

---

**CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE  
EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA  
DE OIL & GAS**

---

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

<b>AUTOR:</b> ÁLVARO CABEZA SÁNCHEZ
<b>TUTOR:</b> SANTIAGO ARNALTES GÓMEZ



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### RESUMEN

Frecuentemente, cuando se afronta el problema del cálculo de las secciones mínimas de cable en baja tensión mediante el criterio de la intensidad máxima admisible y de la caída de tensión, resulta complicado encontrar alguna herramienta que, de una forma sencilla y rápida, proporcione una estimación realista de los diferentes tipos de cable y sus secciones para confeccionar la lista de cables.

En este Proyecto Fin de Carrera se desarrolla una hoja de cálculo que, aplicando normativa de la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) permite lograr este objetivo de forma asequible. Las bases teóricas del cálculo se acompañan de consejos prácticos que guían al lector en la toma de decisiones acertadas con el fin de obtener un resultado lo más realista posible.

Finalmente, se realiza un caso práctico aplicado a una planta de oil & gas, partiendo de la lista de cargas, de la ubicación de los equipos en el Plot Plan y del diagrama unifilar en baja tensión.



# CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
1.1	BASES DE DISEÑO	5
1.2	LISTA DE CARGAS	7
1.3	DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	8
1.4	TENSIONES DEL SISTEMA	8
1.5	CLASIFICACIÓN DE ÁREAS	9
1.6	SISTEMAS DE EMERGENCIA	9
1.7	CABLES	10
1.8	CANALIZACIONES ELÉCTRICAS	10
1.9	PUESTA A TIERRA	11
1.10	PROTECCIÓN DEL SISTEMA	12
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>13</b>
<b>3.</b>	<b>LA HOJA DE CÁLCULO</b>	<b>14</b>
3.1	BASES DE CÁLCULO	14
3.1.1	Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento	14
3.1.2	Criterio de la caída de tensión	17
3.1.3	Criterio de la intensidad de cortocircuito	19
3.2	FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE, $K$	19
3.2.1	Factor de corrección de instalación enterrada, $K_E$	20
3.2.2	Factor de corrección de instalación aérea, $K_A$	23
3.2.3	Factor de corrección por corrientes armónicas, $K_g$	26
3.2.4	Factor de corrección según el tipo de carga, $K_9$	27
3.3	DESCRIPCIÓN DE LA HOJA DE CÁLCULO	27
3.3.1	Estructura de la hoja	27
3.3.2	Descripción de las columnas	30
<b>4.</b>	<b>CASO PRÁCTICO: PARQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS</b>	<b>35</b>
4.1	FILOSOFÍA DE OPERACIÓN	35
4.2	BASES DE DISEÑO PARA CONDUCTORES	37
4.3	LISTA DE CARGAS	38
4.4	PLOT PLAN	46
4.5	DIAGRAMA UNIFILAR	48
4.6	FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA MÁXIMA INTENSIDAD ADMISIBLE	50
4.6.1	Factor de corrección de la máxima intensidad admisible para motores	50
4.6.2	Factor de corrección de la máxima intensidad admisible para motores con variador de frecuencia	51
4.6.3	Factor de corrección de la máxima intensidad admisible para condensadores	51
4.6.4	Factor de corrección de la máxima intensidad admisible para alimentadores	51



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

4.6.5	Factor de corrección de la máxima intensidad admisible para alimentadores con electrónica .....	51
4.7	LISTA DE CABLES .....	52
4.8	ANÁLISIS DE COSTES .....	68
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>6.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>
6.1	Anexo 1: Características de los motores trifásicos de baja tensión.....	72
6.2	Anexo 2: Hoja de cálculo del caso práctico .....	74
6.3	Anexo 3: Hoja de datos ARMIGRON-M UNFIRE RVhMAVh-K / RVhMVh-K.....	77
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>81</b>



# CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

## 1. INTRODUCCIÓN

En esta sección se muestran las directrices para el diseño eléctrico de una planta de oil & gas, también se ofrecen algunas recomendaciones prácticas.

