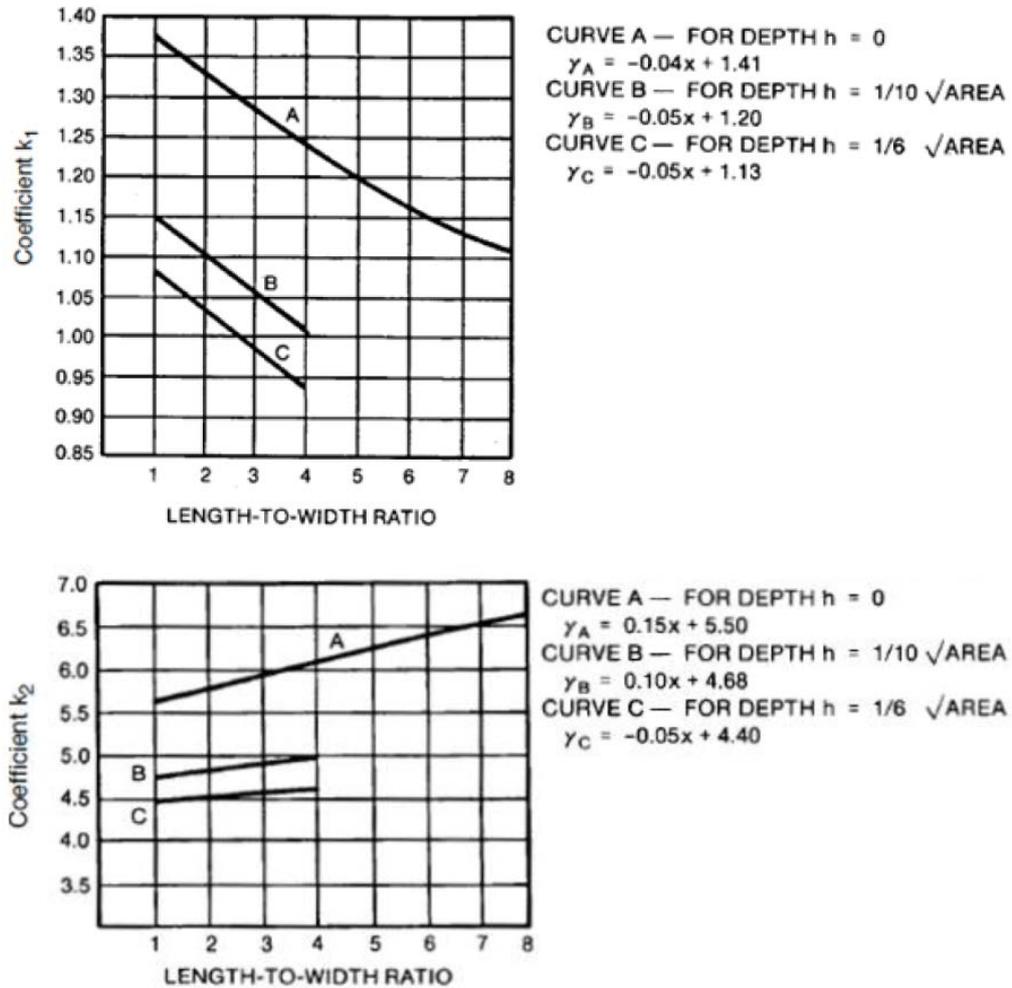
$$R_m = \frac{\rho}{\pi \cdot L_c} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L_c}{L_r} + k_1 \cdot \frac{L_c}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right)$$

Siendo:

- ρ : es la resistividad del suelo encontrada por los conductores de red enterrados a la profundidad h , [$\Omega \cdot m$].
- L_c : es la longitud total de los conductores de la red, [m].
- L_r : es la longitud promedio de las jabalinas, [m].
- h : es la profundidad de empotramiento de la red, [m].
- h' : es $\sqrt{d_1 \cdot h}$ para conductores enterrados a la profundidad h .
- A = área cubierta por la red.
- n_r : es el número de jabalinas dentro del área A .
- K_1 ; K_2 son las constantes relacionadas con la geometría del sistema.
- d_1 : es el diámetro de los conductores de la red, [m].
- d_2 : es el diámetro de las jabalinas, [m].

De las siguientes curvas se obtienen los valores de las constantes K_1 y K_2 , para entrar en las mismas se debe calcular primero la relación largo / ancho, la cual vale para nuestro caso:

$$\frac{l}{a} = \frac{30 \text{ m}}{30 \text{ m}} = 1.$$



Para minimizar el error grafico, se utilizara la ecuación correspondiente a la curva adecuada al caso, curva A, la que nos da la expresión siguiente para cada constante:

$$k_1 = -0,04 \cdot x + 1,41$$

$$k_2 = 0,15 \cdot x + 5,5$$

Siendo x la relación largo / ancho de la malla ya calculada e igual a 1, reemplazando:

$$k_1 = -0,04 \cdot 1 + 1,41 = 1,37.$$

$$k_2 = 0,15 \cdot 1 + 5,5 = 5,65.$$

El valor de h' lo calculamos para conductores enterrados una profundidad h de empotramiento de la red, resultando:

$$h' = \sqrt{0,0122 \cdot 0,8} = 0,098$$

Con los valores anteriores podemos calcular la resistencia de dispersión a tierra, entonces:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi \cdot L_c} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L_c}{h'} + k_1 \cdot \frac{L_c}{\sqrt{A}} - k_2 \right)$$

$$R_1 = \frac{70}{\pi \cdot 960} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 960}{0,098} + 1,37 \cdot \frac{960}{\sqrt{900}} - 5,65 \right) = 1,11 \Omega$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2 \cdot n_r \cdot \pi \cdot L_r} \cdot \left[\ln \frac{8 \cdot L_r}{d_2} - 1 + 2k_1 \cdot \frac{L_r}{\sqrt{A}} \cdot (\sqrt{n_r} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = \frac{70}{2 \cdot 10 \cdot \pi \cdot 4,5} \cdot \left[\ln \frac{8 \cdot 4,5}{0,0127} - 1 + 2 \cdot 1,37 \cdot \frac{4,5}{\sqrt{960}} \cdot (\sqrt{10} - 1)^2 \right] = 2,18 \Omega$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi \cdot L_c} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L_c}{L_r} + k_1 \cdot \frac{L_c}{\sqrt{A}} - k_2 + 1 \right)$$

$$R_m = \frac{70}{\pi \cdot 960} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 960}{4,5} + 1,37 \cdot \frac{960}{\sqrt{900}} - 5,65 + 1 \right) = 1,05 \Omega$$

$$R_g = \frac{R_1 \cdot R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2 \cdot R_m}$$

$$R_g = \frac{1,11 \cdot 2,18 - (1,05)^2}{1,11 + 2,18 - 2 \cdot 1,05} = 1,1 \Omega$$

El valor de la resistencia de tierra nos da $1,1 \Omega$, estando este valor muy por debajo del máximo exigido por normativa (máximo 10Ω), por lo tanto estamos dentro de los límites permitidos.

24. Comandos y telecomandos.

De acuerdo a las condiciones dadas en el sistema de bombeo, el control se basa en mantener constante el nivel de agua en el canal de distribución, para poder soportar sin inconvenientes (falta o derrame innecesario de agua) las fluctuaciones del caudal requerido en el riego según lo demande el aguador.

Este nivel de “cota” o altura de columna de agua, se traduce en una medida de presión, por lo tanto el sistema se regula por la caída o aumento de presión de acuerdo con que el consumo de agua aumente o disminuya respectivamente, para cumplir con el fin de mantener la presión constante.

24.1. Narración de la automatización propuesta.

Para el arranque / parada de las distintas bombas se dispondrá de un control de nivel, el cual se hará a través de un transductor de presión mediante el cual se dispone mantener constante la presión del sistema. Por esto es que la altura de nivel de agua del canal de distribución se la traduce a presión y al mantenerla constante, la cota de agua del canal también lo estará.

Con el fin de no tener interferencias en el traslado de la señal de salida del transductor, y de esta manera introducir errores en la medición, debido a la gran distancia que separa la sala de bombas del canal de distribución, se dispone el trazado de una cañería que comunique el fondo del canal y llegue hasta las proximidades de la sala de control y allí colocar el sensor de presión. De esta forma además de evitar interferencias, se evita la suciedad y turbulencias, producidas por la descarga, sobre el sensor además de una mayor accesibilidad en caso de mantenimiento.

La cañería se diseña de acero galvanizado, con un diámetro de 1 pulgada, el cual constara en ambos extremos con un filtro de malla, además de dos válvulas esféricas para permitir el purgado y acceso para el mantenimiento del sensor.

La altura máxima de columna de agua que medirá el sensor de presión es de 1,5 mca, valor que se corresponderá a la salida de 20 mA y el valor mínimo de salida del transductor, 4 mA, corresponderá a 0 mca.

La salida del transductor de presión (4 a 20 mA) se conecta a la entrada analógica del variador de frecuencia Frenic-eco, el cual se configura para un control de bombas mono joker, mismo a través de un lazo PID, permite controlar una bomba regulada por el variador y otras cinco que funcionan en modo todo o nada.

El principio de funcionamiento del control seleccionado se basa en que el variador conectara / desconectara las bombas auxiliares a la red para ayudar a que la presión obtenida sea la requerida. Si la frecuencia de la bomba de velocidad regulada supera un valor programado (ejemplo 48 Hz) el control conectara a la red una de las bombas auxiliares y así sucesivamente hasta lograr que la presión necesaria sea igual a la medida.

La desconexión de las bombas auxiliares se dará cuando la frecuencia de la bomba regulada caiga por debajo del valor programado (ejemplo 30 Hz).

Para evitar el arranque / pare intermitente de las bombas se programa un ancho de banda de histéresis a fin de evitar los deterioros producidos por estos arranques continuos.

En conjunto con el sistema de control y protección, se colocara un equipo de telecontrol para monitorizar y obtener información de datos de los estados de la estación de bombeo, como ser registro de falla de una bomba, alarma por parada de la misma por cualquier tipo de falla, sobre corriente, falta de fase, falta de tensión, sobre temperatura del bobinado del motor, escasos o exceso en el nivel del distribuidor de agua, etc.

Este sistema de telecontrol facilita el trabajo del aguador, mientras esta en los habituales recorridos de inspección y control de las distintas canchas de siembra o fuera del campo, ya que este será informado sobre alguna falla o avería del sistema de bombeo. Dando la posibilidad de tratar de solucionar la falla en el momento que esta ocurre.

Preparó: Dalle Tezze, cristian – Korell, Matias.	Revisó:	Aprobó:	Página 356 de 375
--	---------	---------	-------------------

24.2. Selección de los elementos.

En los puntos siguientes se seleccionara y describirán las características de los equipos y elementos necesarios para la automatización propuesta.

24.2.2. Variador de frecuencia.

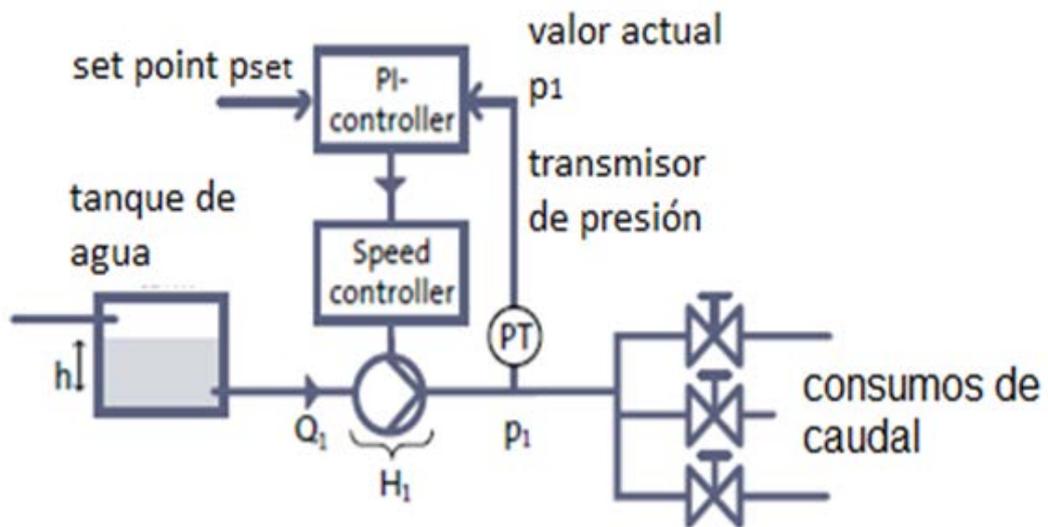
Para realizar el control PID descrito anteriormente, se utiliza un variador de frecuencia para control de bombas, Frenic-eco de la marca Fuji Electric, el cual fue seleccionado en la sección 6.4.2

Frenic-eco ha sido diseñado para contemplar todas las necesidades de los sistemas de control de presión. A continuación se detallan alguna de las funciones más importantes, las cuales son necesarias para el sistema de control que se desea implementar:

- Función de paro de la bomba por bajo caudal (función dormir).
- Función de arranque de la bomba por demanda de caudal (función despertar).
- Límites software (corriente, tensión y frecuencia) para proteger el motor y la bomba.
- Control de múltiples bombas, 1 regulada + auxiliares (control mono-joker).
- Control de múltiples bombas, múltiples bombas reguladas (control multi-joker).
- Posibilidad de añadir una bomba adicional (función FDT).
- Numerosas funciones para evitar sobre presiones y perdidas de caudal (avisos, alarmas, etc.).
- Posibilidad de ajuste exacto del momento de arranque y paro de las bombas auxiliares para ajuste fino del comportamiento del sistema.
- Posibilidad de ajuste exacto del momento de arranque y paro del PID en las transiciones de conexión y desconexión de bombas auxiliares para el ajuste fino del comportamiento del sistema.
- Rampas independientes para el arranque y el paro de la bomba regulada y para la conexión y desconexión de las auxiliares.
- Posibilidad de selección de la secuencia de activación y desactivación de las bombas.
- Rotación del arranque de las bombas.
- Posibilidad de equilibrado del número de horas de funcionamiento de cada bomba.

- Información de horas de funcionamiento de cada bomba.
- Detección de desconexión del sensor de presión.
- Posibilidad de seleccionar alarmas informativas (baja presión, sobre presión, etc.).
- Función de protección de la bomba por detección de ausencia de agua (pozo seco).
- Secuencia de “bypass” integrada.
- Control del tiempo de retardo entre conexión y desconexión de contactores.
- Ajuste de visualización de unidades de usuario y del fondo de escala, ajuste del rango del sensor.
- Gestión del paro de bombas ajustable.
- Selección de múltiples consignas (mediante entradas digitales).
- Función de prevención de la condensación.
- Funciones de ahorro de energía incorporadas.

24.2.3. Control por presión constante con lazo PID.

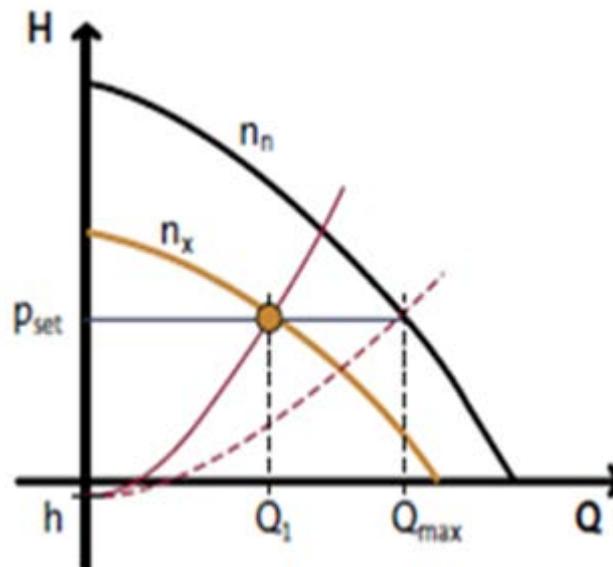


Un lazo PID es un sistema de regulación en el que tenemos una consigna de presión (la presión deseada) y una lectura de presión real (leída mediante un transductor). Estos dos valores son restados para obtener el error del sistema de presión. El PID ajusta su salida (velocidad de la bomba) en pro de minimizar este error.

- Si el error es positivo (la presión deseada $>$ que la real) aumentamos la velocidad.
- Si el error es negativo (la presión deseada $<$ que la real) disminuimos la velocidad.
- Si el error es cero (la presión deseada $=$ que la real) mantenemos la velocidad actual.

Factores (ganancias) para el ajuste; proporcional, integral y derivativo (aunque el derivativo no se suele usar para esta aplicación) nos ayudan a ajustar la rapidez con la que deseamos que responda nuestro sistema frente a cambios de presión y consumo. Nos interesa una respuesta rápida (dinámica), pero sin picos ni oscilaciones de presión.

La figura siguiente muestra qué sucede cuando se reduce el caudal desde Q_{\max} a Q_1 .



El sistema de control comprueba que la velocidad de la bomba se ha reducido desde n_n a n_x para garantizar que la presión de descarga requerida sea $P_{deseada} = P_{real}$. La instalación de la bomba garantiza que la presión de suministro será constante en el rango de caudales entre 0 y Q_{\max} . La presión de suministro es independiente del nivel de agua en el canal de aspiración. Si cambia h , el sistema de control ajustará la velocidad de la bomba para que P_{real} siempre se corresponda con el valor de referencia.

24.2.4. Modo de control.

Para controlar las 6 bombas instaladas, se utilizara el modo de control mono joker, función disponible en el variador instalado Frenic-eco.

El modo mono joker cuenta con el control regulado de una bomba, mas 4 bombas auxiliares y 1 bomba adicional.

El esquema de conexión necesario para esta función se encuentra detallado en el Plano N° 21 “Esquema Control Monobomba Regulada con 1 Bomba regulada + 4 Auxiliares + 1 Adicional”.

Funcionamiento del control mono joker.

Este control consta de una bomba regulada exclusivamente por el variador y otras 5 bombas funcionando en modo todo o nada alimentadas directamente a la red (4 bombas auxiliares + 1 bomba adicional).

El variador conectará / desconectará las bombas auxiliares a la red para ayudar a que la presión obtenida sea la presión requerida.

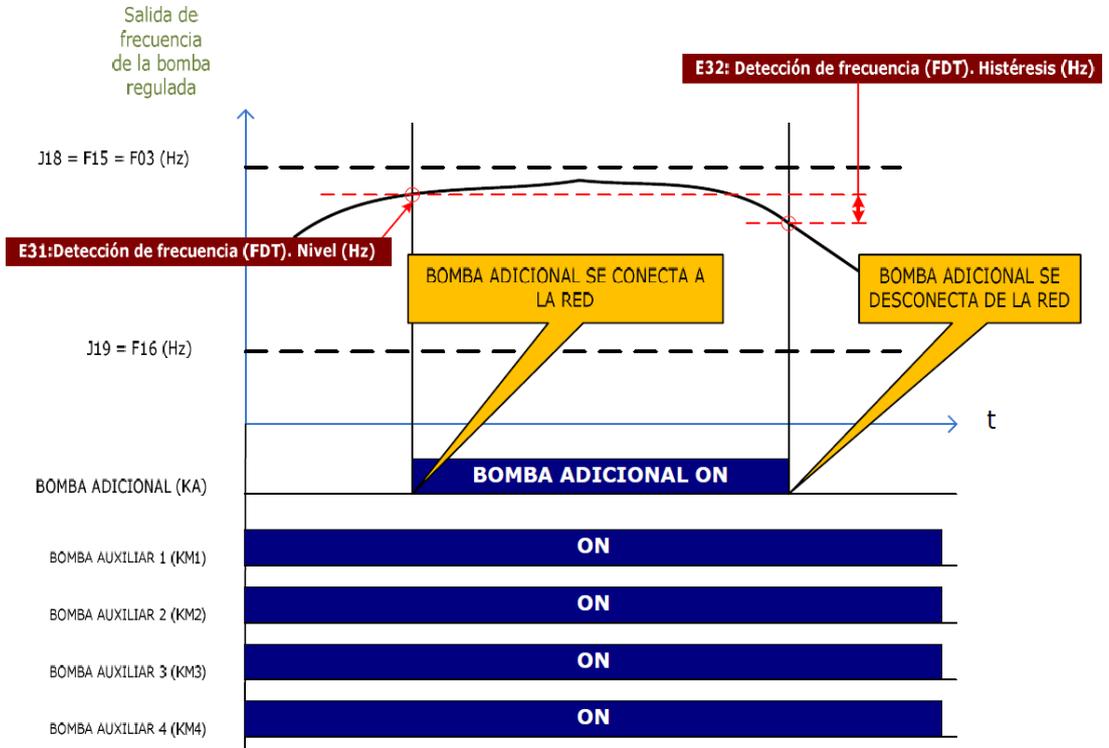
La bomba adicional se conectará a la red si se cumplen dos condiciones previas:

- a) Las 4 bombas auxiliares de la aplicación están conectadas a la red.
- b) La frecuencia de la bomba regulada es mayor que la frecuencia establecida en el parámetro E31 (Hz).