### 1.1 BASES DE DISEÑO

El diseño general del sistema se divide en dos etapas fundamentales: el diseño básico y el diseño detallado.

El diseño básico comienza al inicio del proyecto e incluye:

- Recopilación de información: especificaciones, normativa y criterios de diseño.
- Estimación de las cargas eléctricas, requiere la colaboración del equipo de procesos, tuberías, mecánicos e instrumentistas.
- Configuración del sistema y desarrollo de un esquema unifilar general.
- Selección de una fuente de alimentación.
- Determinación de las tensiones del sistema.

El diseño detallado implica:

- Clasificación de áreas, de acuerdo a la peligrosidad de las sustancias y a su grado de fuga se clasifican las diferentes zonas de la planta y se dibuja un plano de clasificación de áreas.
- Realización de estudios de los diferentes sistemas.
- Diseño de los sistemas de puesta a tierra y de iluminación.
- Diseño de la protección del sistema.



**Figura 1. Bases de diseño.**

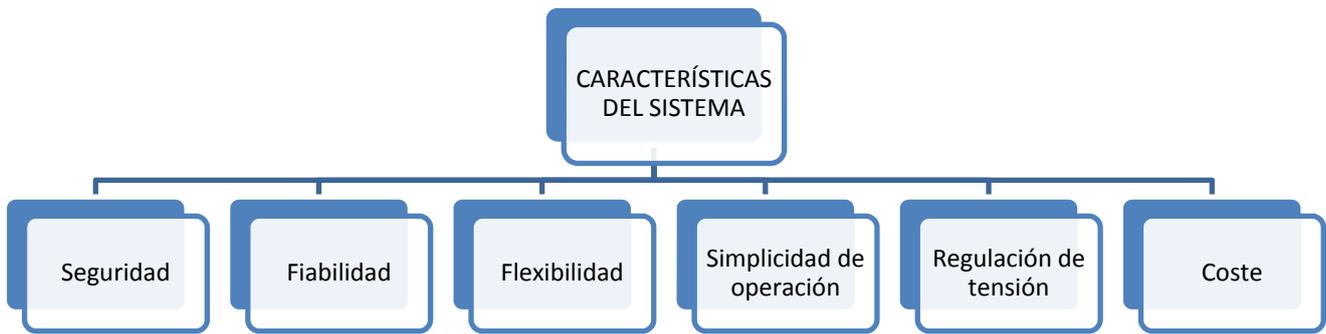


Figura 2. Características del sistema.

Todo sistema debe cumplir las siguientes características:

- **Seguridad.** La seguridad de las personas y de la propia instalación. La producción y procesamiento del petróleo y sus derivados implican líquidos y gases inflamables a temperaturas y presiones elevadas, los sistemas eléctricos se diseñan para prevenir la ignición accidental.
- **Fiabilidad.** Dependiendo del tipo de proceso u operación de la instalación se requiere cierto grado de continuidad del suministro eléctrico. Algunas actividades o instalaciones pueden tolerar interrupciones, mientras que otras no. El sistema eléctrico y de protección debe proporcionar la máxima fiabilidad en consonancia con los requisitos de la instalación y a un coste razonable. El mantenimiento juega un papel fundamental, un sistema bien mantenido es más seguro y fiable.
- **Flexibilidad.** Durante la vida de la instalación el sistema eléctrico debe adaptarse a la variación de los requisitos, los niveles de tensión, los equipos, el espacio adicional y/o el aumento de la carga debe considerarse.
- **Simplicidad de operación.** La operación debe ser lo más simple posible para satisfacer los requisitos del sistema. La simplicidad de operación es un factor necesario para el logro de sistemas seguros y fiables.
- **Regulación de la tensión.** La tensión y la frecuencia deben mantenerse dentro de unos límites en todo momento.
- **Coste.** Aunque la inversión inicial es importante, el coste de explotación también debe considerarse, la seguridad, la fiabilidad o el potencial de expansión nunca deben considerarse fuentes de ahorro.

## 1.2 LISTA DE CARGAS

La lista de cargas es un resumen detallado de las cargas del sistema eléctrico, se utiliza para determinar los requisitos de potencia y las tensiones del sistema. En general, la mayor parte de las cargas de las instalaciones industriales son equipos de proceso. En las etapas iniciales de diseño, la información sobre las cargas suele ser limitada por lo que conviene estimar adecuadamente las necesidades del sistema.

Se ubican las cargas en el Plot Plan (plano de vista en planta con la distribución de equipos y espacios), así se aporta una visión geográfica de la densidad de carga que puede ayudar en el diseño de un esquema lógico de distribución. La distribución de los consumidores en la planta puede ser concentrada, si los consumidores se encuentran en una misma área, o distribuida cuando están dispersos. Una vez que se ha seleccionado el sistema básico, las cargas se agrupan en barras de conexión y centros de control de motores (CCM).



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

Para determinar la carga real del sistema hay que tener en cuenta que no toda la carga es continua, muchas cargas son intermitentes o de reserva, también se considera una potencia de reserva en los transformadores y cuadros para una posible ampliación de la instalación.

### 1.3 DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL

Los datos de entrada para el desarrollo del diagrama unifilar son:

- Punto de conexión a la red: lugar, nivel de tensión e impedancia de la red.
- Lista de cargas.
- Distribución de los consumidores: centralizados o distribuidos.
- Arquitectura del sistema eléctrico: radial, acometidas en paralelo, doble barra, bucle abierto o cerrado.
- Especificaciones propias del cliente.

Un diagrama unifilar general debe mostrar como mínimo:

- Intensidad nominal de los embarrados de los cuadros y de los interruptores.
- Intensidades de cortocircuito: trifásica subtransitoria (esfuerzos térmicos) y valor de cresta (esfuerzos dinámicos).
- Tensiones de aislamiento.
- Protecciones.

### 1.4 TENSIONES DEL SISTEMA

Para seleccionar los voltajes de distribución y utilización se deben considerar:

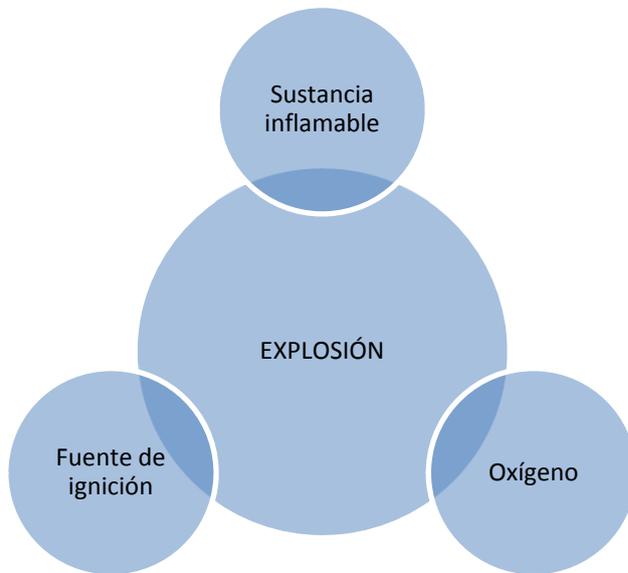
- El tamaño y nivel de tensión de las cargas.
- Nivel de tensión suministrada por la compañía o en el lugar de generación.
- Niveles de tensión existentes en la instalación.
- Coste de los equipos y cables en función de los diferentes niveles de tensión.
- Caída de tensión, distancia entre la carga y el centro de distribución.
- Flexibilidad del sistema general ante futuras ampliaciones.

La ventaja de un sistema con tensiones mayores es que se requiere menor intensidad de corriente para la misma potencia que los sistemas inferiores de tensión por lo que puede resultar más económico, además se muestra más eficiente debido a que presenta menores pérdidas de potencia.

En general, se habla de baja tensión cuando las tensiones nominales del sistema son inferiores a 1.000 V, media tensión cuando las tensiones nominales del sistema son superiores a 1.000 V pero inferiores a 100.000 V y alta tensión a partir de 100.000 V. Resulta habitual alimentar en media tensión los motores de potencia superior a 200 kW.