La bomba adicional se desconectará de la red cuando:

- Frecuencia de salida \leq (E31 – E32)

La siguiente figura muestra el diagrama de conexión / desconexión de la bomba adicional:



24.2.5. Transmisor de presión.

Mediante un elemento sensor y el suministro de energía auxiliar la presión existente en su aplicación se convertirá en una señal eléctrica reforzada, estandarizada a través, de la deformación de una membrana. Esta señal eléctrica cambia de forma proporcional respecto de la presión, y puede ser evaluada respectivamente.

Descripción y características:

- Modelo TPR-16 para baja presión y vacío.
- Es un transmisor de presión creado para mediciones de baja presión a partir de 10 mbar.
- Señal de salida 4-20 mA.
- Aplicable a gases y líquidos no agresivos.
- Excelente linealidad.
- Respuesta rápida.
- Excelente estabilidad a largo plazo.
- Alta resistencia al cortocircuito, sobre voltajes y conexiones incorrectas.
- Muy robusto frente a condiciones severas.

Elementos básicos:

Son los sensores de silicio montados en un sustrato de cerámica. Debido al diseño compacto con las tomas de presión roscadas y los conectores eléctricos estandarizados juntos con el cuerpo de acero inoxidable son especialmente indicados para el uso en atmósferas duras o bajo condiciones mecánicas duras.

Aplicaciones:

- Meteorología.
- Control neumático.
- Robótica.
- Control de procesos ambientales.
- Sistemas de control.

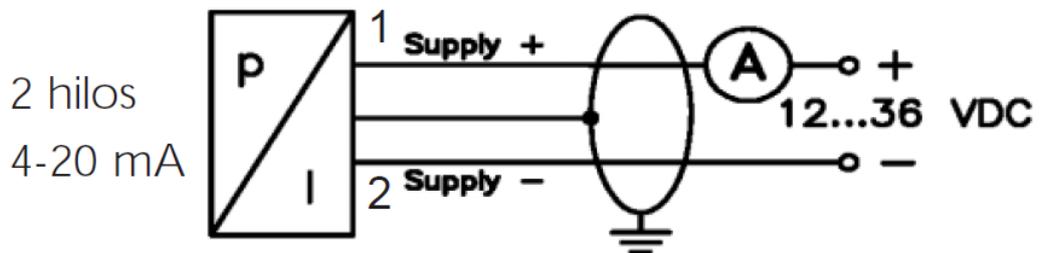
Como solicitar el producto:

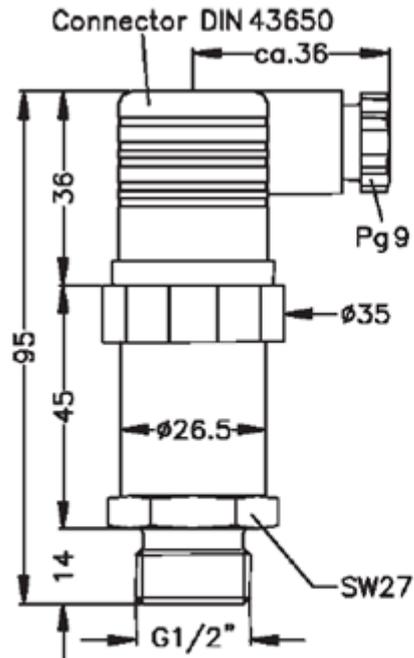
- Modelo TPR-16/LP rango de 10 a 160 mbar (líquidos y gases).

Características técnicas:

- TPR-16/LP .../HP**
- | | LP | | | | | | HP | | | |
|--------------------|----|----|-----|----|-----|------|-----|------|-----|------|
| - Presión (mbar): | 10 | 20 | 40 | 60 | 100 | 160 | 250 | 400 | 600 | 1000 |
| - Rango: | | | | | | | | | | |
| - Sobrepr. (mbar): | 60 | | 300 | | | 1000 | | 3000 | | |
- TPR-16/D**
- Pr. absoluta (bar): -1.0 0,6 1 1,6 2,5 4 6 10 16 25 40 60 100 160 250 400 600
 - Sobrepr. (bar): 3 3 3 7 7 12 12 25 50 50 120 120 250 500 500 600 750
 - Exactitud: $\leq \pm 0,5 \%$ FSO
 - Conexión a proceso: 1/2" GAS DIN 3852
 - Protección encapsulado: IP-65
 - Salida: .. 4-20 mA 2 hilos / 0-20 mA 3 hilos (opción 0-5 /0-10 V)
 - Conexión eléctrica: conector DIN 43650
 - Tensión alimentación: entre 12 y 36 Vcc
 - Carga máxima:
 - 2 hilos [U_B (V) -12 V] / 0,02 A
 - 3 hilos >500 Ω
 - Deriva térmica: $\leq \pm 0,2 \%$ FSO / año
 - Temperatura de trabajo
 - Sensor: -25 a +90 °C
 - Ambiente: -25 a +85 °C
 - Almacenaje: -40 a +100 °C
 - Tiempo de respuesta: < 5 ms
 - Resistencia a vibraciones: 10 g / 20 a 2000 Hz
 - Resistencia a choques: 100 g / 11 ms
 - Materiales:
 - Caja Acero inox. 1.4571
 - Sensor Cerámica Al₂O₃ 96%, silicio, RTV
 - Juntas FKM

Conexión eléctrica:



Dimensiones:

Peso: aprox. 0,200 kg

24.2.6. Fuente de alimentación para el transmisor de presión.

Aplicación: Fuentes de alimentación reguladas para sensores, actuadores, electrónicas y PLC.

Se selecciona una fuente de la marca IFM ELECTRONIC GMBH:

- Modelo: DN1030 PSU-1AC / 24V_{DC} - 1,3 A.
- Fuentes de alimentación conmutadas 24 V_{DC}.
- 30 W Potencia de salida.
- Sincronización primaria.
- Corriente de salida 1,25 A regulada.

Datos eléctricos:

Rango de tensión de entrada [V]	100...240 AC ($\pm 10\%$)
Tensión nominal [V]	115 / 230 AC
Frecuencia nominal [Hz]	47...63
Tensión de salida [V]	24...28
Salida de corriente [A]	1,25
Eficiencia [%]	84 (230 V AC; 24 V DC; 1,25 A)
Protección contra cortocircuitos	Sí
Resistente a sobrecargas	Sí

24.2.7. Contactores de Mando manual de bombas.

Se seleccionó de catálogo “WEG” **contactor** compacto auxiliar, **modelo CWCA-31-00-D23**, para una I_n de 10 A. tensión de trabajo 220 V, con bobina CA 50/60 Hz y tensión de bobina 220V.

Contactores Compactos CWC0



Contactores Compactos Auxiliares CWCA⁹⁾

Corriente térmica convencional $I_{th} AC-1$ A	Corriente de operación $I_n AC-15$ A					Diagrama de contactos	Referencia		Bobina CA	Bobina CC
	220 V 230 V	380 V 400 V	415 V 440 V	500 V	660 V 690 V		Terminal tornillo	Terminal resorte	Peso kg	
10	10	6	5	4	2	 22 E	CWCA0-22-00♦	CWCA0-22-00♦S	0,180	0,200
						 31 E	CWCA0-31-00♦	CWCA0-31-00♦S		
						 40 E	CWCA0-40-00♦	CWCA0-40-00♦S		
						 13 E	CWCA0-13-00♦	CWCA0-13-00♦S		

Bobina CA - 50/60 Hz											
Aplicable para modelos CWC07...CWC025											
Códigos de tensión de bobinas	D02	D07	D13	D23	D24	D25	D33	D34	D35	D36	D39
V ca - 50/60 Hz	24	48	110	220	230	240	380	400	415	440	480

24.2.8. Temporizadores para Mando manual de bombas.

Se seleccionó de catálogo “WEG” temporizador electrónico para contactores, con la función retardo en la energización (TECO) de 3 hasta 30 segundos, modelo TEC0-U030S-E05, con tensión de trabajo 24-220V CA 50/60 Hz.

Temporizador Electrónico para Contactores Compactos CWC07 hasta CWC25

- Montaje rápida a la derecha
- Temporización hasta 30min
- Indicación de status con LED

Foto ilustrativa	Función	Diagrama de contactos	Tensión	Referencia	Peso kg	
	Retardo en la energización (TECO)	3 - 0,3 hasta 3s	24-240V 50/60 Hz - CC	TECO-U003S-E05	0,02	
		10 - 1 hasta 10s		TECO-U010S-E05		
		30 - 3 hasta 30s		TECO-U030S-E05		
		60 - 6 hasta 60s		TECO-U060S-E05		
		100 - 10 hasta 100s		TECO-U100S-E05		
		300 - 30 hasta 300s		TECO-U300S-E05		
		1.800 - 180 hasta 1.800s		TECO-U030M-E05		
	Retardo en la desenergización (TDCO)	-	24-60 V 50/60 Hz - CC 100-240 V 50/60 Hz - CC	24-60 V ca/cc		100-240 V ca/cc
		3 - 0,3 hasta 3s		TDCO-U010S-E04		TDCO-U003S-E00
		10 - 1 hasta 10s		TDCO-U003S-E04		TDCO-U010S-E00
		30 - 3 hasta 30s		TDCO-U030S-E04		TDCO-U030S-E00
		60 - 6 hasta 60s		TDCO-U060S-E04		TDCO-U060S-E00
		100 - 10 hasta 100s		TDCO-U100S-E04		TDCO-U100S-E00
		300 - 30 hasta 300s		TDCO-U300S-E04		TDCO-U300S-E00
	Estrella - Triángulo (TETCO)	30 - 3 hasta 30s	24-28 V 50/60 Hz 110-130 V 50/60 Hz 220-240 V 50/60 Hz	TETCO-U030S-D52		
		TETCO-U030S-D61				
				TETCO-U030S-D66		

Funciones	Retardo en la energización TECO
<p>Diagramas funcionales</p> <p>● LED encendido</p> <p>⊗ LED apagado</p>	
Diagramas	

24.3. Equipo de telecontrol.

Se adoptó un equipo de telecontrol Hermes LC-1 de la marca Microcom.

El Hermes LC-1 es un completo equipo de telecontrol vía GSM que permite controlar desde un teléfono y mediante el servicio de mensajes cortos las incidencias en instalaciones remotas (estaciones de bombeo, sistemas de riego, repetidores, máquinas de vending, alarmas, etc.) de manera que al generarse una condición de alarma en el equipo monitorizado, el Hermes envía un mensaje corto con el texto descriptivo del tipo de alarma, la fecha y el nombre de la estación. Con este propósito cuenta con un juego de 8 entradas digitales que se activan por tensión y la capacidad de leer hasta 4 sondas de temperatura.

Para la activación remota de dispositivos se dispone de 6 salidas que se pueden activar mediante el envío de un mensaje corto o mediante la realización de una llamada perdida.

Se ofrece gratuitamente el software para recepción y tratamiento de los datos registrados por las estaciones. Este software llamado Zeus, permite la descarga de los históricos, visualización gráfica, vista en tiempo real de los distintos canales y la recepción y registro de alarmas.

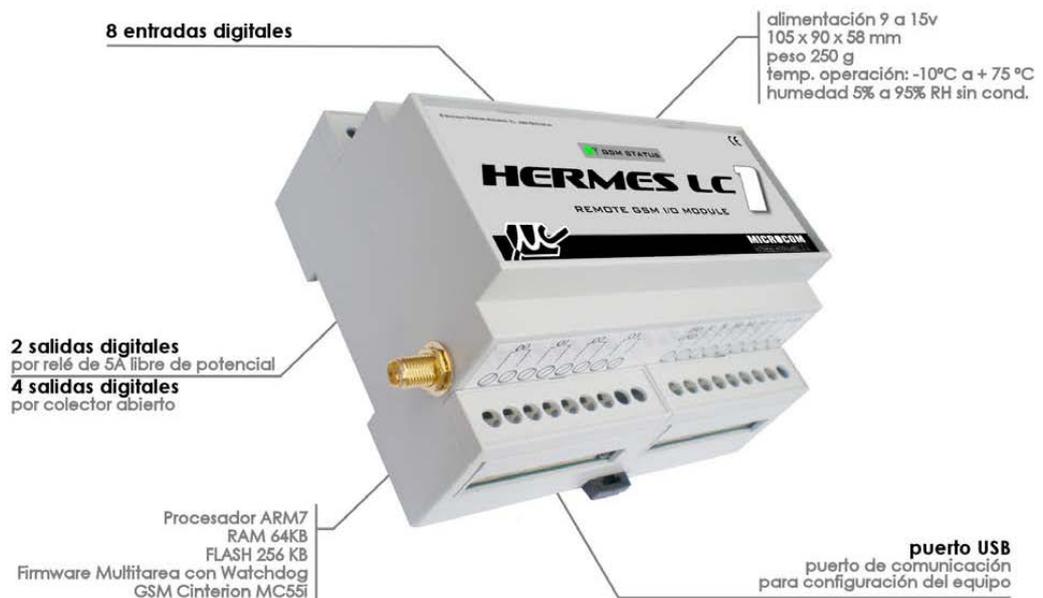
Aplicaciones:

Supervisión y control en:

- Calderas.
- Salas de ordenadores.
- Instalaciones de frío industrial.
- Control de climatización en segunda vivienda.
- Domótica.
- Instalaciones industriales en general.
- Cámaras frigoríficas.

Características:

- Módem GSM integrado.
- 8 Entradas digitales.
- Entradas para sondas de temperatura.
- 2 Salidas por relé hasta 250V 5A + 4 salidas por colector abierto.
- Fácil configuración mediante software de configuración bajo windows, tanto local como remotamente mediante llamada de datos GSM.
- Reloj en tiempo real con sincronización automática con la hora de la red GSM.
- Múltiples opciones de configuración de las entradas digitales, N.A., N.C., Persistencia configurable.
- Capacidad de notificar las alarmas mediante llamada de voz.
- Capacidad de reenviar la notificación de alarma mientras persiste la condición de alarma.
- Envío de mensajes de restauración de alarmas y vuelta a la normalidad del sistema monitorizado.
- Capacidad de enviar mensajes de información automáticos.
- Macros de usuario configurables.
- Ejecución automática de macros en función del estado de las entradas, permite por ejemplo activar una salida al dispararse una alarma.
- Función de transmisión de estados, permite activar el cierre de un relé en un Hermes remoto al activarse una entrada.
- Capacidad de consultar el saldo de tarjetas prepago.
- Alimentación a 12 V.



Características técnicas:

Alimentación	9 a 15v
Consumo	En reposo: 50mA Máximo: 500mA
Procesador	ARM7
Memoria de programa	Flash 256KB
Memoria de datos	64 KB
Memoria de histórico	Flash 256 KB >40000 registros
Radiomodem GSM	Cuatribanda Siemens MC55i
Tamaño	105 x 90 x 58 mm
Peso	250g
Temperatura de operación	-10°C a + 75°C

Entradas digitales:

Numero	8, activación por tensión entre 5 y 15v. Común a masa.
Impedancia	2200 ohm
Frecuencia de muestreo	100Hz

BUS 1Wire:

Numero	1
Voltaje	3,3V
Pull-up	1K

Salidas relé:

Numero	2 (OUT0 y OUT1)
Tensión	250VAC
Intensidad máxima	5A

Salidas por colector abierto:

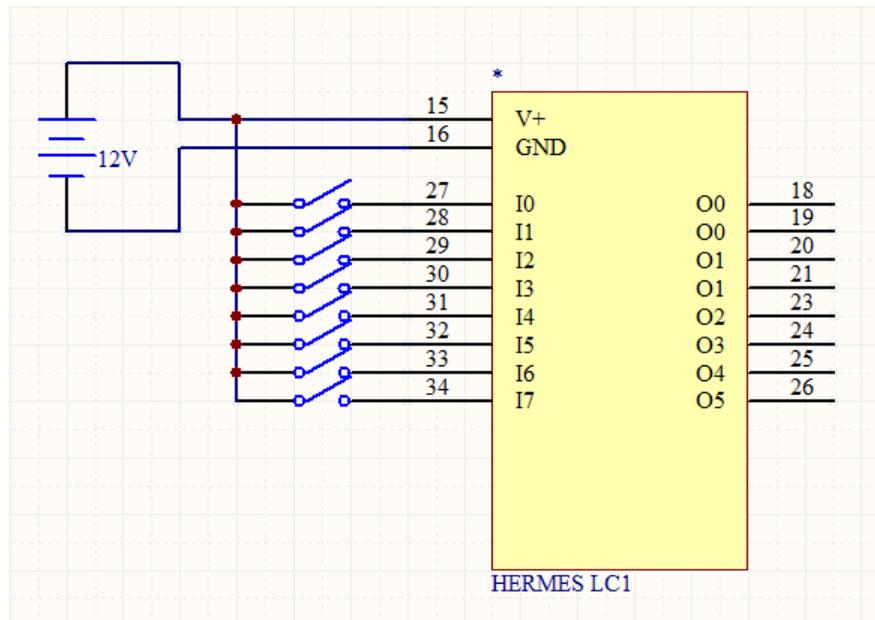
Numero	4 (OUT2 a OUT5)
Tensión	No superior a la de alimentación.
Intensidad máxima	300mA

Conexionado entradas digitales:

El Hermes LC1 cuenta con 8 entradas digitales, estas se activan con tensión en un rango de 5 a 15 V. La frecuencia de muestreo es de 100Hz, por lo tanto el pulso más pequeño que el equipo detectara con garantía es de 10ms.

Las entradas se pueden emplear como señales de alarma, contadores totalizadores de pulsos o caudalímetros.

Conexión de contactos libres de potencial:

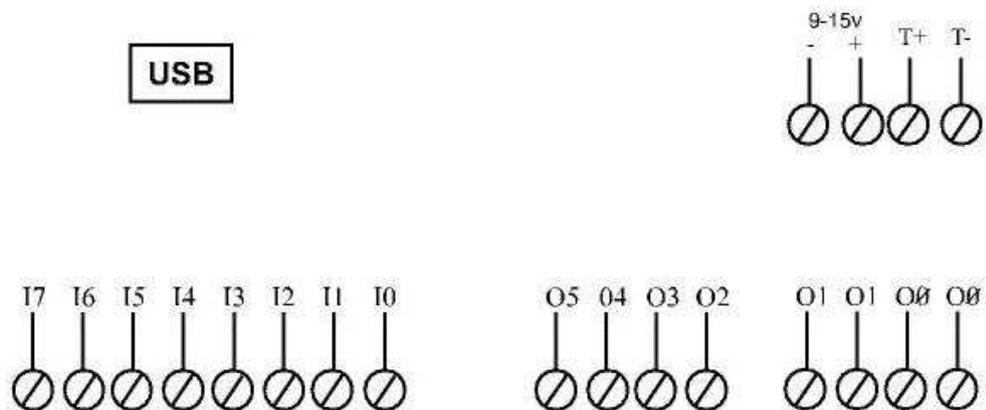


Conexión de las salidas digitales:

El Hermes LC1 cuenta con 6 salidas digitales. 2 de ellas son por contactos libres de potencial y las cuatro restantes son del tipo “colector abierto”, es decir, cierran a masa el circuito que se conecta.

Tabla de conexiones:

La figura muestra la disposición de bornes del Hermes LC1.



SEÑAL	DESCRIPCION	NOTAS
I0	Entrada digital 0	Activación por tensión. 5 a15v
I1	Entrada digital 1	Activación por tensión. 5 a15v
I2	Entrada digital 2	Activación por tensión. 5 a15v
I3	Entrada digital 3	Activación por tensión. 5 a15v
I4	Entrada digital 4	Activación por tensión. 5 a15v
I5	Entrada digital 5	Activación por tensión. 5 a15v
I6	Entrada digital 6	Activación por tensión. 5 a15v
I7	Entrada digital 7	Activación por tensión. 5 a15v
O0	Salida a rele 0	Max. 5A, 250V
O0	Salida a rele 0	Max. 5A, 250V
O1	Salida a rele 1	Max. 5A, 250V
O1	Salida a rele 1	Max. 5A, 250V
O2	Salida colector abierto 2	Max. 300mA 15V Deriva a masa la carga.
O3	Salida colector abierto 3	Max. 300mA 15V Deriva a masa la carga.
O4	Salida colector abierto 4	Max. 300mA 15V Deriva a masa la carga.
O5	Salida colector abierto 5	Max. 300mA 15V Deriva a masa la carga.
T+	Entrada positiva sonda temperatura.	Cable rojo sonda temperatura
T-	Entrada negativa sonda temperatura.	Cable negro sonda temperatura
- 9-15v	Negativo alimentación.	9 a 15v, 500mA
+ 9-15v	Positivo alimentación.	9 a 15v, 500mA

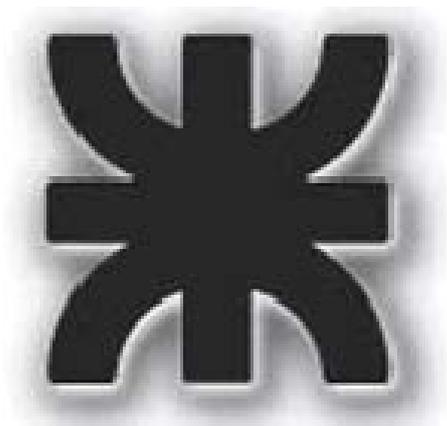
Accesorios:

Este equipo vendrá acompañado de una Fuente de alimentación ininterrumpida de 12V / 12W de la misma marca (MICROCOM), modelo UPS1212.

La UPS1212 es una fuente de alimentación ininterrumpida de 12v que dota al Hermes LC de la capacidad de enviar mensajes de alarma por fallo de tensión de red.

Capítulo VI.

Anexos Complementarios.



CONTENIDO.

- Figura 1 “Nomograma de pérdidas de cargas secundarias”.
- Figura 2 “Nomograma de pérdidas de cargas en tuberías”.
- Plano N° 1 “Distribución de los equipos de bombeo”.
- Plano N° 2 “Base y fundación para bomba axial S-40”.
- Plano N° 3 “Tuberías vista superior”.
- Plano N° 4 “Tuberías vista frontal”.
- Plano N° 5 “Base de motor eléctrico 90 kW”.
- Plano N° 6 “Cubre correas armado”.
- Plano N° 6-1 “Parte superior cubre correas”.
- Plano N° 6-2 “Parte inferior cubre correas”.
- Plano N° 7 “Tendido de conductores baja tensión”.
- Plano N° 8 “Diagrama de potencia tablero general 1”.
- Plano N° 9 “Diagrama de potencia tablero general 2”.
- Plano N° 10 “Diagrama de potencia tableros secundario 1 al 5”.
- Plano N° 11 “Estructura/soporte de tablero secundario TS-1 y TS-2”.
- Plano N° 12 “Estructura/soporte de tablero secundario TS-3 TS-4 TS-5”.
- Plano N° 13 “Diagrama de potencia tablero secundario 6”.
- Plano N° 14 “Malla de puesta a tierra”.
- Plano N° 15 “Subestación 33/0,4 kV”.
- Plano N° 16 “Botoneras/señales tablero general 1”.
- Plano N° 17 “Botoneras/señales tableros secundarios 1 a 5”.
- Plano N° 18 “Botoneras/señales tablero general 2”.
- Plano N° 19 “Botoneras/señales tablero secundario 6”.
- Plano N° 20 “Esquema unifilar MT / BT”.
- Plano N° 21 “Esquema de control mono bomba”.
- Plano N° 22 “Esquema de mando manual de bombas”.
- Plano N° 23 “Acometida aérea – subterránea con medidor compacto”.

FIGURA 1.

Nomograma de pérdidas de carga secundaria, en accesorios de tubería para agua.

FIGURA 1

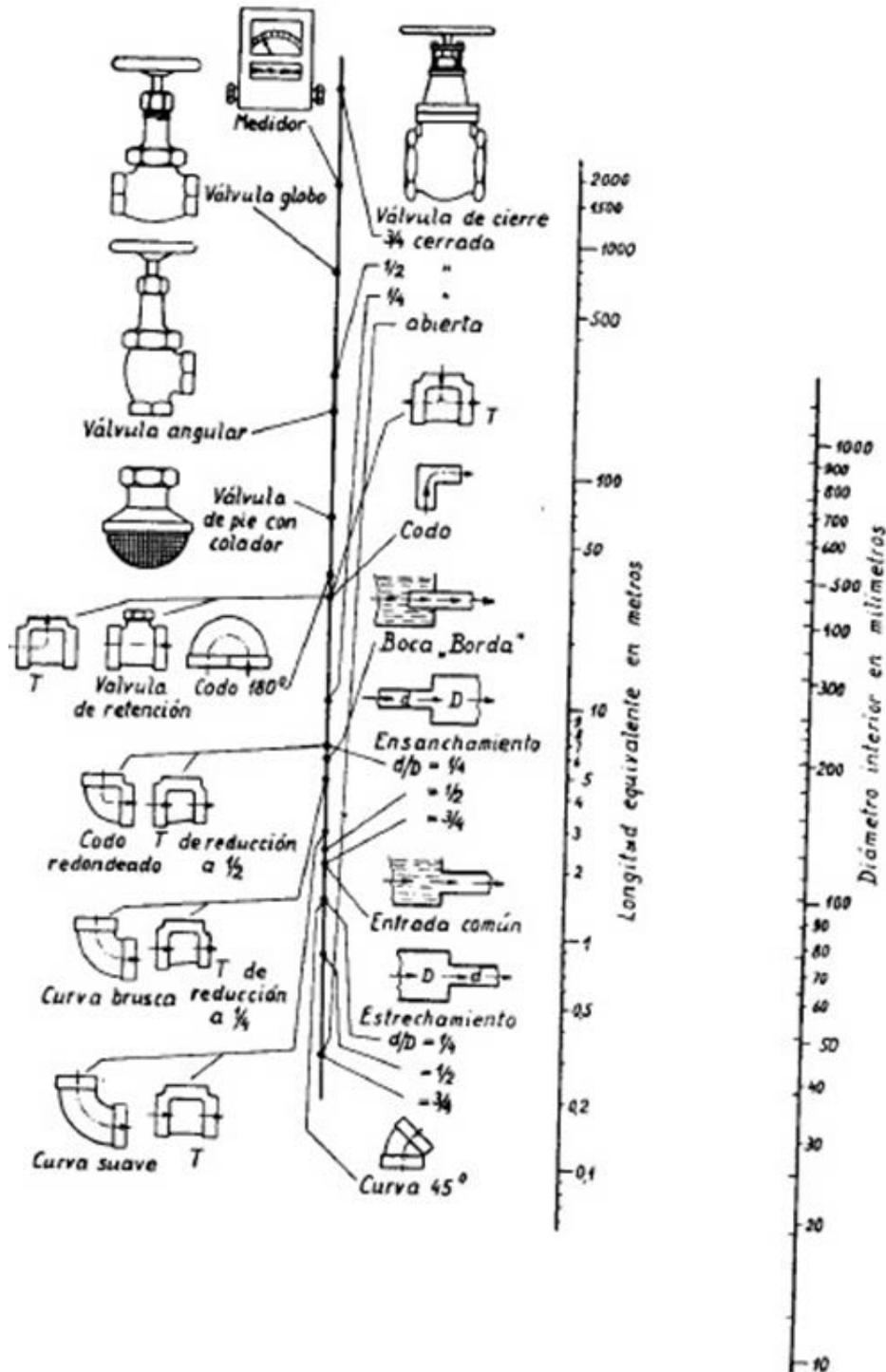
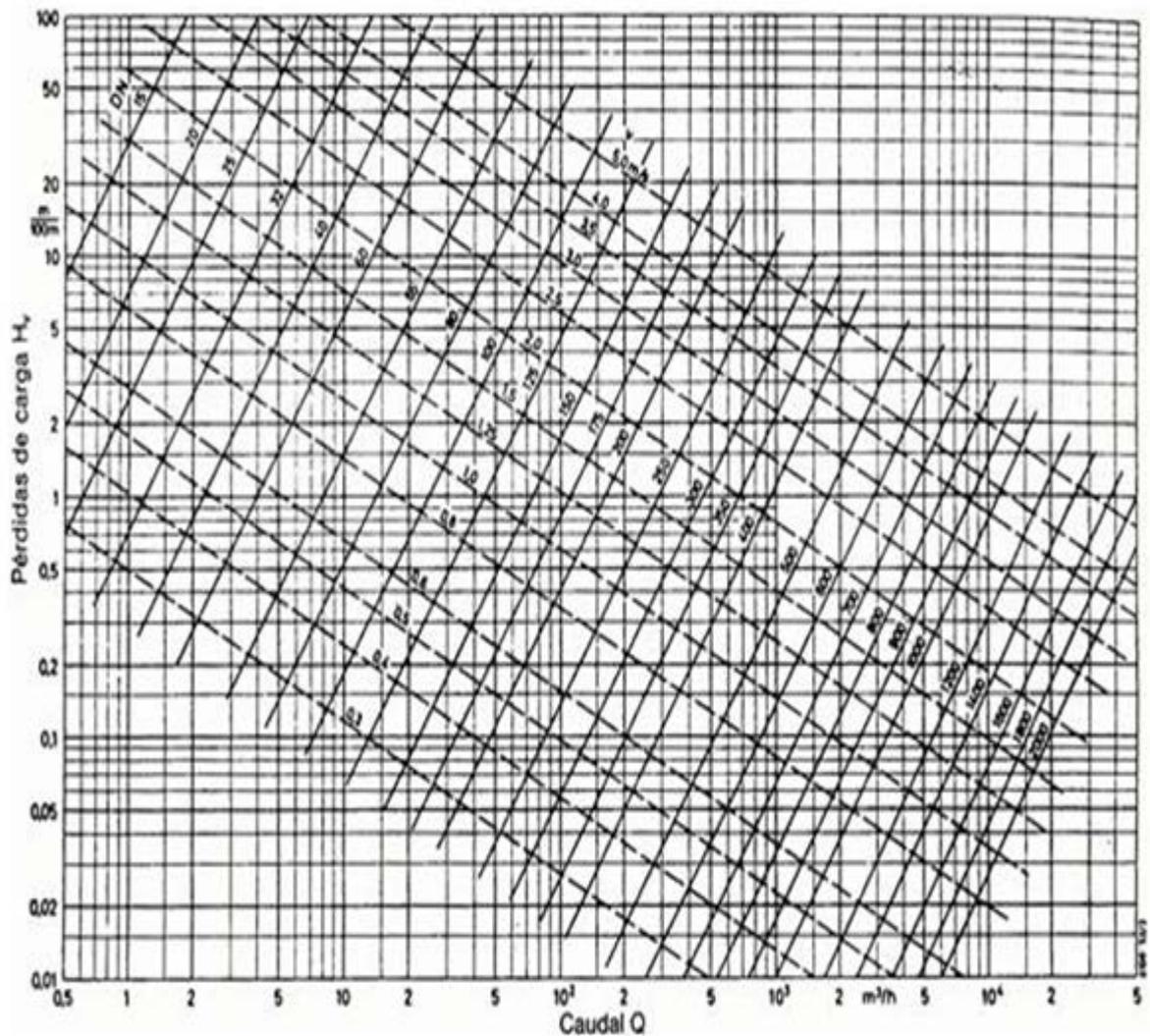
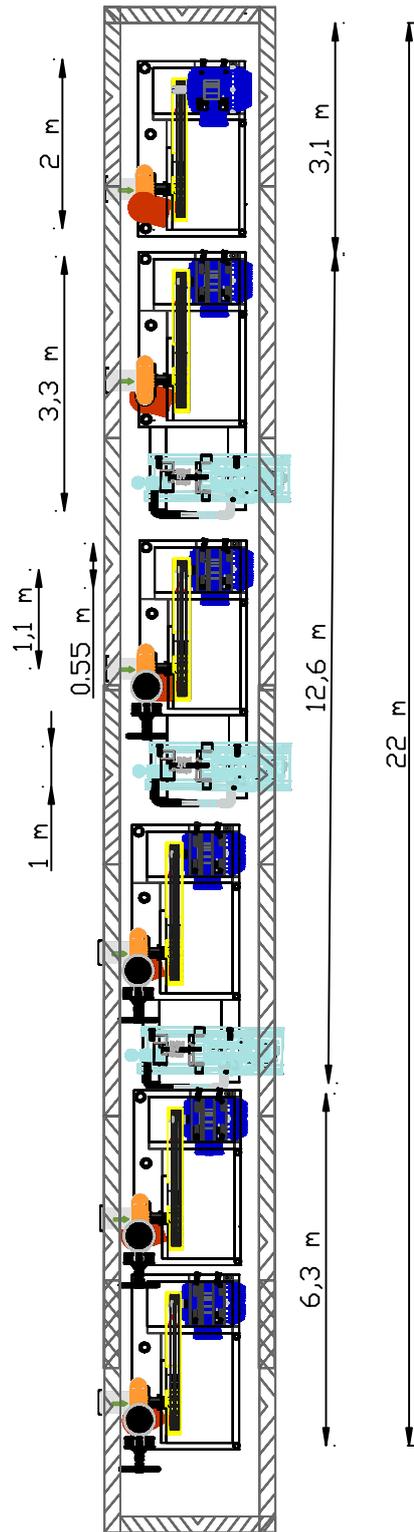


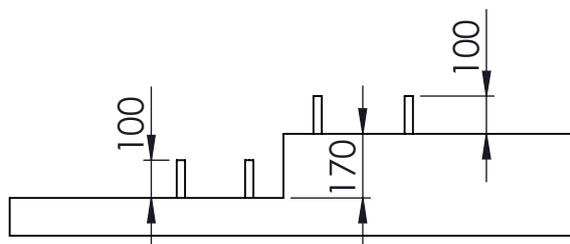
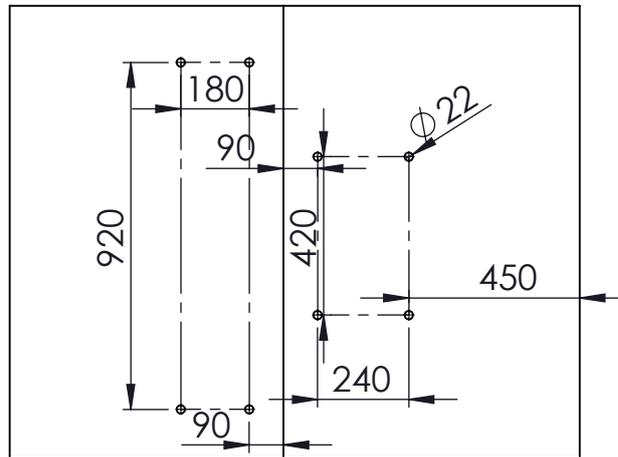
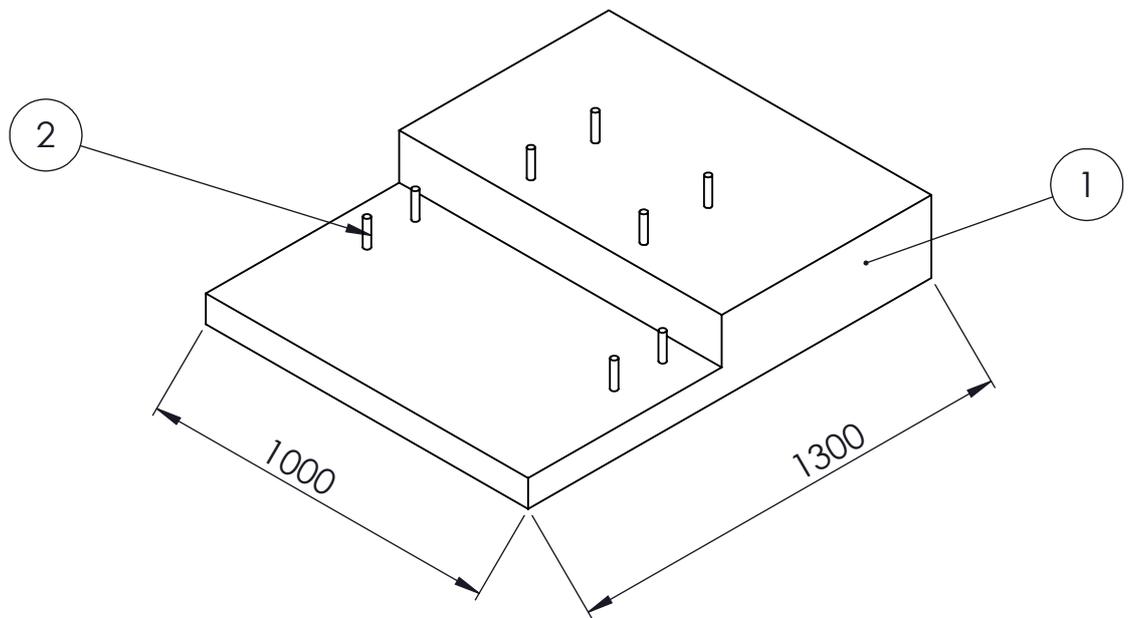
FIGURA 2.