## 1.5 CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

En ocasiones, durante la fabricación, tratamiento, transporte y almacenamiento de sustancias inflamables aparecen o se fugan gases o polvos inflamables que pasan al medio ambiente. Estas sustancias de escape combinadas con el oxígeno del aire crean una atmósfera potencialmente explosiva que puede originar explosiones.



**Figura 3. Factores causantes de una explosión.**

A nivel internacional la IEC, la Comisión Electrotécnica Internacional, edita normas para la protección contra explosiones incluidas en la serie IEC 60079. La clasificación de áreas se utiliza para determinar el nivel de seguridad necesario para el material eléctrico instalado en ambientes explosivos. Las ubicaciones se clasifican de acuerdo a la zona, grupo de explosión y clase de temperatura.

Para los escapes formados por gases existen tres zonas, de mayor a menor peligrosidad, Zona 0, Zona 1 y Zona 2. La Zona 0 abarca áreas en las que se produce una atmósfera de gas explosivo de manera continua o prolongada en operación normal. En la Zona 1 puede existir una atmósfera explosiva en operación normal de forma temporal. En la Zona 2 puede existir la presencia de

una atmósfera de gas explosivo de manera poco frecuente y por un corto periodo de tiempo. Análogamente, para el polvo explosivo existen las zonas 20, 21 y 22.

El grupo de explosión se asigna de acuerdo a la sustancia de escape, el metano pertenece al grupo I, el propano al IIA, etileno al IIB o el hidrógeno al IIC.

La clase de temperatura se determina en función de la temperatura de ignición del gas o líquido inflamable, es la menor temperatura en una superficie caliente a partir de la cual se produce la ignición de la mezcla de gas/aire o vapor/aire. Por ello, la máxima temperatura superficial de un material debe ser siempre inferior a la temperatura de inflamación de la atmósfera explosiva. Las clases de temperatura van desde T1 (450 °C) a la restrictiva T6 (85 °C).

## 1.6 SISTEMAS DE EMERGENCIA

El sistema de energía auxiliar está diseñado para suministrar y distribuir energía a los equipos cuando se interrumpe el suministro eléctrico normal. Hay dos tipos de sistemas auxiliares de energía: el generador de emergencia y la UPS (Uninterruptible Power Supply).

En la lista de cargas se debe indicar cuáles son las cargas del generador de emergencia así como las que requieren alimentación ininterrumpida desde la UPS. Las cargas típicas de emergencia incluyen iluminación para la seguridad del personal, sistemas contraincendios, detección de gas, ventilación y extracción de humos, alarmas y los procesos industriales en los que la pérdida de potencia podría causar riesgos de seguridad o para la planta.

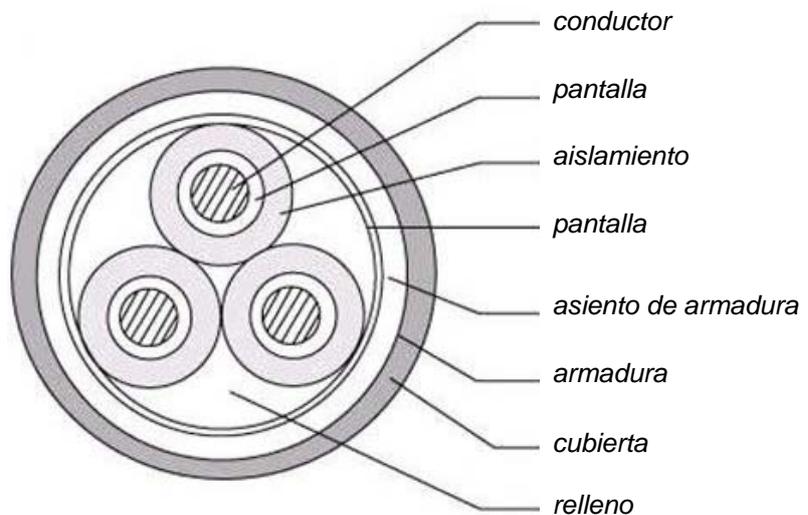
### 1.7 CABLES

Los principales componentes de un cable son: conductores, capas semiconductoras, pantallas, aislamiento, armadura y cubierta.