Nomograma pérdidas de carga "H" en función del caudal "Q" y el diámetro de la tubería:

Figura 2

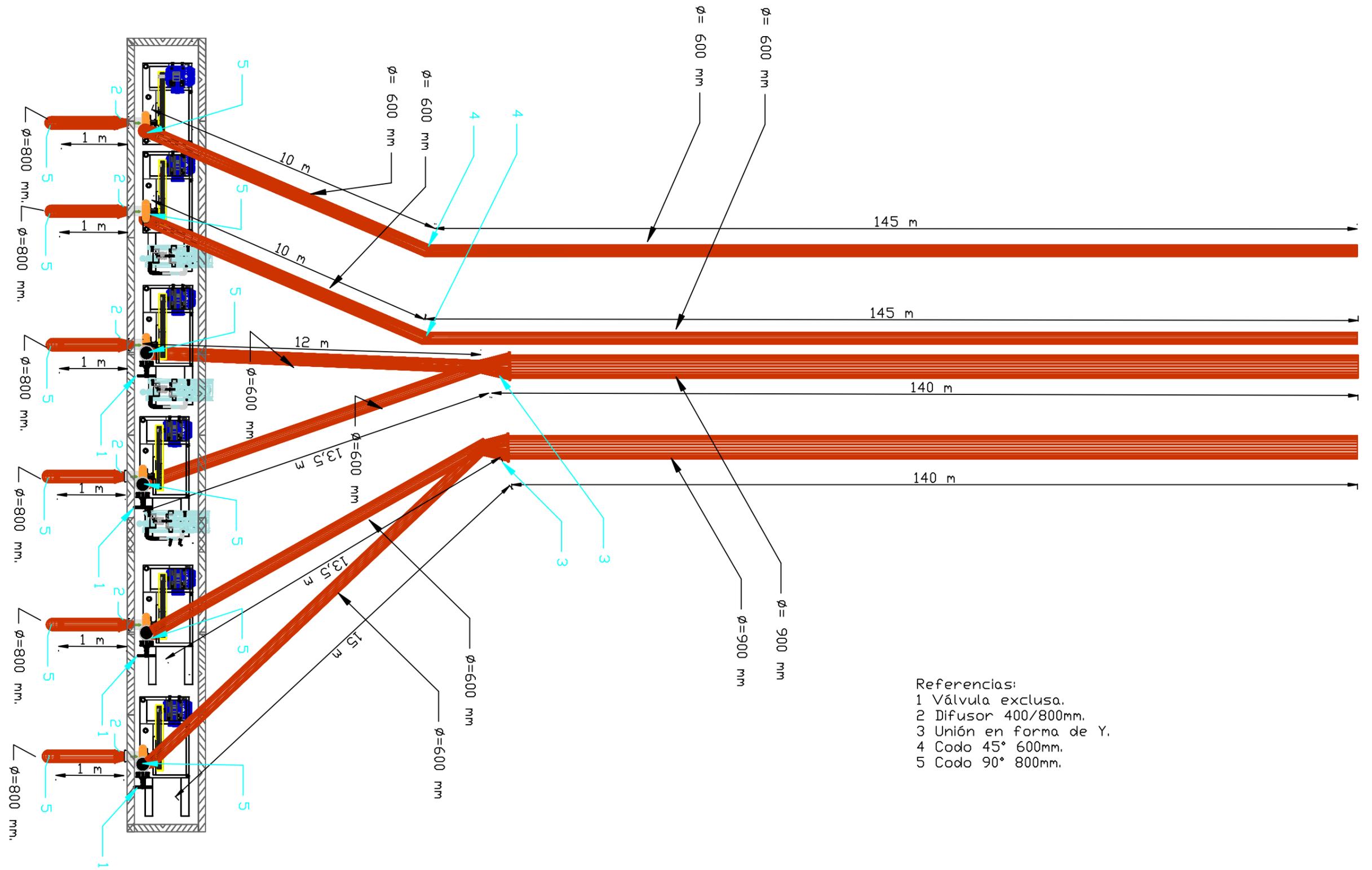


	Fecha	Nombre	Firma	UTN - FRCU
Dibujo	20/05/15	Korell, M		Dalle Tezze, Cristian
Aprovo				Korell, Matias
Escala:	Distribución de los equipos de bombeo			Proyecto Final de Carrera
				Plano N°1
				Formato A4



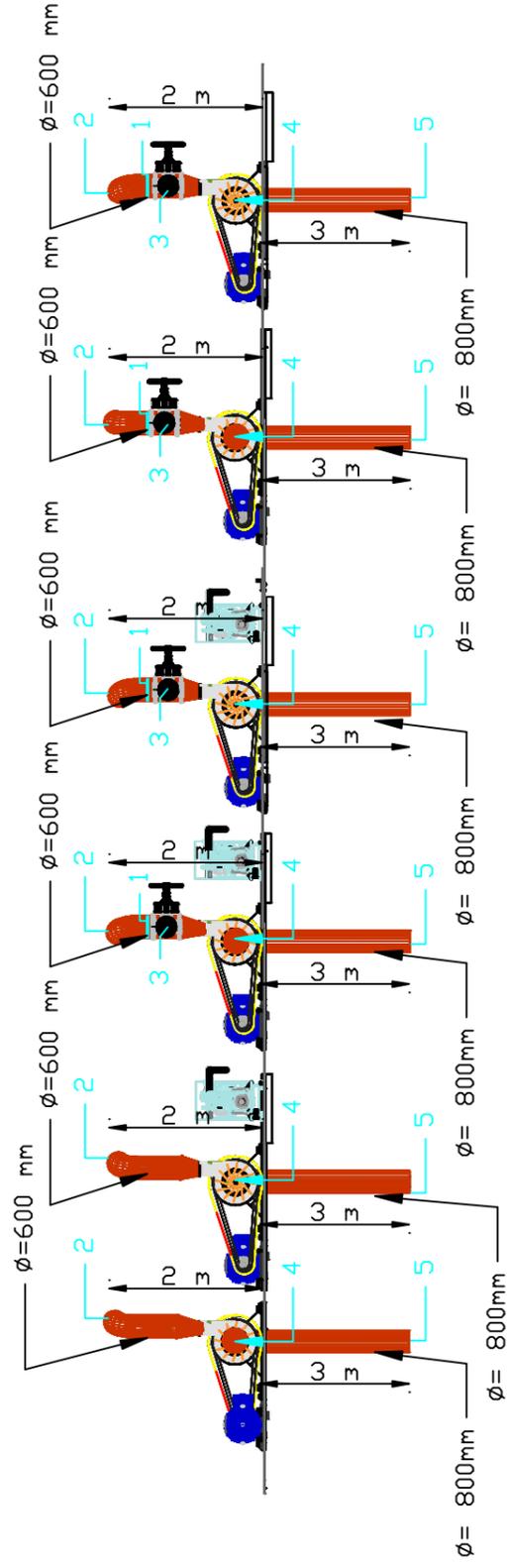
- 1) Base de Hormigón
- 2) Varilla roscada 22mm empotrada en estructura de hormigón

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		<h1>UTN-FRCU</h1>		Dalle Tezze, Cristian miguel Korell, Matias	
	FIRMA	FECHA	ACLARACIÓN	TÍTULO: <h2>Base y fundacion para bomba axial S-40</h2>	
DIBUJ.	Cristian D.	13/04/15			
VERIF.					
APROB.					
PFC-1412B			MATERIALES: Bulon 22mm Hormigón	Proyecto Final de Carrera	
Peso aproximado de bomba: 1150 KG			Nº Plano: 2	ESCALA: 1:50	HOJA 1 DE 1



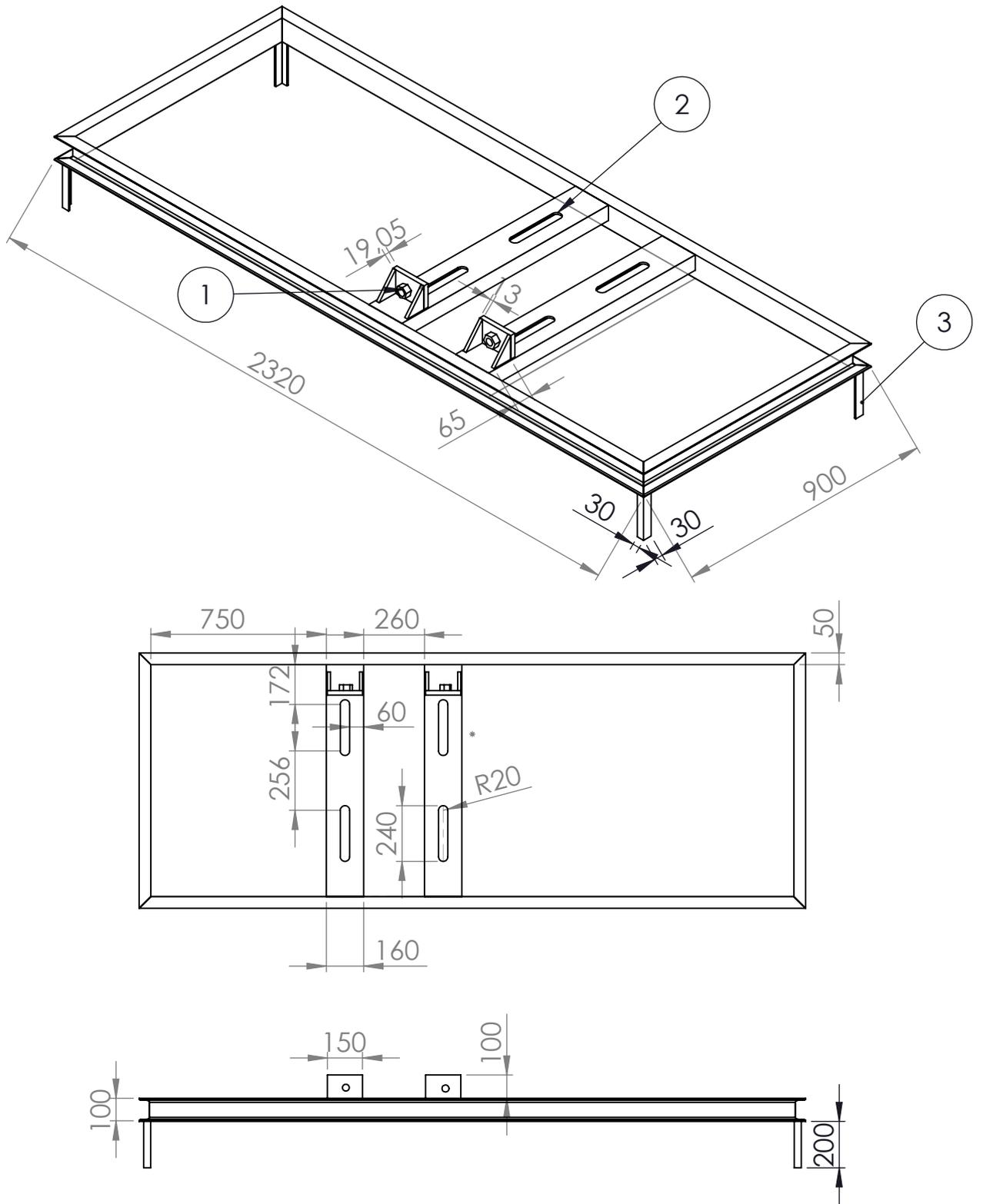
- Referencias:
- 1 Válvula exclusiva.
 - 2 Difusor 400/800mm.
 - 3 Unión en forma de Y.
 - 4 Codo 45° 600mm.
 - 5 Codo 90° 800mm.

	Fecha	Nombre	Firma	UTN - FRCU Dalle Tezze, Cristian Korell, Matias
Dibujo	18/05/15	Korell, M		
Aprovo				
Escala:	Tuberías vista superior			Proyecto Final de Carrera Plano N°3 Formato A3



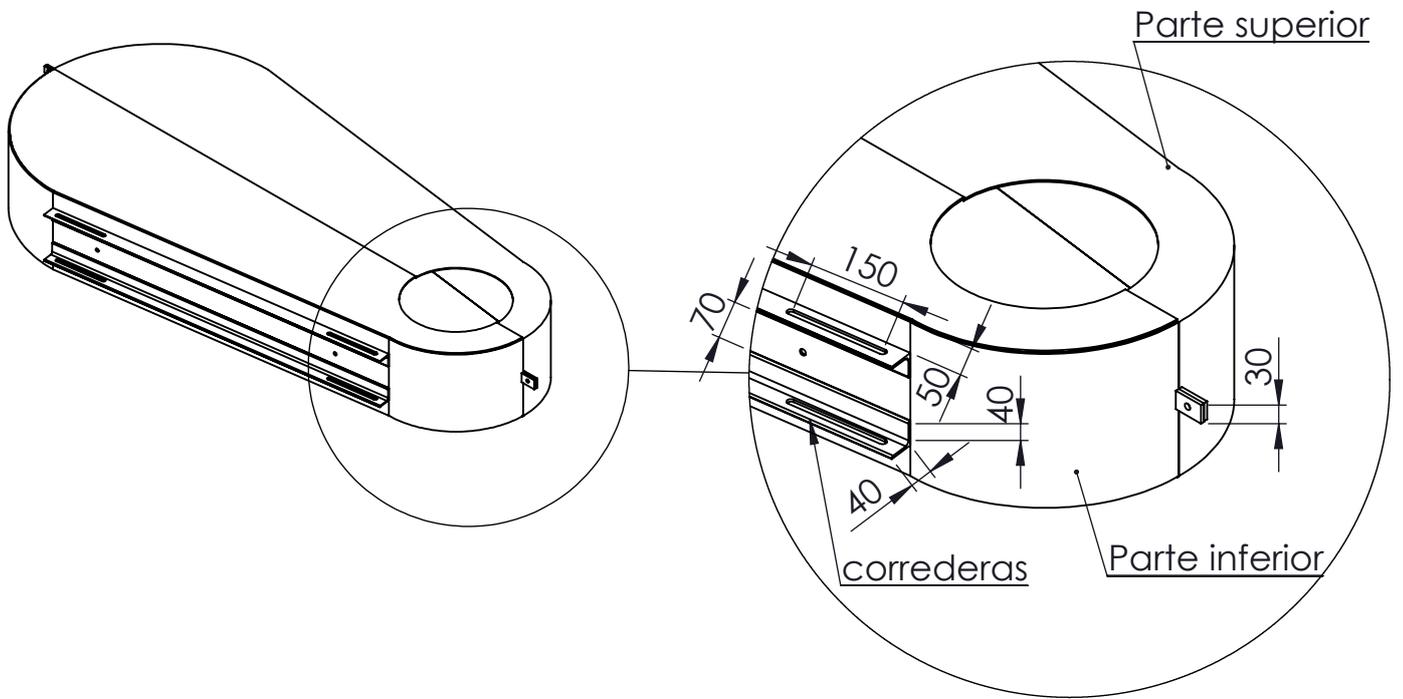
- Referencias:
 1 Válvula de retención.
 2 Codo 90° 600 mm.
 3 Válvula exclusiva.
 4 Codo 90° 600mm.
 5 Válvula de pie con filtro 800mm.

Fecha	Nombre	Firma	UTN - FRCU
Dibujo	Korell, M		Dalle Tezze, Cristian
Aprobo			Korell, Matias
Escala:	Tuberías vista frontal		Proyecto Final de Carrera
			Plano N°4
			Formato A3

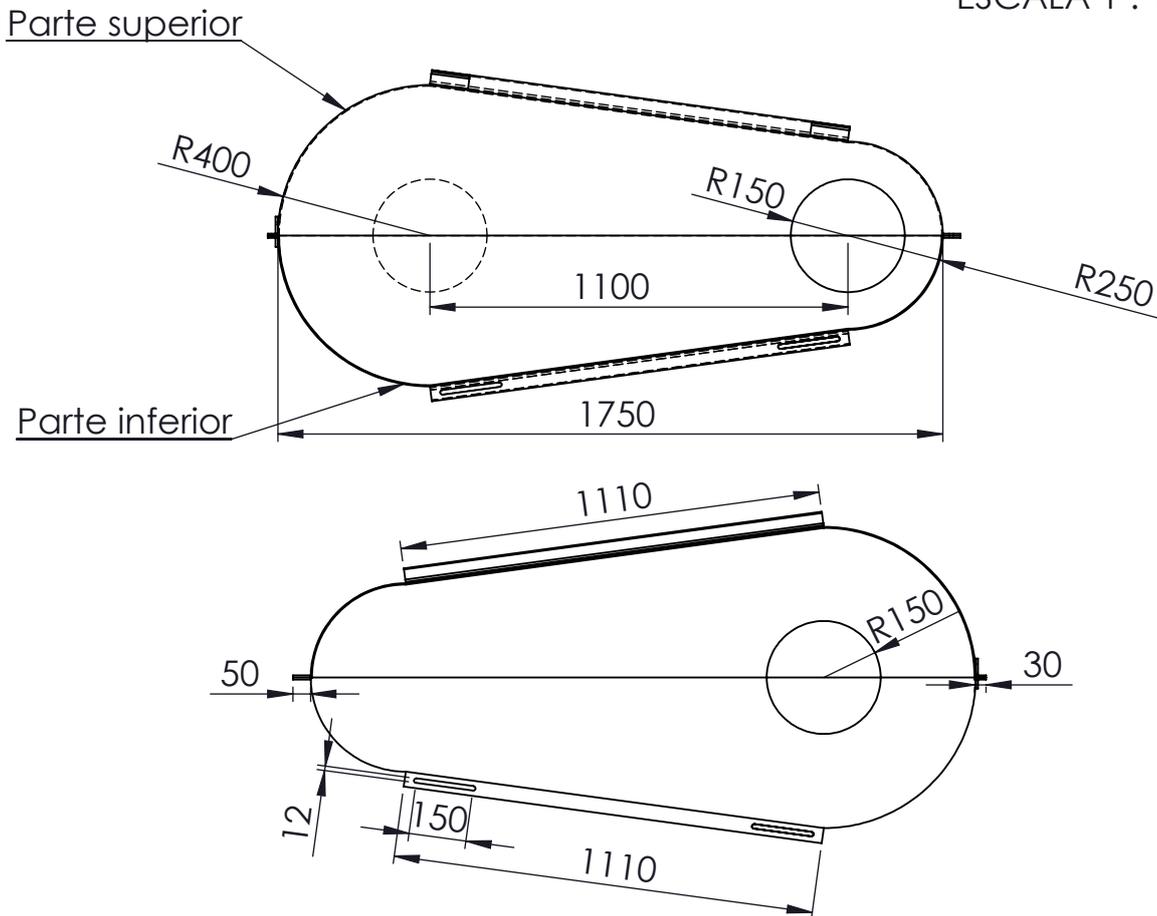


- 1) Rosca para el tensado de correas
- 2) Base con correderas
- 3) Perfil L 30x30x3 para encadenar al hormigón

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		UTN-FRCU		Dalle Tezze, Cristian miguel Korell, Matias	
FIRMA	FECHA	ACLARACIÓN		TÍTULO:	
DIBUJ. Cristian D.	13/04/15			Base de motor elèctrico 90 KW	
VERIF.					
APROB.					
PFC-1412B		MATERIALES: Miembro estructural DIN tipo UPN 100-150 Planchuela 3/4" - 1/2" Perfil L 30x30x3		Proyecto Final de Carrera	
		Nº Plano: 5		A4	
				ESCALA:1:50	
				HOJA 1 DE 1	



DETALLE D
ESCALA 1 : 10



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

UTN-FRCU

Dalle Tezze, Cristian miguel
Korell, Matias

	FIRMA	FECHA	ACLARACIÓN
DIBUJ.	Cristian D.	07/05/15	
VERIF.			
APROB.			

TÍTULO:
cube correas armado

PFC-1412B

MATERIALES:
Miembro estructural DIN tipo L 40x40x4
Planchuela 1/4"
chapa plegada acero comercial 1/8"

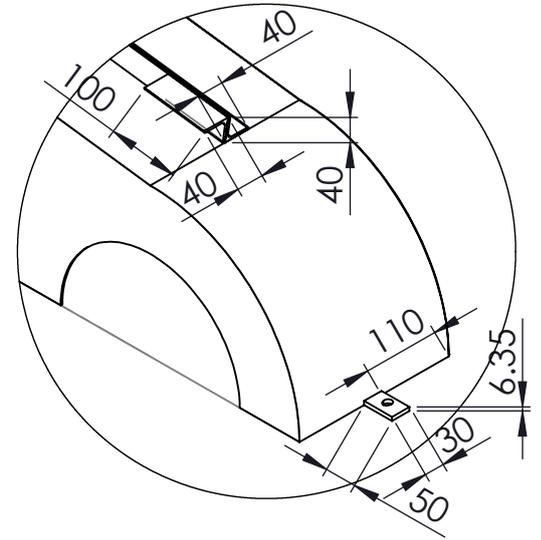
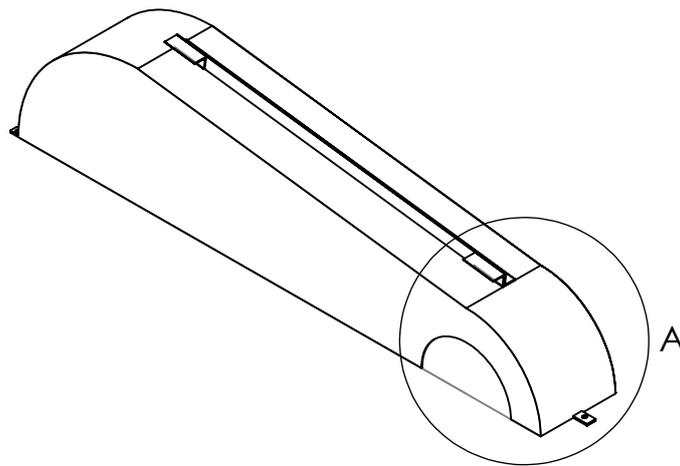
Proyecto Final de Carrera

A4

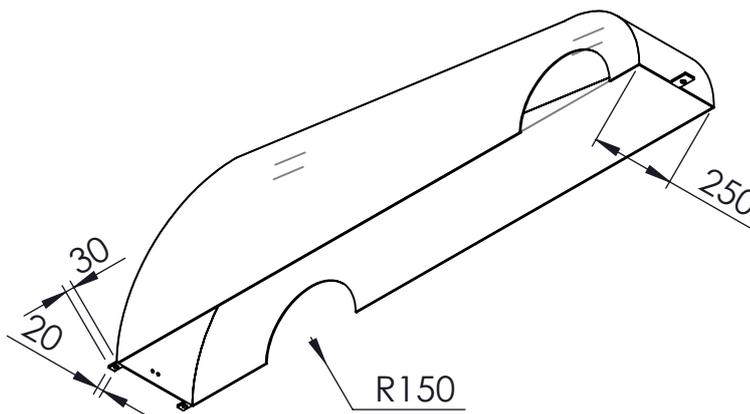
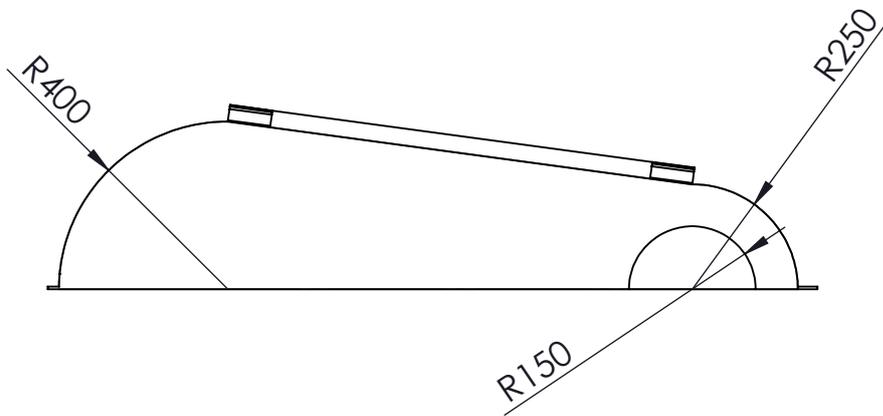
Nº Plano: 6

ESCALA:1:50

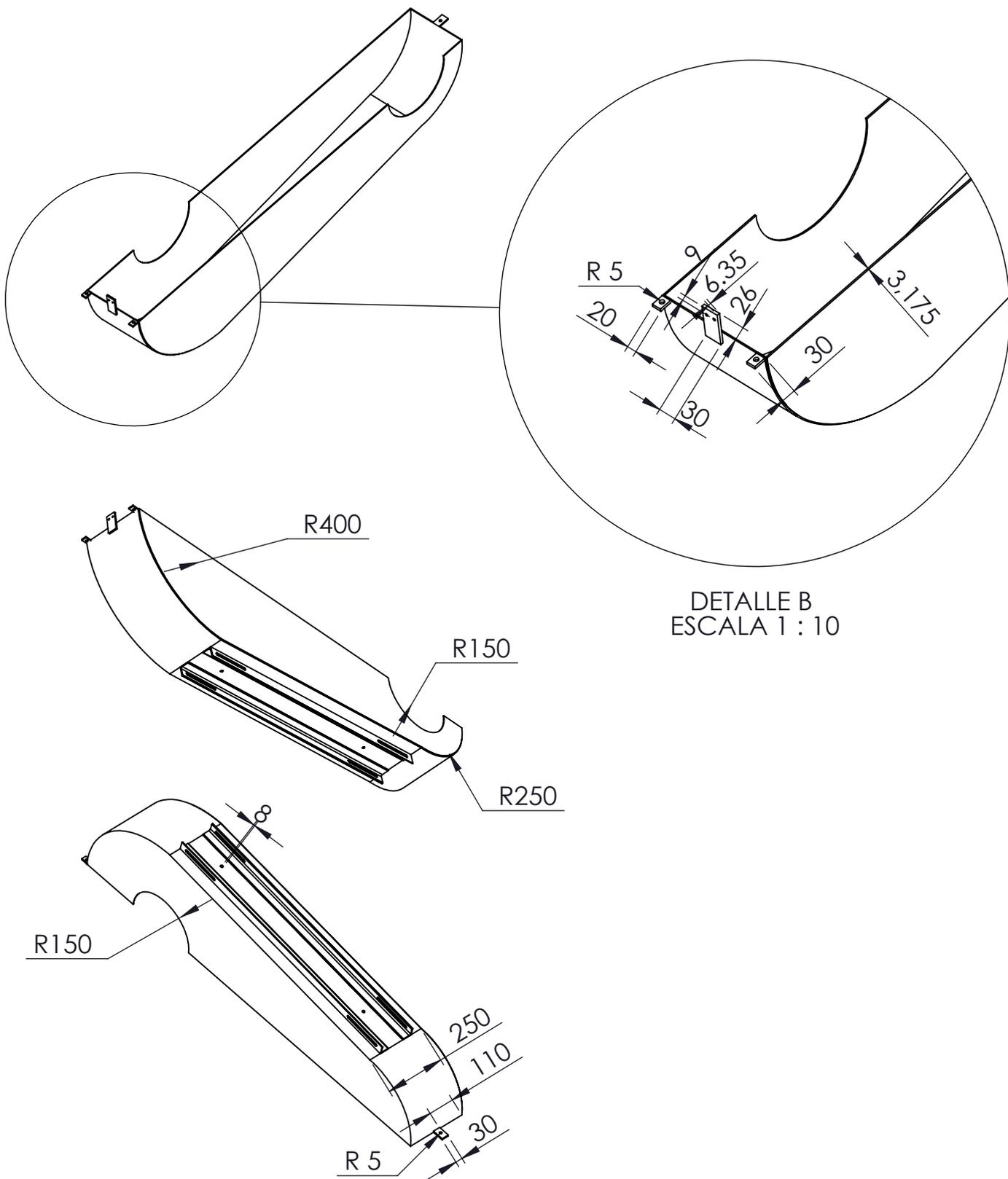
HOJA 1 DE 1



DETALLE A
ESCALA 1 : 9

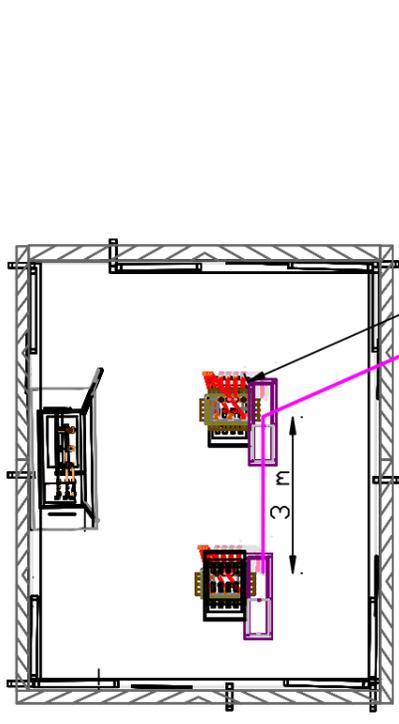
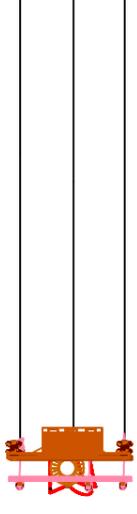


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			UTN-FRCU		Dalle Tezze, Cristian miguel Korell, Matias	
FIRMA		FECHA	ACLARACIÓN		TÍTULO:	
DIBUJ. Cristian D.		07/05/15			Parte superior cubre correas	
VERIF.						
APROB.						
PFC-1412B		MATERIALES: Miembro estructural DIN tipo L 40x40x4 Planchuela 1/4" chapa de acero comercial 1/8"		Proyecto Final de Carrera		A4
Nº Plano: 6-1			ESCALA:1:20		HOJA 1 DE 1	

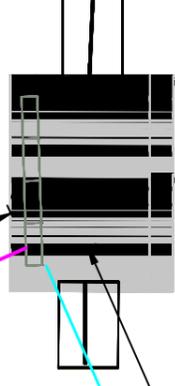


DETALLE B
ESCALA 1 : 10

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			UTN-FRCU		Dalle Tezze, Cristian miguel Korell, Matias	
FIRMA		FECHA	ACLARACIÓN		TÍTULO:	
DIBUJ. Cristian D.		07/05/15			Parte inferior cubre correas	
VERIF.						
APROB.						
PFC-1412B			MATERIALES: Miembro estructural DIN tipo L 40x40x4 Planchuela 1/4" chapa plegada acero comercial 1/8"		Proyecto Final de Carrera	
Nº Plano: 6-2			ESCALA:1:50		A4	
					HOJA 1 DE 1	



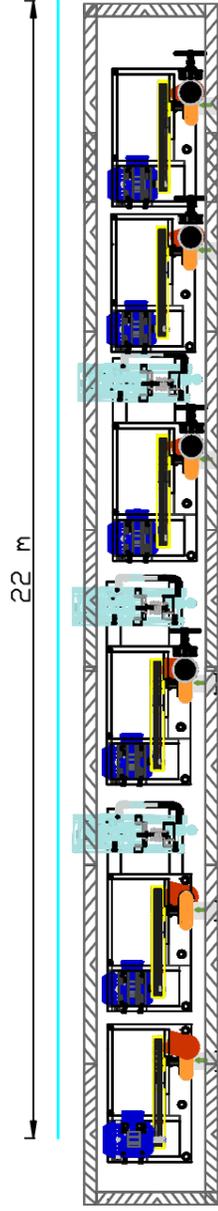
2x(2x(3x150+70)mm²)



Sala de tableros.

6x(3x95)mm²+PE

13 m

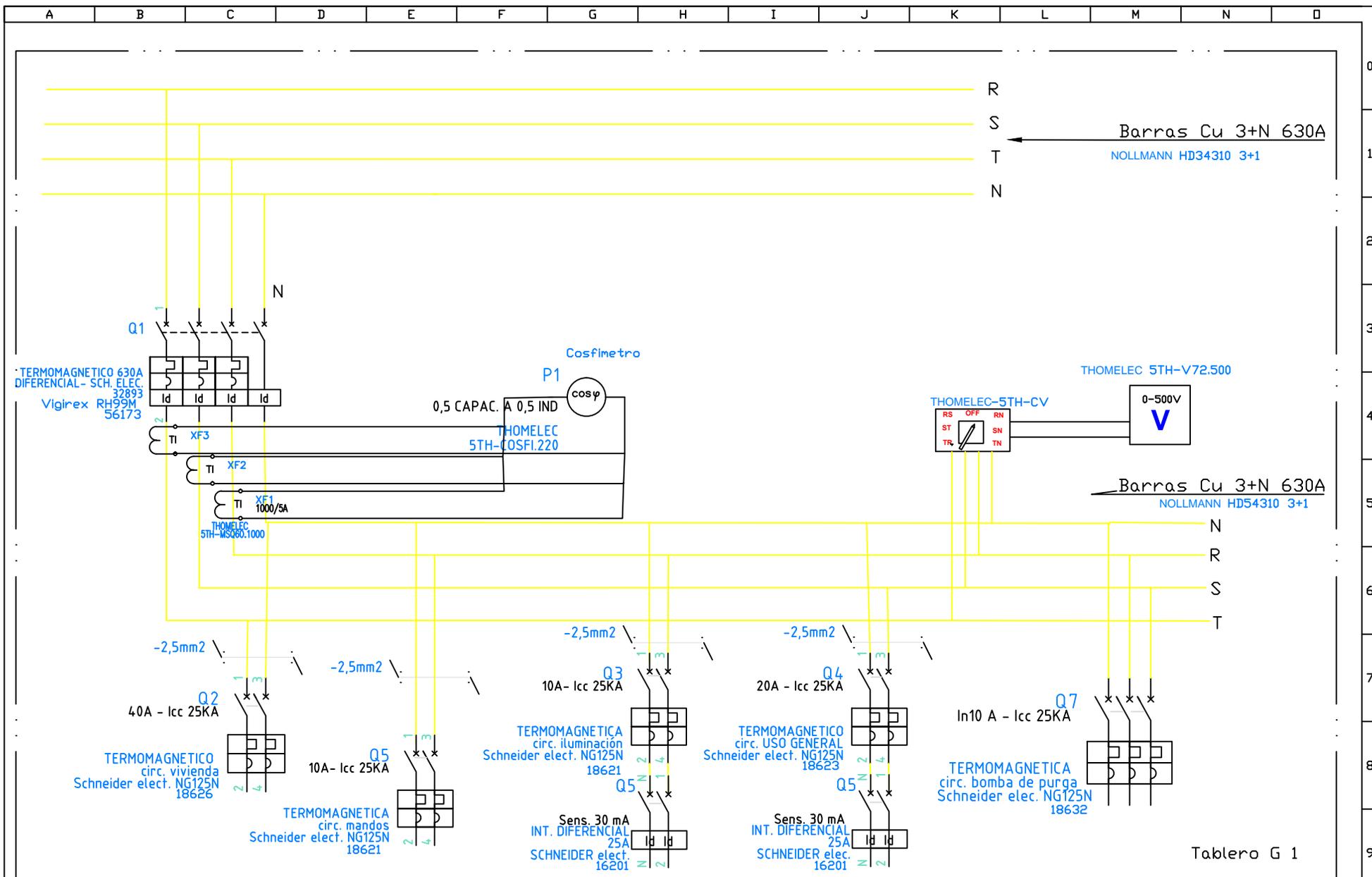


22 m

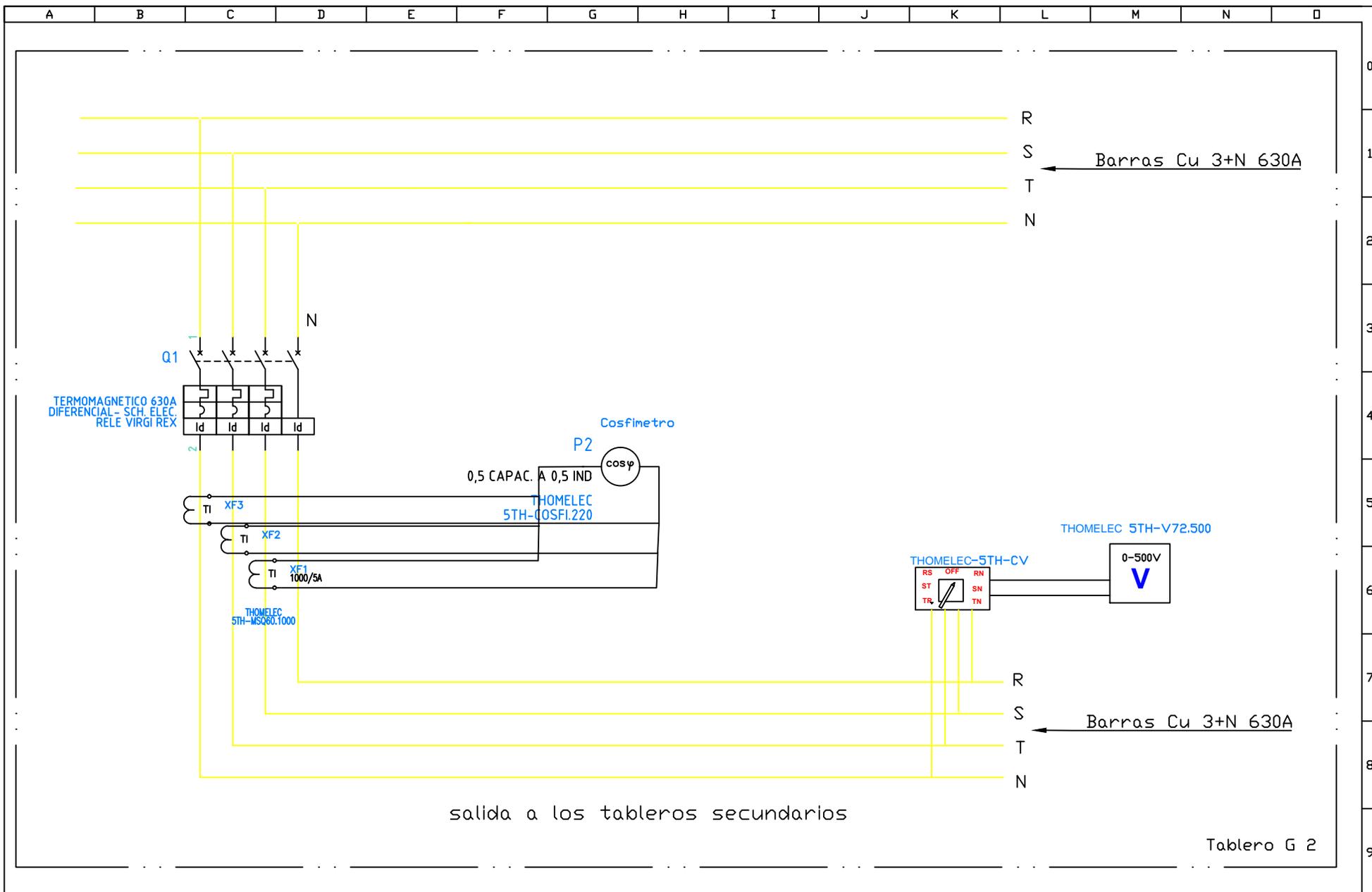
3.15 m

4.2 m

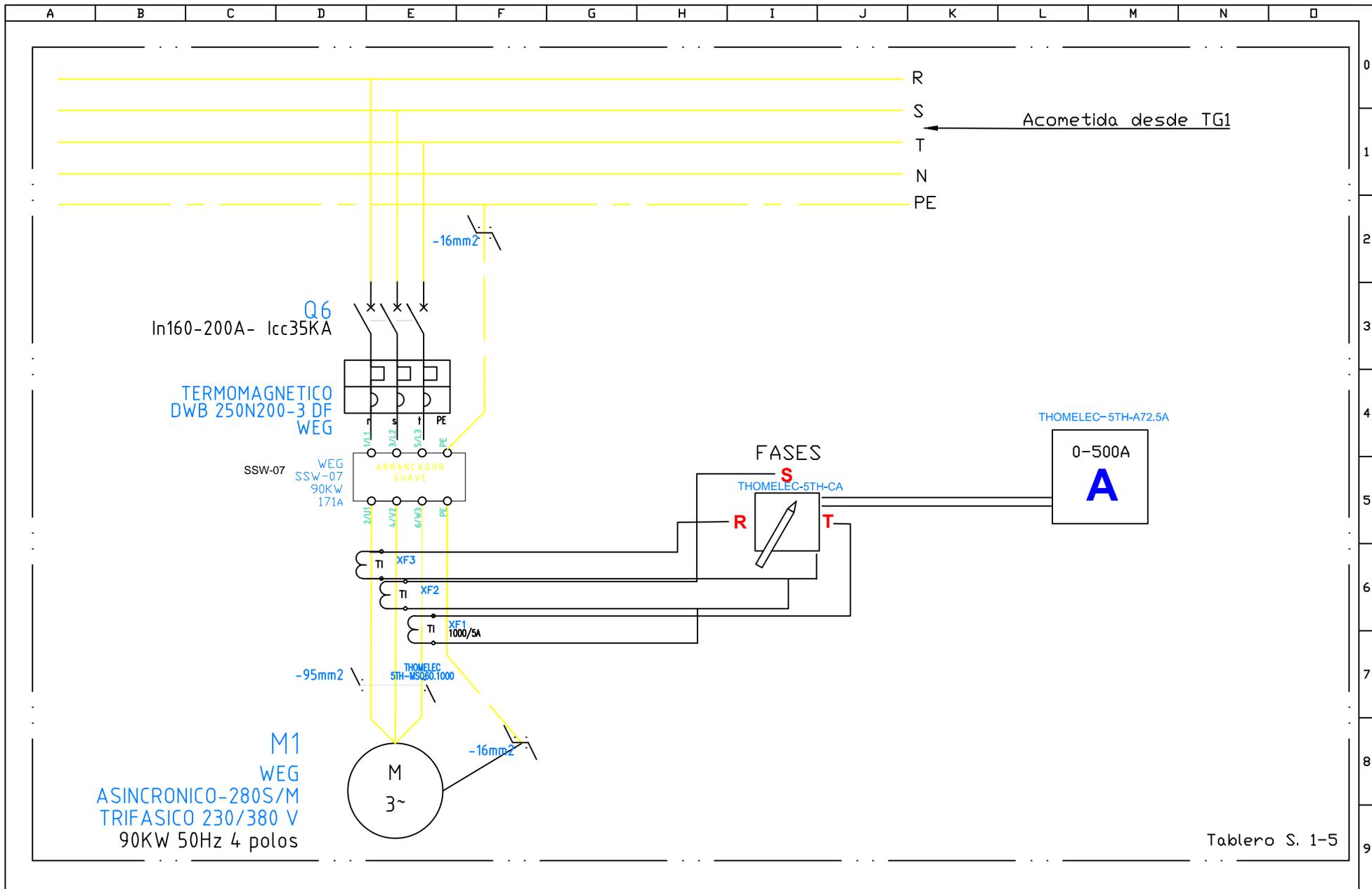
Fecha	Nombre	Firma	UTN - FRCU
Dibujo	20/05/15	Korell, M	Dalle Tezze, Cristian
Aprova			Korell, Matias
Escala:	Tendido de conductores		Proyecto Final de Carrera
	Baja Tensión		Plano N°7
			Formato A3