**Conductores.** Transportan la energía eléctrica, los metales más habituales son el cobre y el aluminio.

**Pantalla y capas semiconductoras.** Protección contra daños de origen eléctrico. Las capas semiconductoras pueden considerarse como un caso especial de las pantallas. Delgadas, formadas por polímeros, que se mezclan con productos conductores para reducir su resistencia de aislamiento. Las capas semiconductoras interna y externa homogeneizan el campo eléctrico en la superficie del conductor y en la pantalla metálica respectivamente para evitar campos eléctricos intensos que degraden el aislamiento.

**Aislamiento.** Existe una importante variedad de materiales aislantes, con elevada resistencia eléctrica, que aportan protección contra daños de origen eléctrico. En función de la aplicación del cable pueden ser resistentes a: temperaturas de servicio extremas, hidrocarburos y/o productos químicos, propagación de la llama, humedad, ozono, ambientes salinos, etc. Algunos materiales aislantes típicos son: polietileno reticulado (XLPE), polietileno termoplástico (PE) o etileno-propileno (EPR) (ver apartado 3.1.1).



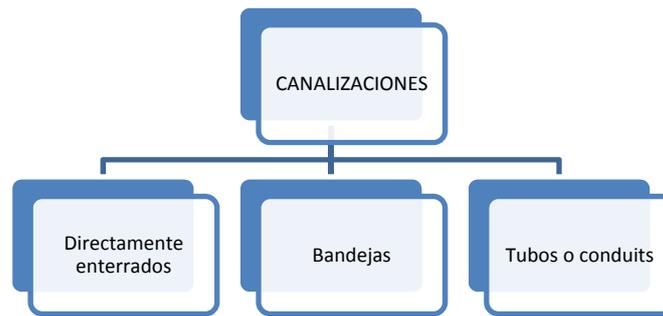
**Figura 4. Sección de un cable multiconductor.**

**Armadura.** La armadura consiste en un recubrimiento metálico aplicado sobre el cable inmediatamente debajo de su cubierta externa para protegerlo contra daños mecánicos provocados durante la instalación y/o en servicio. La elección del tipo y material de la armadura está íntimamente relacionado con el tipo de sollicitación mecánica a que se someterá el cable y el grado de flexibilidad requerido.

**Cubierta.** Las cubiertas son elementos de protección mecánica contra la corrosión que aíslan la pantalla metálica del terreno. Su función es proteger al cable contra agentes dañinos externos (químicos, biológicos, atmosféricos, abrasivos, etc.). El material más utilizado es el policloruro de vinilo (PVC) que satisface la mayoría de los requisitos habituales. También se utilizan otros materiales en función de requerimientos específicos como: LDPE (polietileno de baja densidad), PU (poliuretano), TPR (caucho termoplástico), LSZH (compuesto sin halógenos), SI (caucho de silicona) y XL HFFR (compuesto termoestable libre de halógenos).

### 1.8 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

Habitualmente los cables se distribuyen de tres formas diferentes: directamente enterrados, bandejas de cables y sistemas de tubos o conduits.



**Figura 5. Tipos de canalizaciones.**

Resulta habitual la instalación de cables directamente enterrados en zanja no pavimentada cubiertos con una protección mecánica, es un método económico que permite reparar fácilmente una avería, además los cables resultan mejor refrigerados.

Un sistema de bandejas de cables aporta flexibilidad, fácil accesibilidad para su reparación y bajo coste de instalación. En la mayoría de este tipo de instalaciones se emplea cable armado que presenta una mayor resistencia mecánica y protección.

Se utilizan sistemas de tubos -conduits- cuando se necesita proporcionar un alto grado de protección mecánica y contra el fuego. Menos habitual resulta la instalación de conduits aéreos de PVC o aluminio. Estos conductos y sus accesorios están normalizados, el tamaño mínimo recomendado es 1" y su llenado no debe superar en torno al 50 % de ocupación de su sección transversal.

### 1.9 PUESTA A TIERRA

Todas las instalaciones eléctricas deben incorporar redes de tierra como medida de protección contra contactos indirectos que garanticen la seguridad de las personas. Se define la puesta a tierra como la conexión eléctrica directa de todas las partes metálicas de una instalación, sin fusibles ni otros sistemas de protección, mediante cables de sección adecuada y uno o varios electrodos enterrados.