Dibujo: Cristian D.T.	modificado	Fecha: 14/05/15	Título: diagrama de potencia tablero general 1			UTN FRCU
supervisado por:	Escala: No se contempla	Formato: A4	Proyecto Final de Carrera: PFC-1412B	Nº de plano: 8	Hoja: 1 de 1	
Aprob.	Dalle tezze, Cristian - Korell, Matias					

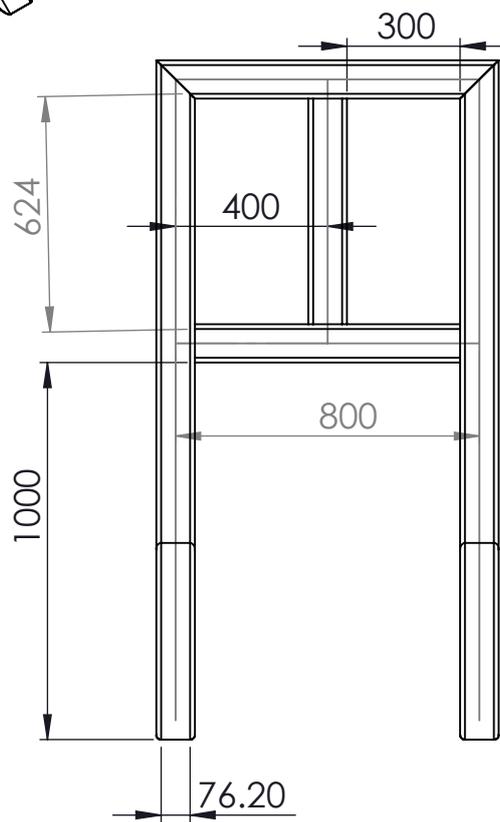
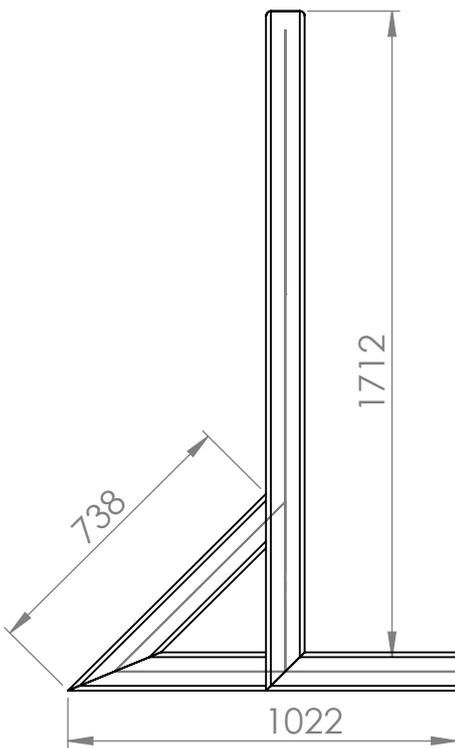
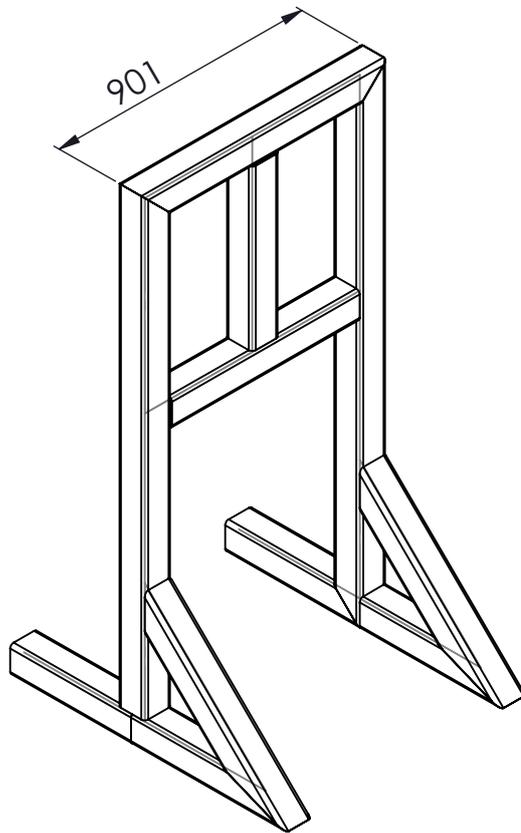


Dibujo: Cristian D.T.	modificado	Fecha: 14/05/15	Título: diagrama de potencia tablero general 2			UTN FRCU
supervisado por:	Escala: No se contempla	Formato: A4	Proyecto Final de Carrera: PFC-1412B	Nº de plano: 9	Hoja: 1 de 1	
Aprob.	Dalle tezze, Cristian - Korell, Matias					



Tablero S. 1-5

Dibujo: Cristian D.T.	modificado	Fecha: 14/05/15	Título: Diagrama de potencia tableros secundarios 1 al 5			UTN FRCU
supervisado por:	Escala: no se contempla	Formato: A4	Proyecto Final de Carrera: PFC-1412B			
Aprob.	Dalle tezze, Cristian - Korell, Matias		Nº de plano: 10	Hoja: 1 de 1		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

UTN-FRCU

Dalle Tezze, Cristian miguel
Korell, Matias

	FIRMA	FECHA	ACLARACIÓN
DIBUJ.	Cristian D.	13/04/15	
VERIF.			
APROB.			

TÍTULO:
**Estructura/soporte de tablero
secundario TS-1 y TS-2**

PFC-1412B

MATERIALES:
Estándar ANSI pulgada
tipo tubo cuadrado 4x4x0,25

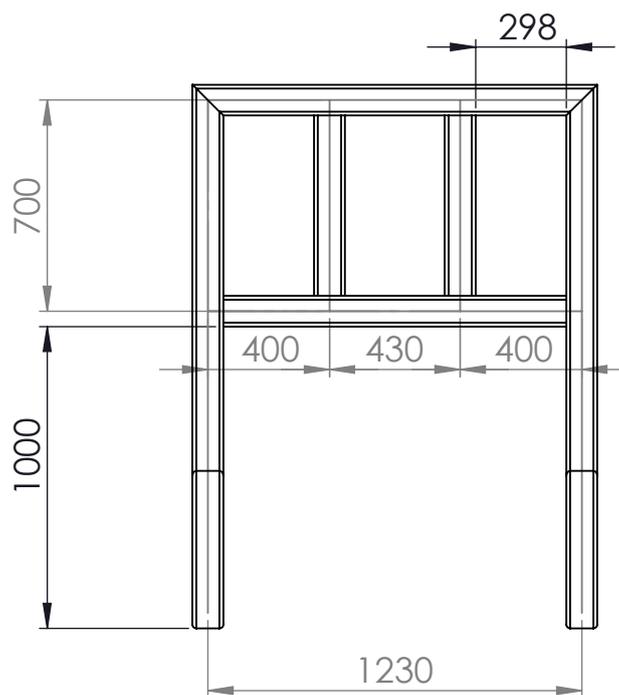
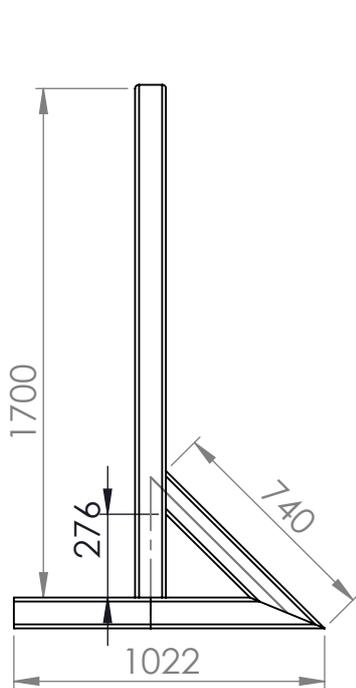
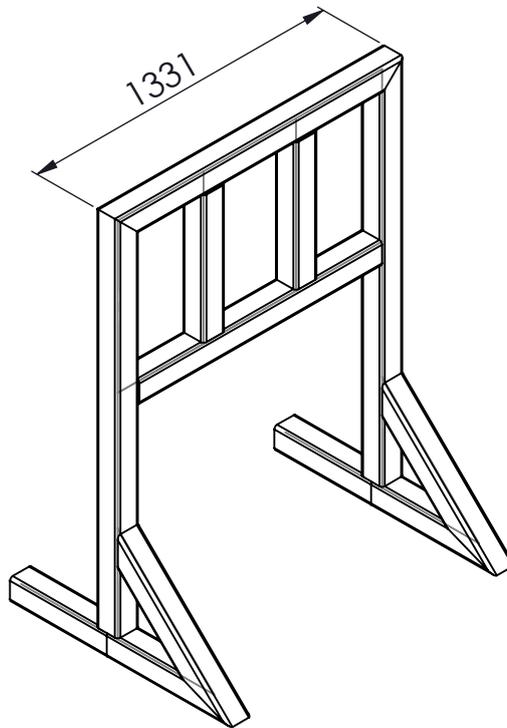
Proyecto Final de Carrera

A4

Nº Plano: 11

ESCALA:1:20

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

UTN-FRCU

Dalle Tezze, Cristian miguel
Korell, Matias

	FIRMA	FECHA	ACLARACIÓN
DIBUJ.	Cristian D.	13/04/15	
VERIF.			
APROB.			

TÍTULO:
Estructura/soporte de tablero
secundario TS3 TS4 TS5

PFC-1412B

MATERIALES:
Estándar ANSI pulgada
tipo tubo cuadrado 4x4x0,25

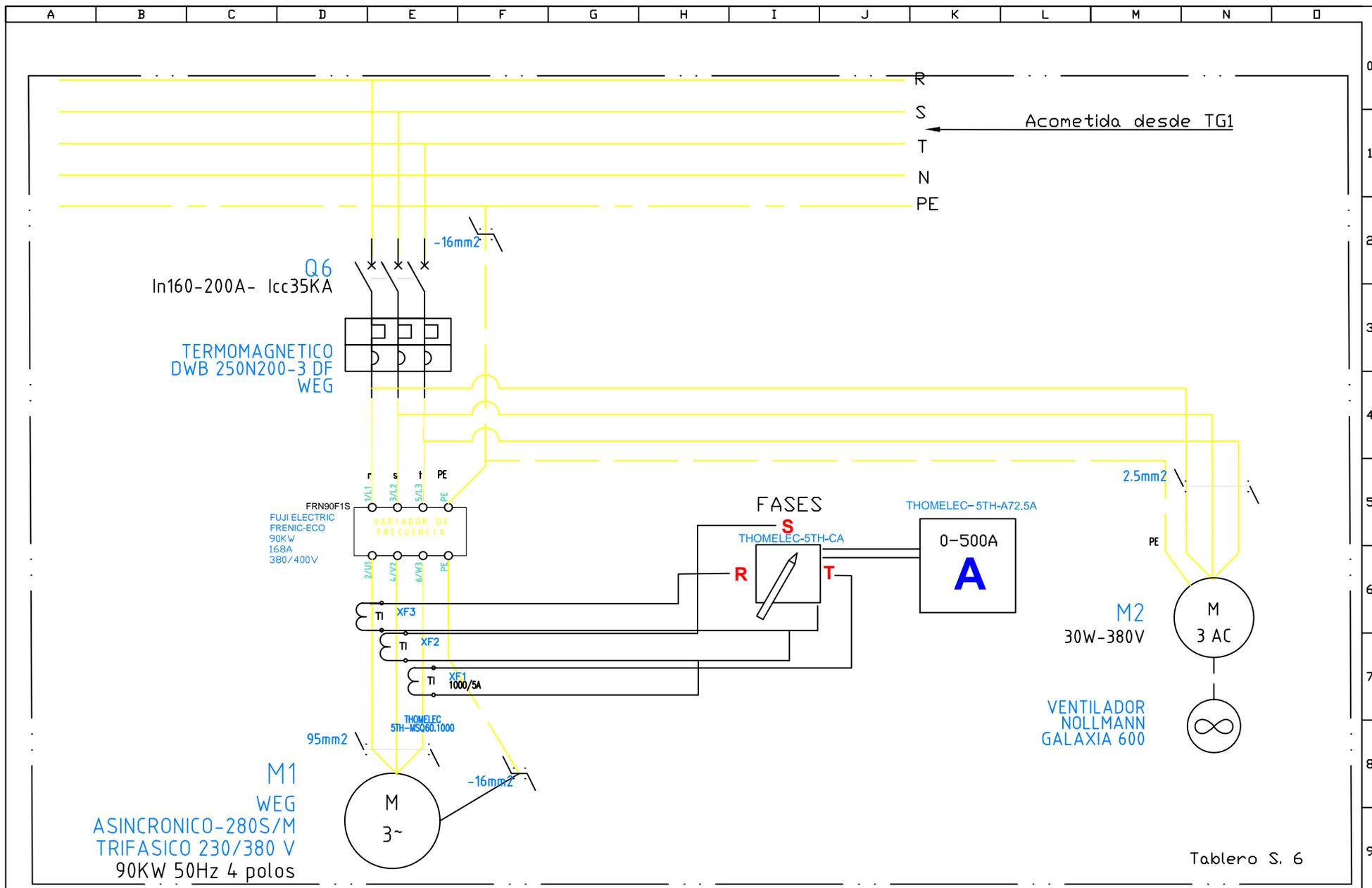
Proyecto Final de Carrera

A4

Nº Plano: 12

ESCALA:1:50

HOJA 1 DE 1

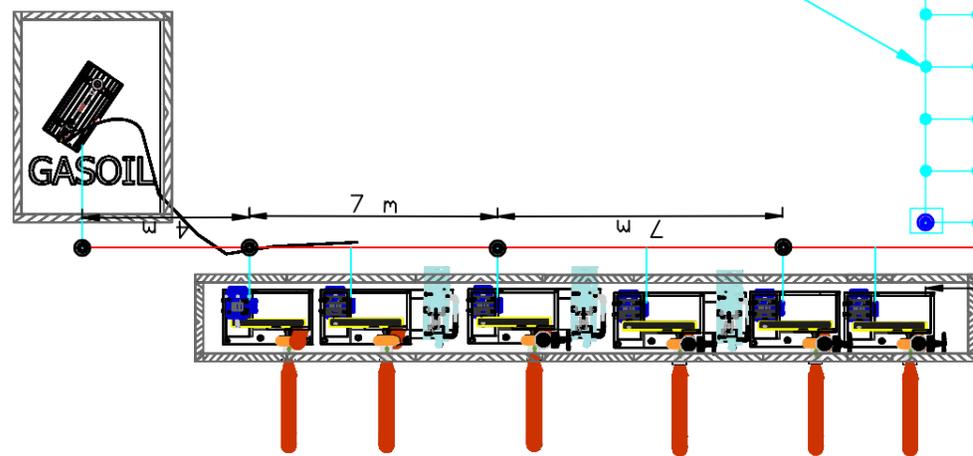
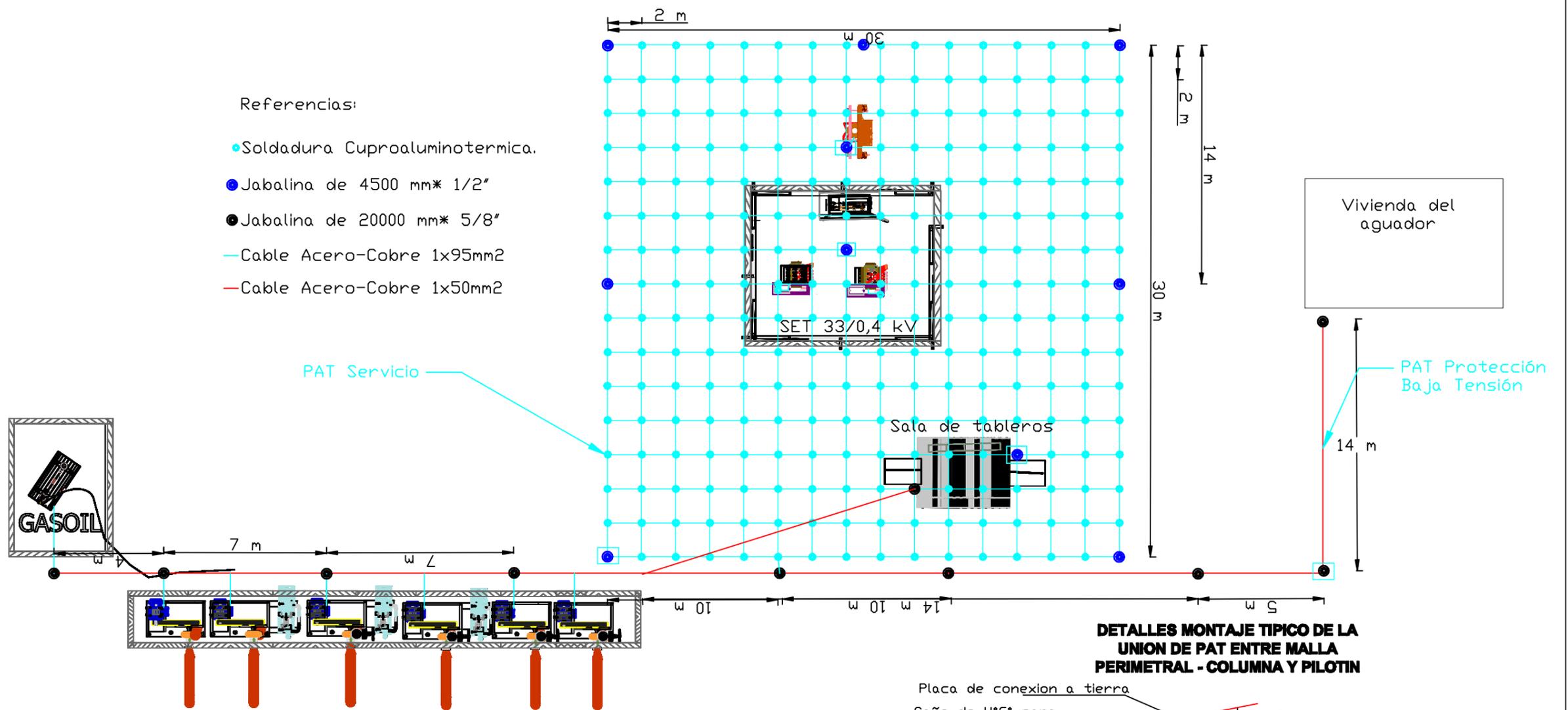


Dibujo:	Cristian D.T.	modificado:		Fecha:	14/05/15	Título:	Diagrama de Potencia tablero secundario 6		
supervisado por:		Escala:	no se contempla	Formato:	A4	Proyecto Final de Carrera:	Nº de plano:	Hoja:	
Aprob.	Dalle tezze, Cristian - Korell, Matias			PFC-1412B		13	1 de 1		

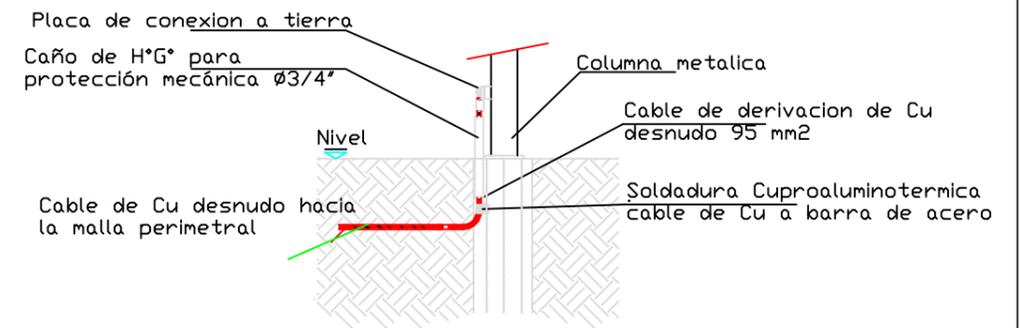
UTN
FRCU

Referencias:

- Soldadura Cuproaluminotermica.
- Jabalina de 4500 mm* 1/2"
- Jabalina de 20000 mm* 5/8"
- Cable Acero-Cobre 1x95mm²
- Cable Acero-Cobre 1x50mm²

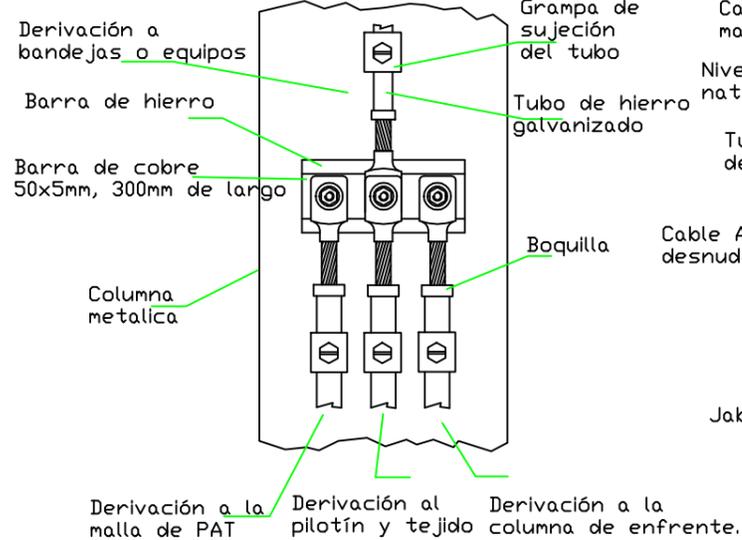


DETALLES MONTAJE TÍPICO DE LA UNIÓN DE PAT ENTRE MALLA PERIMETRAL - COLUMNA Y PILOTIN

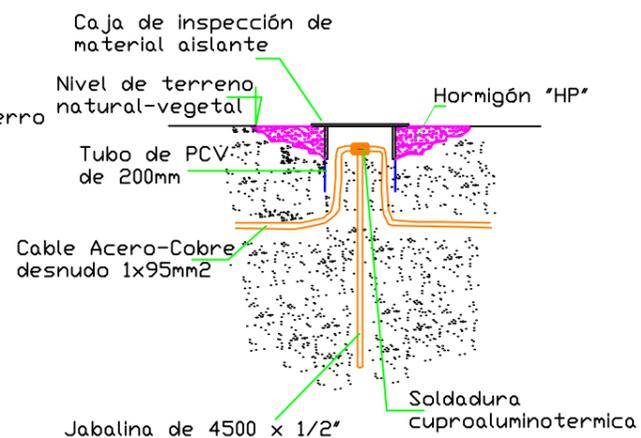


NOTA: Desde la barra de conexión de PAT, sale un cable hacia la malla perimetral y otro hasta los hierros de los pilotines (soldado a 300mm de profundidad).

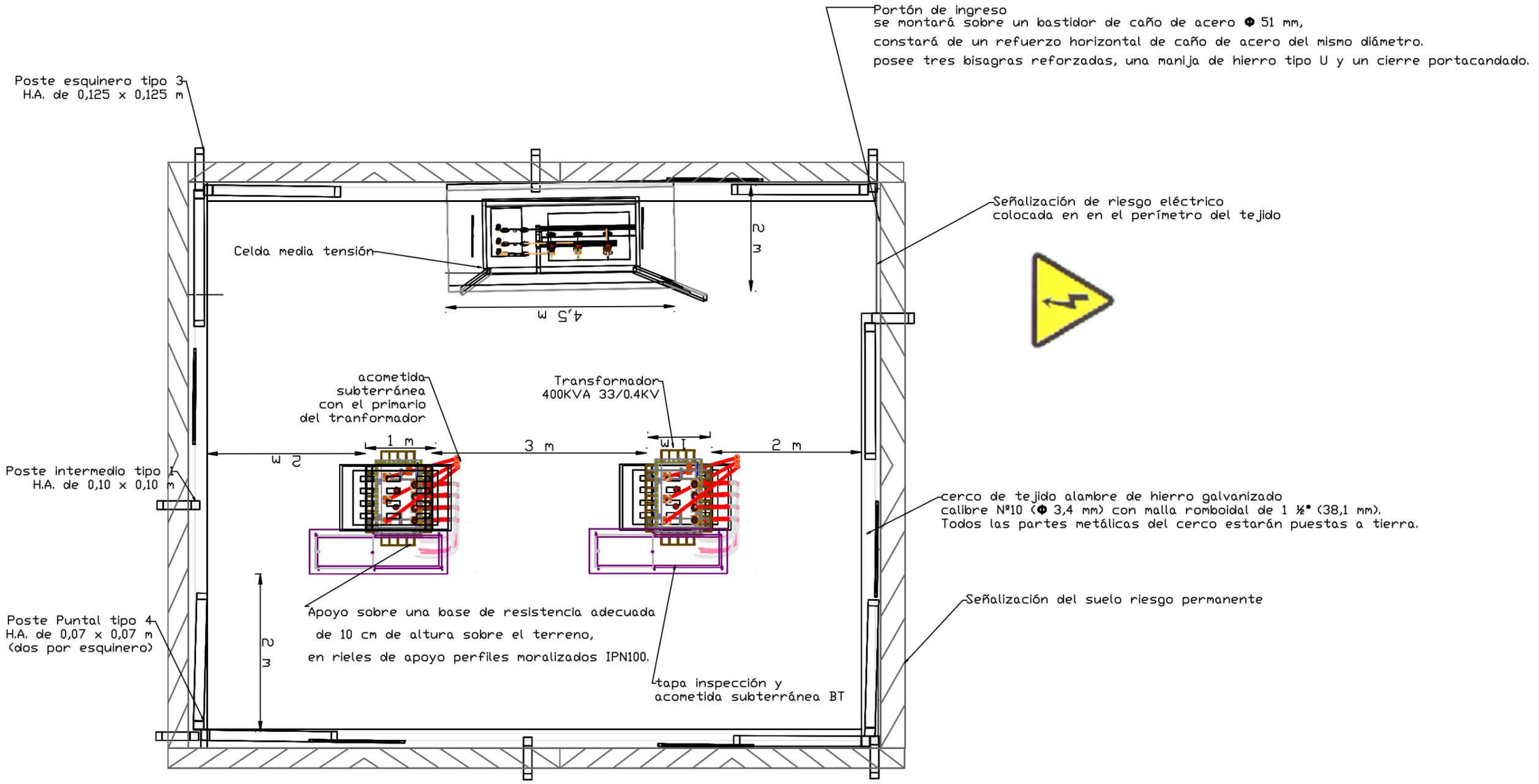
DETALLES DERIVACIONES



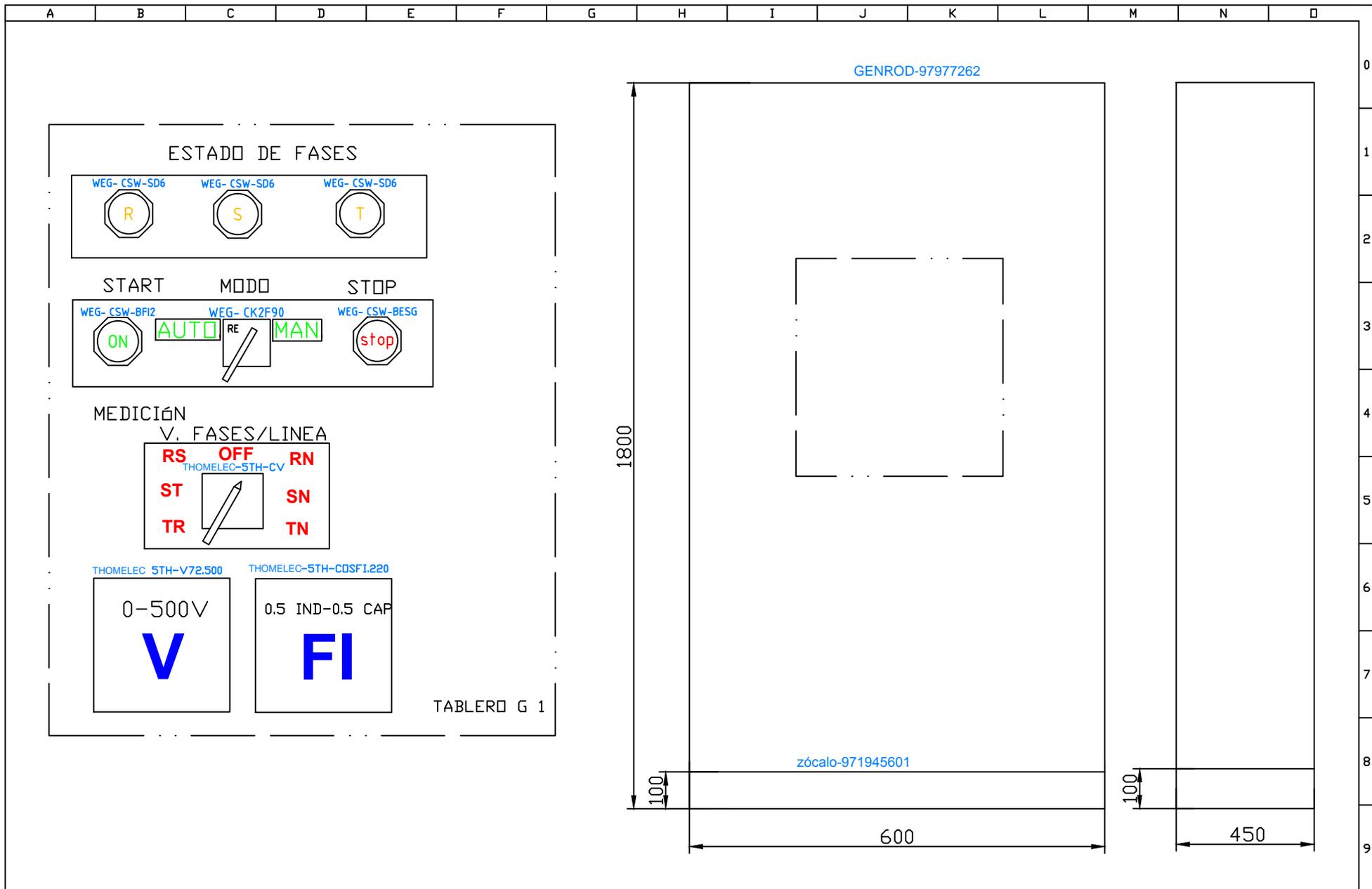
DETALLES DE CAJAS DE INSPECCIÓN DE LA PAT



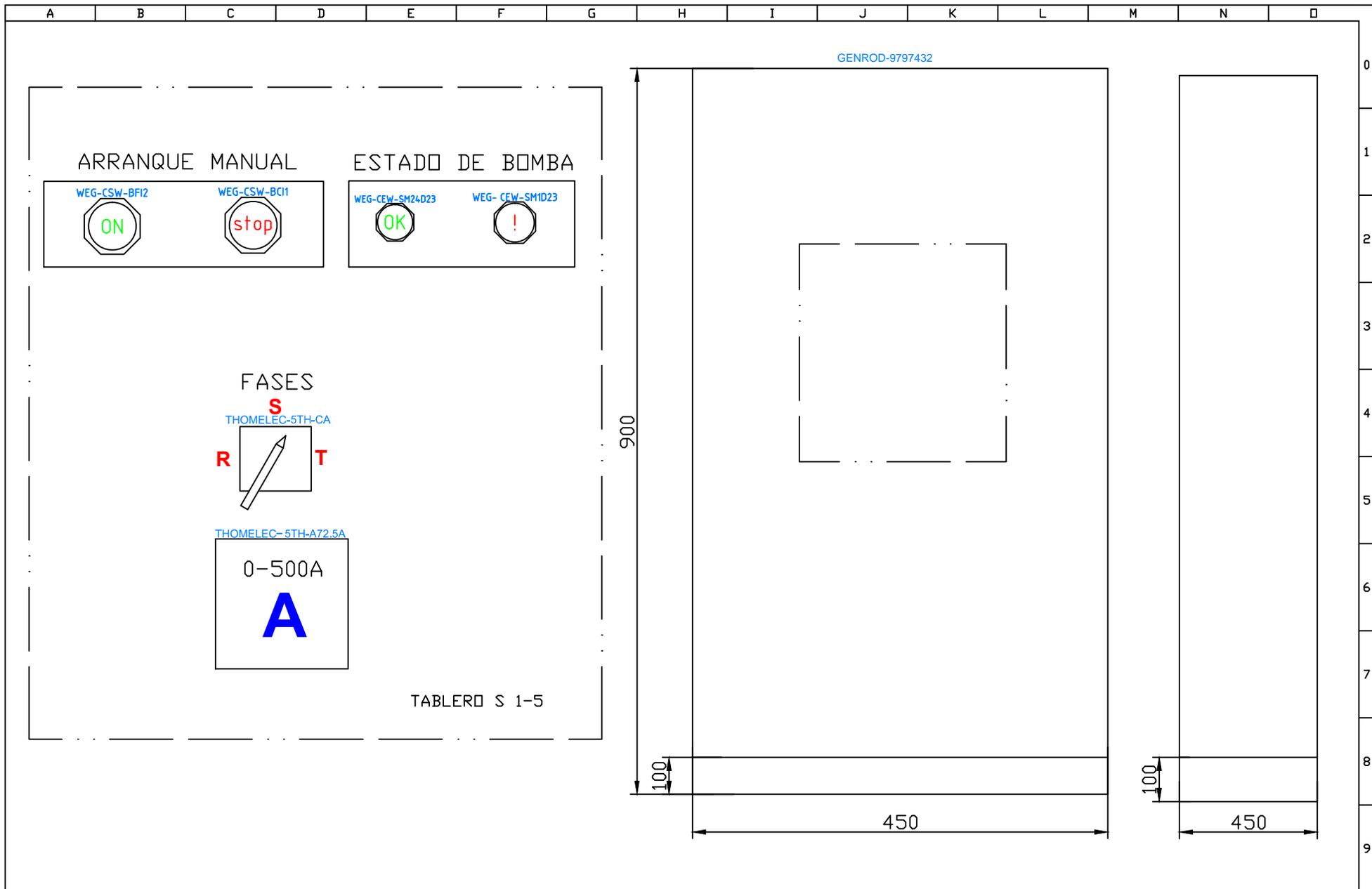
	Fecha	Nombre	Firma	UTN - FRCU	
Dibujo	27/05/15	Korell, M		Dalle Tezze, Cristian	
Aprovo				Korell, Matias	
Escala:	Malla de Puesta a Tierra			Proyecto Final de Carrera	
				Plano N°	
				Formato A3	



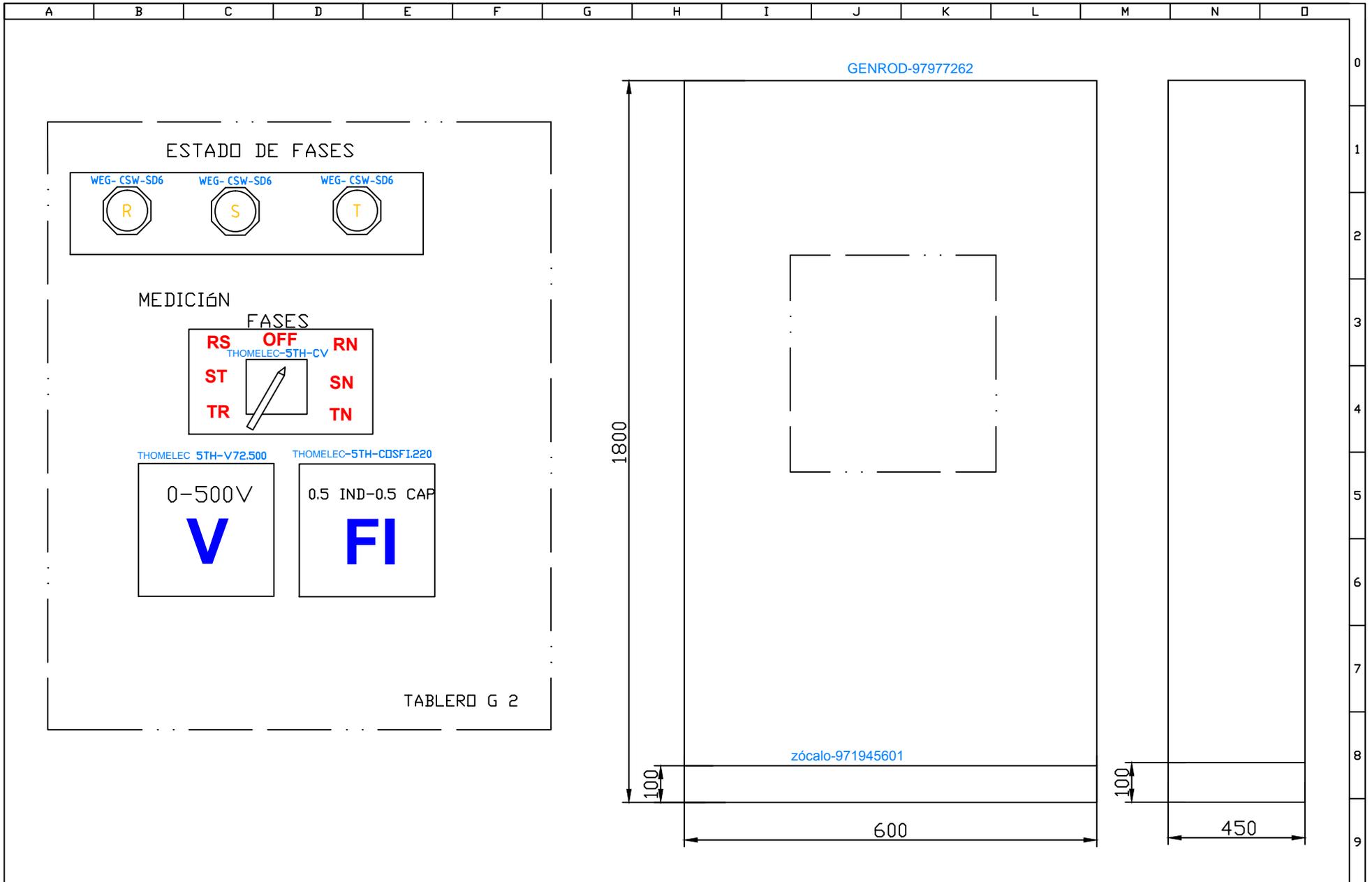
	Fecha	Nombre	Firma	UTN - FRCU Dalle Tezze, Cristian Korell, Matias
Dibujo	18/05/15	Korell, M		
Aprovo				
Escala:	Subestación 33 / 0,4 kV			Proyecto Final de Carrera Plano N°15 Formato A3