La finalidad principal de la puesta a tierra es conseguir que no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o la descarga de origen atmosférico (rayos).

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro. La denominación de acuerdo al estándar IEC 60364 se realiza con un código de letras, los esquemas más habituales son TN (puesta a neutro), TT (neutro a tierra) e IT (neutro aislado), su significado es el siguiente:

Primera letra, se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra. Cuando se conecta directamente un punto de la alimentación a tierra se emplea la letra "T". Si se produce el aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o la conexión de un punto a tierra a través de una impedancia se utiliza la letra "I":

Segunda letra, menciona a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra. Se emplea la letra "T" cuando las masas están conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación. Cuando las masas están conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto normalmente es el neutro) se emplea la letra "N".



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### 1.10 PROTECCIÓN DEL SISTEMA

Los sistemas de energía deben protegerse con fusibles o interruptores de circuito contra fallas y sobrecargas de corriente. Es extremadamente importante que los dispositivos de protección (por ejemplo, interruptores, relés y fusibles) estén coordinados para proporcionar un disparo selectivo, es decir, el dispositivo más cercano al defecto (protección primaria) debe disparar antes de los dispositivos más cerca de la fuente de alimentación (protección secundaria) con el objeto de que se vea afectada la menor parte de la instalación eléctrica posible al despejar una falta.



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### 2. OBJETIVO

En este Proyecto Fin de Carrera se desarrolla una hoja de cálculo que permite de forma sencilla, con unos pocos datos, calcular las secciones mínimas de cable normalizadas que satisfacen simultáneamente las siguientes condiciones:

- Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.
- Criterio de la caída de tensión.
- Criterio de la intensidad de cortocircuito.

Frecuentemente, cuando se afronta el problema de la selección de los diferentes tipos de cable para la ingeniería básica de una planta industrial resulta complicado encontrar alguna herramienta que, de una forma sencilla y rápida, proporcione una estimación realista de los diferentes tipos de cable y sus secciones para confeccionar la lista de cables.

Lo más habitual es encontrar hojas de cálculo demasiado simples que solo tienen en cuenta unos cuantos parámetros o, por el contrario, extraordinariamente complejas que requieren gran cantidad de datos y de cierto aprendizaje para obtener resultados correctos.

Se detalla el cálculo de la intensidad máxima admisible siguiendo la normativa de la IEC, la Comisión Electrotécnica Internacional, fundamentalmente la norma IEC 60364-5-52:2001 *Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*.

Las bases teóricas de cálculo de secciones se acompañan de consejos prácticos que guían al lector en la toma de decisiones acertadas con el fin de obtener un resultado lo más realista posible.

Finalmente, se realiza el recuento de cables en una planta de oil & gas partiendo de la lista de cargas, de la ubicación de los equipos en el Plot Plan y del diagrama unifilar en baja tensión.



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### 3. LA HOJA DE CÁLCULO

#### 3.1 BASES DE CÁLCULO

##### 3.1.1 Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento

Para elegir la sección de un cable, en primer lugar se calcula la intensidad máxima admisible en régimen permanente que soporta. La temperatura del conductor en régimen permanente no debe superar la temperatura máxima admisible del material utilizado en el aislamiento del cable, esta temperatura para aislamientos termoplásticos es de unos 70 °C mientras que para aislamientos termostables suele ser ligeramente superior en torno a 90 °C. La Tabla 1 muestra las temperaturas máximas admisibles para el conductor en función de tipo de aislamiento del cable.