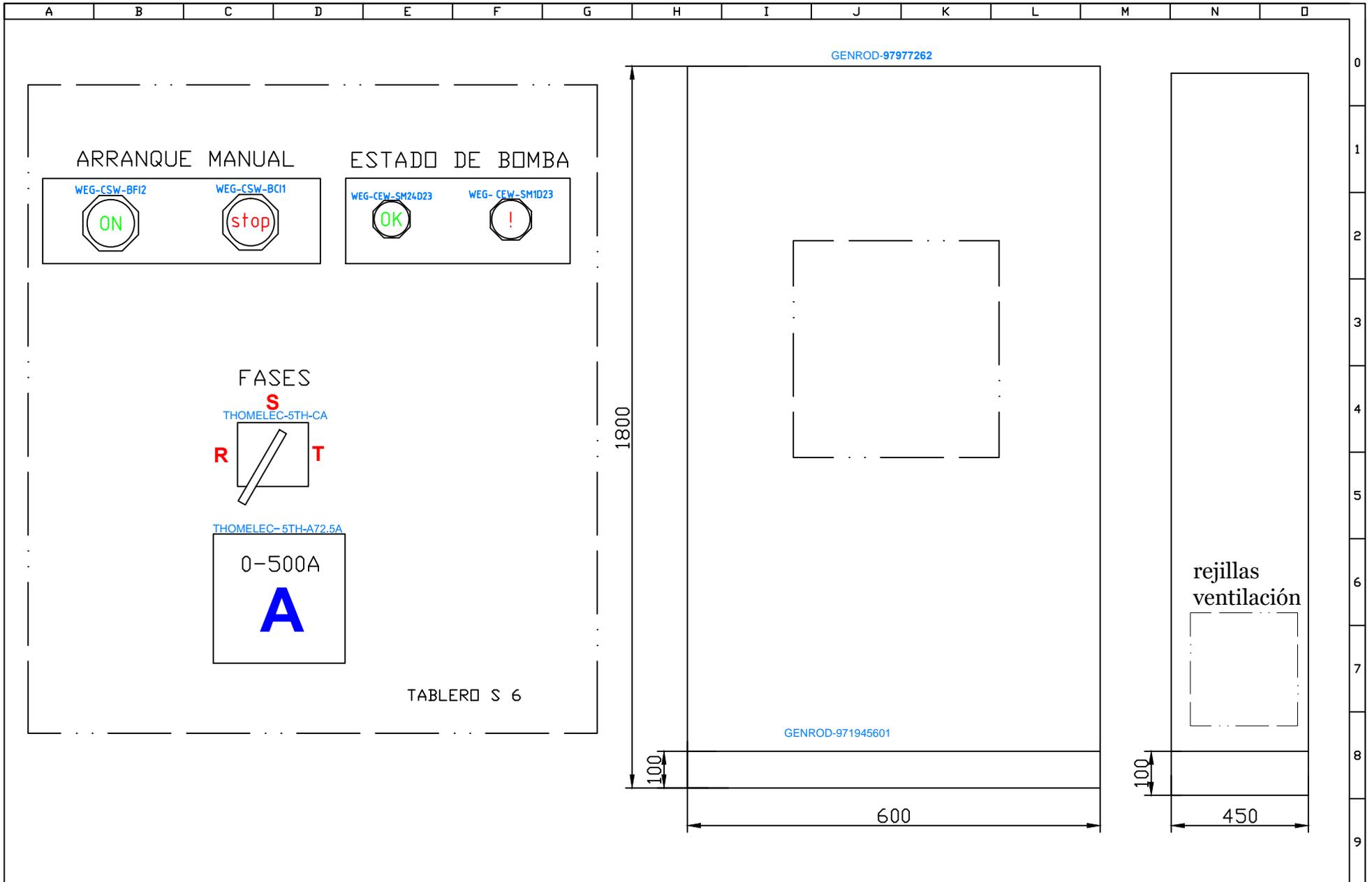
Dibujo: Cristian D.T.	modificado	Fecha: 14/05/15	Título: Botonera/señales tablero general 1			UTN FRCU
supervisado por:	Escala: En mm	Formato: A4	Proyecto Final de Carrera:	Nº de plano: 16	Hoja: 1 de 1	
Aprob.	Dalle tezze, Cristian - Korell, Matias		PFC-1412B			



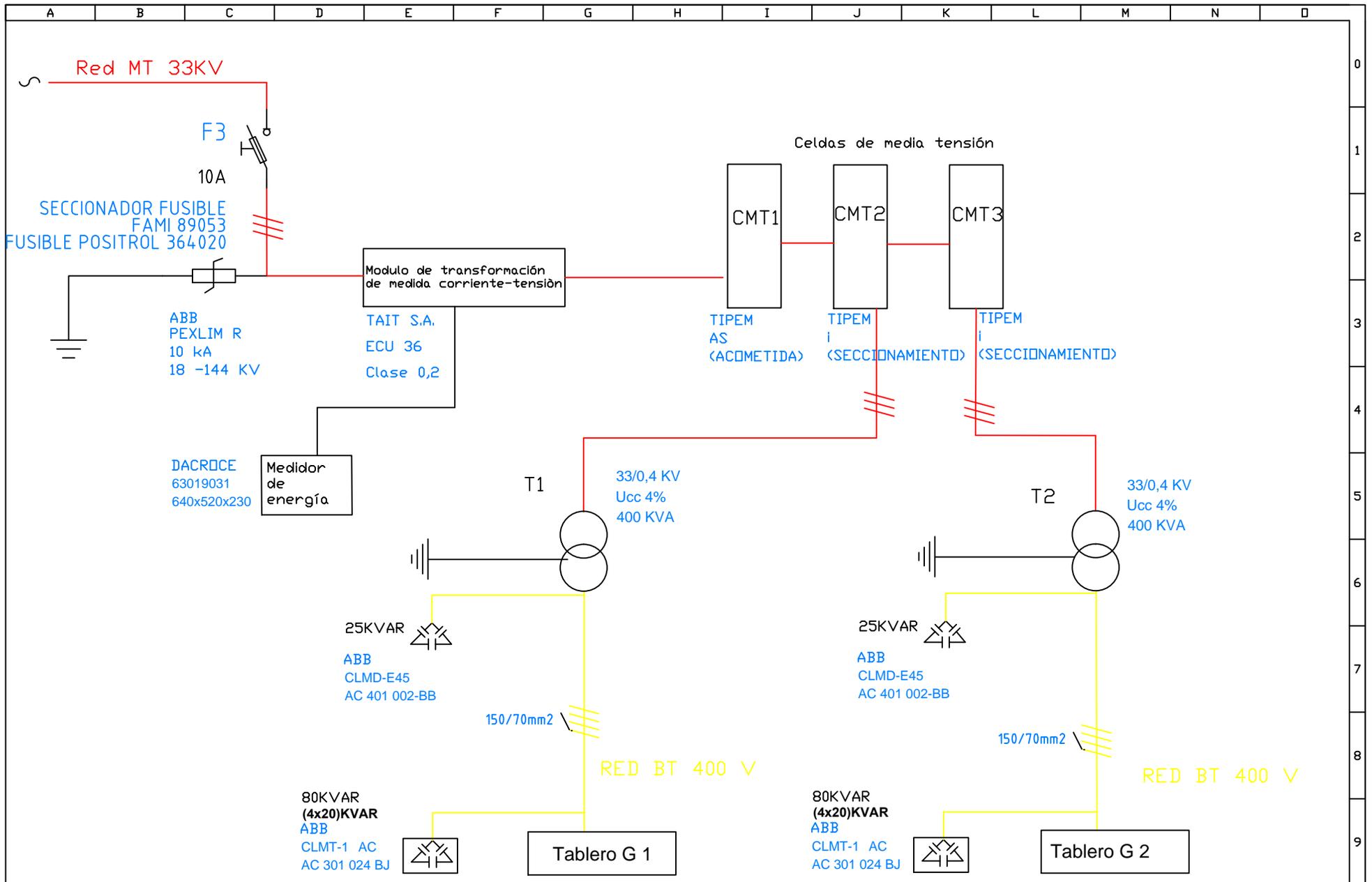
Dibujo: Cristian D.T.	modificado	Fecha: 14/05/15	Título: Botonera/señales Tablero secundario 1-5			UTN FRCU
supervisado por:	Escala: En mm	Formato: A4	Proyecto Final de Carrera: PFC-1412B	Nº de plano: 17	Hoja: 1 de 1	
Aprob.	Dalle tezze, Cristian - Korell, Matias					



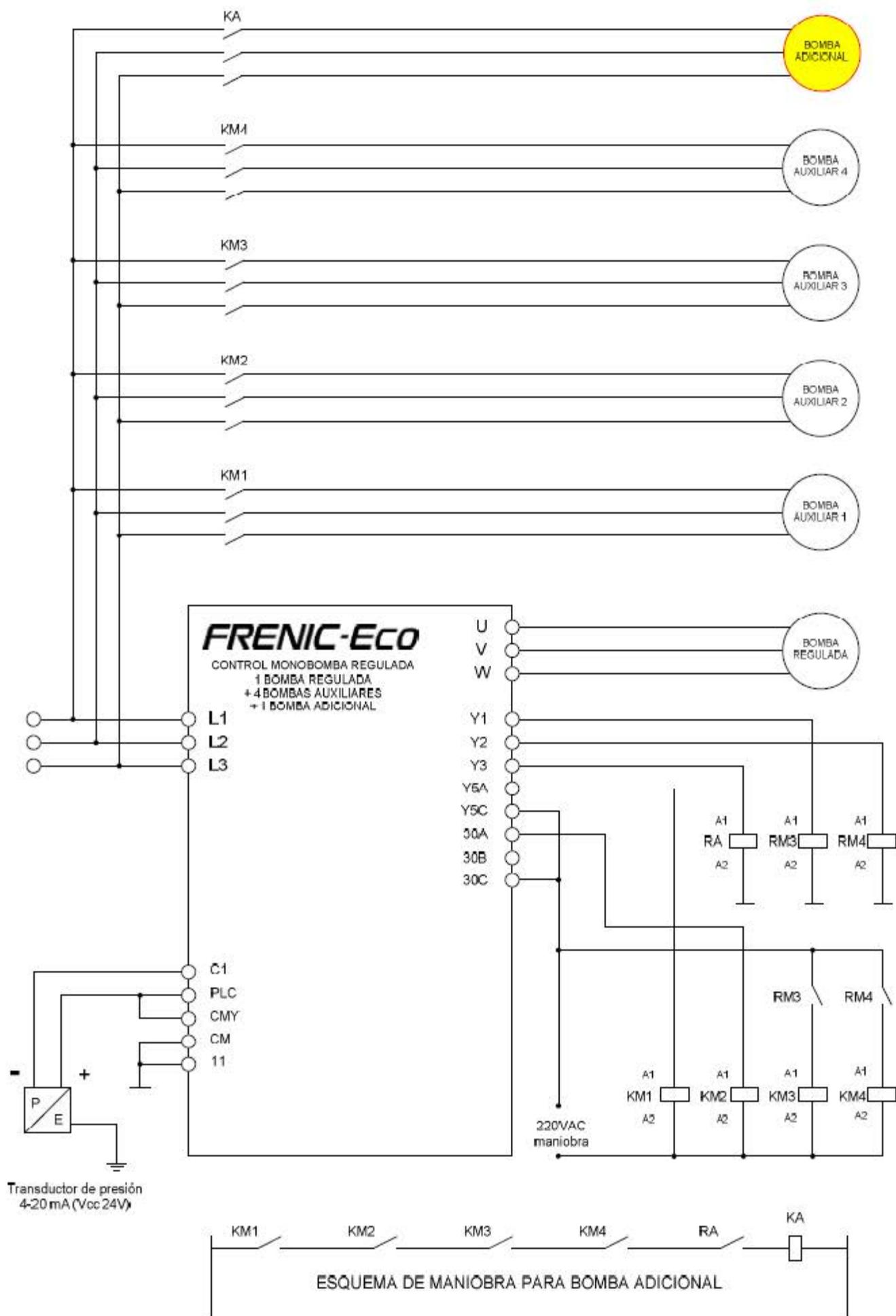
Dibujó: Cristian D.T.	modificado	Fecha: 14/05/15	Título: Botonera/señales Tablero General 2			UTN FRCU
supervisado por:	Escala: En mm	Formato: A4	Proyecto Final de Carrera: PFC-1412B	Nº de plano: 18	Hoja: 1 de 1	
Aprob.	Dalle tezze, Cristian - Korell, Matias					



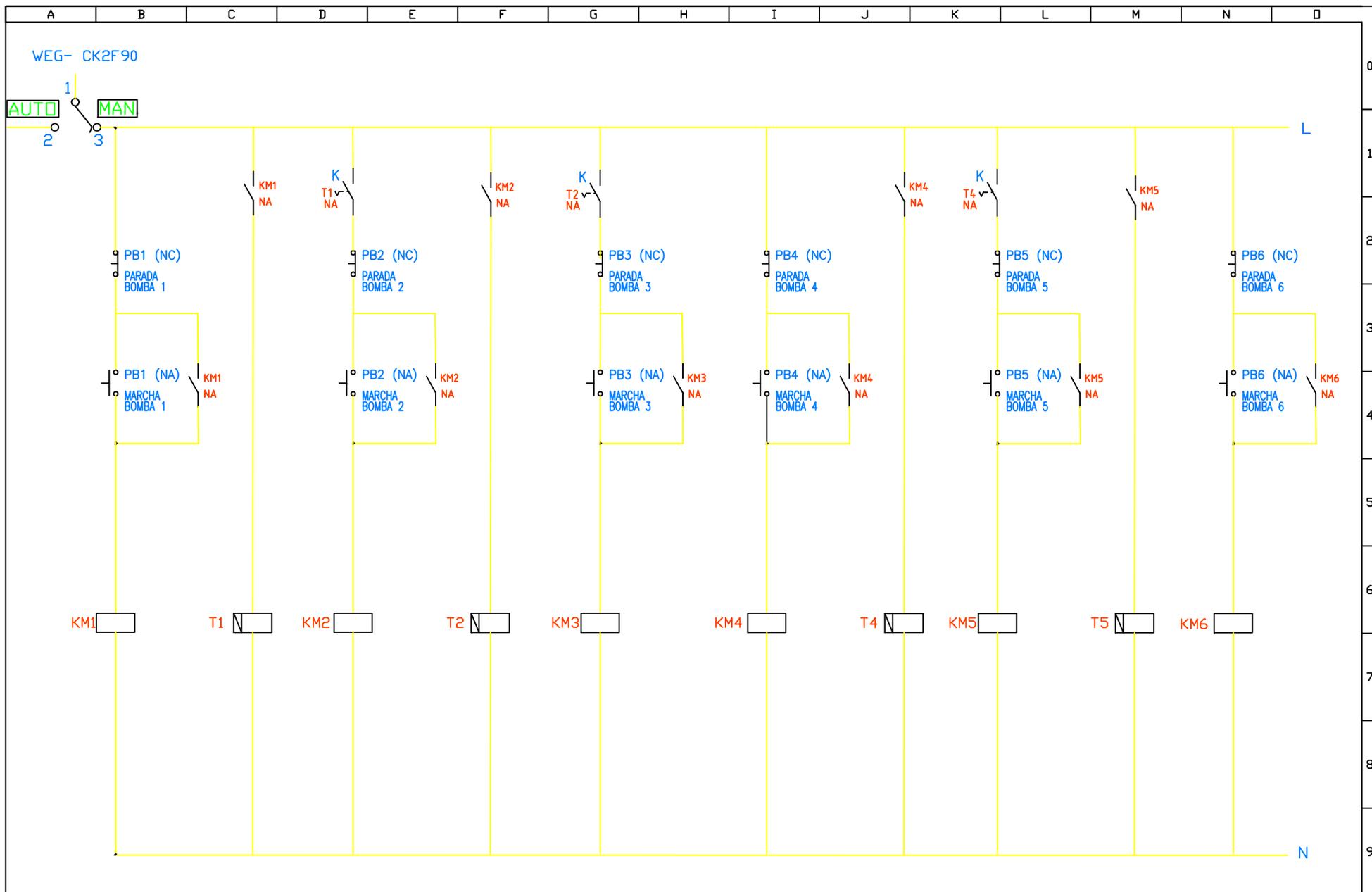
Dibujo: Cristian D.T.	modificado	Fecha: 14/05/15	Título: Botonera/señales Tablero secundario 6			UTN FRCU
supervisado por:	Escala: En mm	Formato: A4	Proyecto Final de Carrera: PFC-1412B	Nº de plano: 19	Hoja: 1 de 1	
Aprob.	Dalle tezze, Cristian - Korell, Matias					



Dibujó: Cristian D.T.	modificado	Fecha: 14/05/15	Título: Esquema unifilar MT/BT			UTN FRCU
supervisado por:	Escala: no se contempla	Formato: A4	Proyecto Final de Carrera: PFC-1412B		Nº de plano: 20	
Aprob.	Dalle tezze, Cristian - Korell, Matias				Hoja: 1 de 1	

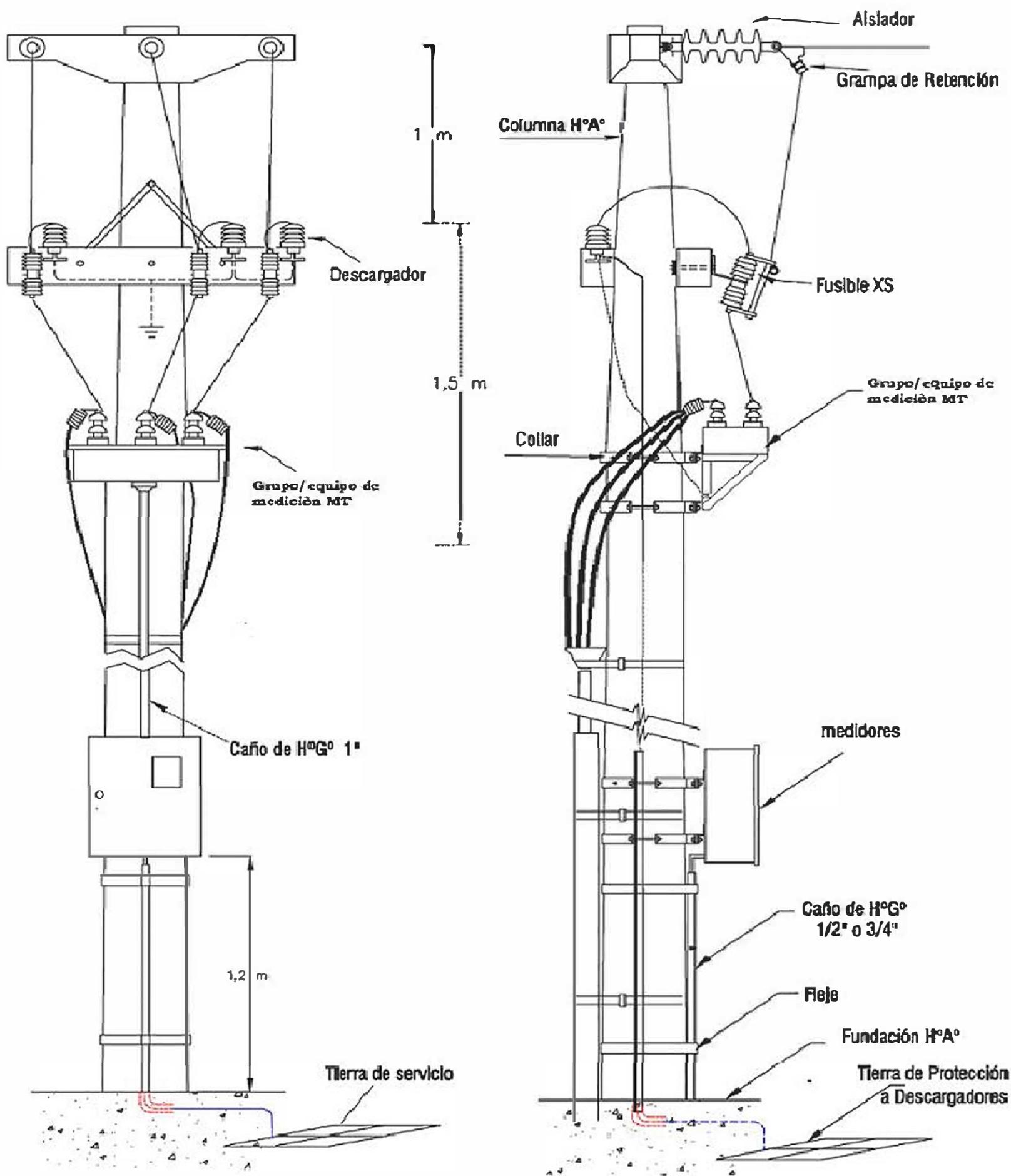


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		UTN-FRCU		Dalle Tezze, Cristian miguel Korell, Matias	
FIRMA	FECHA	ACLARACIÓN		TÍTULO:	
Cristian D.	22/04/15			Esquema control monobomba-regulada con 1 bomba regulada + 4 bombas auxiliares + 1 bomba adicional	
VERIF.				Proyecto Final de Carrera	
APROB.				A4	
PFC-1412B		MATERIALES:		ESCALA: 1:1	
Nº Plano: 21				HOJA 1 DE 1	



Dibujo: Cristian D.T.	modificado	Fecha: 14/05/15	Título: Esquema de mando manual de bombas			UTN FRCU
supervisado por:	Escala: no se contempla	Formato: A4	Proyecto Final de Carrera: PFC-1412B	Nº de plano: 22	Hoja: 1 de 1	
Aprob.	Dalle tezze, Cristian - Korell, Matias					

PUESTO DE MEDICIÓN INDIRECTO MT



Cotas en metros

UTN-FRCU

Dalle Tezze, Cristian miguel
Korell, Matias

	FIRMA	FECHA	ACLARACIÓN
DEJU.	Ombon D.	22/04/15	
VERIF.			
APROB.			

TÍTULO:
Acometida aerea-subterranea
con medidor compacto

PFC-1412B

MATERIALES:

Proyecto Final de Carrera

A4

Nº Plano: 23

ESCALA: 1:50

HOJA 1 DE 1