Tipo de aislamiento		Temperatura máxima admisible en el conductor	
		Régimen permanente	Régimen de cortocircuito (máximo 5s de duración)
XLPE	Polietileno reticulado	90 °C	250 °C
EPR	Etileno propileno	90 °C	250 °C
HEPR	Etileno propileno de alto módulo	105 °C	250 °C
PVC	Policloruro de vinilo	85 °C	200 °C
Z1	Compuestos de PE	85 °C	180 °C

**Tabla 1. Temperaturas máximas en el conductor. Tabla 2 de la UNE 211435.**

Intensidad nominal en trifásica (A):

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} U} = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \phi} \quad [\text{Ec. 1}]$$

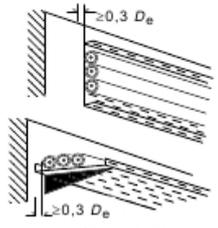
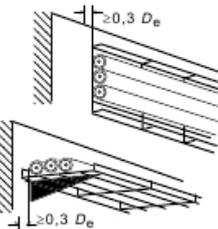
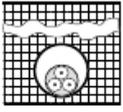
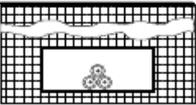
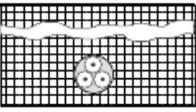
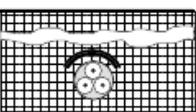
Intensidad nominal en monofásica (A):

$$I_n = \frac{S}{U} = \frac{P}{U \cos \phi} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde:

$S$  Potencia aparente (VA)  
 $U$  Tensión (V)  
 $\cos \phi$  Factor de potencia ( )

La intensidad máxima admisible de los conductores está determinada por la norma IEC 60364-5-52:2001 *Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems* en función de la sección, el material de aislamiento y el método de instalación. Típicamente en las plantas de oil & gas se utilizan los métodos de instalación que aparecen en la Tabla 2.

Método de instalación	Descripción	Referencia
	Bandeja perforada	Tipo E o F
	Rejilla metálica	Tipo E o F
	Multiconductor en conducto o en canalización	Tipo D
	Unipolar en conducto o en canalización	Tipo D
	Unipolar o multiconductor directamente enterrado	Tipo D
	Unipolar o multiconductor con protección mecánica directamente enterrado	Tipo D

**Tabla 2. Ejemplos de métodos de instalación de los cables.  
Simplificación de la tabla 52-3 la IEC 60364-5-52.**



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

La Tabla 3 muestra la intensidad máxima admisible para cables de cobre enterrados según el método D para una temperatura del terreno de 20° C.

<b>Intensidad máxima admisible (A). Instalación enterrada, conductor de cobre, temperatura del terreno 20 °C.</b>		
Área sección transversal conductor (mm <sup>2</sup> )	XLPE / EPR	PVC
	Método D	Método D
	3 conductores	3 conductores
1,5	22	18
2,5	29	24
4	37	31
6	46	39
10	61	52
16	79	67
25	101	86
35	122	103
50	144	122
70	178	151
95	211	179
120	240	203
150	271	230
185	304	258
240	351	297
300	396	336
400	464	394
500	525	445
630	596	506

**Tabla 3. Intensidad máxima admisible en instalación enterrada.  
Simplificación de las tablas A.52-4 y A.52-5 de la IEC 60364-5-52.**

Por simplicidad, no se ha considerado el aluminio como conductor porque posee peores características que el cobre, su conductividad es del orden del 30% inferior, la resistencia a la corrosión y la intensidad máxima admisible también es menor y su resistencia eléctrica mayor por lo que se producen superiores caídas de tensión. Si se desea utilizar conductores de aluminio por motivos de coste o peso basta con acudir a la citada norma y reemplazar las máximas corrientes admisibles por las correspondientes, obteniendo secciones mayores.



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

La Tabla 4 muestra la intensidad máxima admisible para cables de cobre en instalación aérea, métodos E o F, para una temperatura ambiente de 30° C.

<b>Intensidad máxima admisible (A). Instalación al aire (bandeja), conductor de cobre, temperatura ambiente 30 °C.</b>				
Área sección transversal conductor (mm <sup>2</sup> )	XLPE / EPR		PVC	
	Método E	Método F	Método E	Método F
	1 cable	3 cables	1 cable	3 cables
	3 conductores	unipolares	3 conductores	unipolar
1,5	23	-	18	-
2,5	32	-	25	-
4	42	-	34	-
6	54	-	43	-
10	75	-	60	-
16	100	-	80	-
25	127	135	101	110
35	158	169	126	137
50	192	207	153	167
70	246	268	196	216
95	298	328	238	264
120	346	383	276	308
150	399	444	319	356
185	456	510	364	409
240	538	607	430	485
300	621	703	497	561
400	-	823	-	656
500	-	946	-	749
630	-	1088	-	855

**Tabla 4. Intensidad máxima admisible en instalación en bandeja.  
Simplificación de las tablas A.52-10 y A.52-12 de la IEC 60364-5-52.**

Es importante que cuando se alimentan cuadros generales la intensidad se calcule en función de la potencia total instalada o nominal de los equipos, de lo contrario, debido a diferentes consumos y ampliaciones futuras los cables podrían fallar por el criterio de la máxima intensidad admisible. En caso de equipos que admiten sobrecargas también se tienen en cuenta para el cálculo de las secciones. Se debe prestar especial atención a los cables que alimentan motores o condensadores porque en los momentos de arranque o conexión pueden producirse sobreintensidades.

### 3.1.2 Criterio de la caída de tensión

La circulación de corriente a través de los conductores produce una pérdida de la energía transportada por el cable, que se disipa en forma de calor, y una caída de tensión o diferencia de las tensiones entre el origen y el destino. Para el correcto funcionamiento de los equipos la caída de tensión debe ser inferior a ciertos límites, la Tabla 5 muestra valores típicos detallados en las instrucciones técnicas ITC-BT-14, ITC-BT-15 e ITC-BT-16 del Reglamento de Baja Tensión, en adelante RBT, en función del tipo de carga. En líneas de gran longitud, donde los alimentadores están ubicados lejos de la fuente de alimentación este



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

criterio es determinante. Un caso particular es el arranque de los motores, la intensidad de arranque puede ser del orden de 3 a 6 veces la intensidad nominal por lo que se admite hasta un 15 % de caída de tensión.

Límites de caída de tensión		
Origen	Destino	Máxima caída de tensión admisible
Secundario transformador	Cuadro general de baja tensión	0,5 %
Cuadro general de baja tensión	Cuadros secundarios	1 %
Cuadros secundarios	Carga	3,5 %
Cuadro alumbrado	Circuitos de alumbrado	2 %

**Tabla 5. Límites de caída de tensión. ITC-BT-14/15/19 del RBT.**

La caída de tensión en trifásica (%):

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} I_n \cdot L \cdot Z}{U} 100 \quad [\text{Ec. 3}]$$

La caída de tensión en monofásica (%):

$$\Delta U = \frac{I_n \cdot 2L \cdot Z}{U} 100 \quad [\text{Ec. 4}]$$

Siendo  $Z$  la impedancia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ ):

$$Z = R \cos \phi + X \sin \phi \quad [\text{Ec. 5}]$$

Donde:

- $I_n$  Intensidad nominal (A)
- $L$  Longitud del conductor (km)
- $U$  Tensión (V)
- $R$  Resistencia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ )
- $X$  Reactancia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ )
- $\cos \phi$  Factor de potencia ( )

Los fabricantes de cable suelen suministrar tanto los valores de la resistencia como los de la reactancia de los cables en sus catálogos, también se pueden calcular.

Resistencia a la temperatura  $\theta$  ( $\Omega/\text{km}$ ):

$$R_\theta = \frac{\rho_\theta L}{S} = \frac{\rho_{20} (1 + \alpha (\theta - 20)) L}{S} \quad [\text{Ec. 6}]$$

Donde:

- $\rho_\theta$  Resistividad del conductor a la temperatura  $\theta$  ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ )
- $L$  Longitud del conductor (km)
- $S$  Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- $\rho_{20}$  Resistividad del conductor a 20 °C, para el cobre  $18 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$
- $\alpha$  Coeficiente de variación de la resistencia por temperatura,  $0,00392 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  para el cobre



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

$\theta$  Temperatura del conductor ( $^{\circ}\text{C}$ )

Dado que el efecto capacitivo de la reactancia en baja tensión se suele considerar depreciable, solo se considera la reactancia inductiva.

Reactancia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ ):

$$X = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad [\text{Ec. 7}]$$

Donde:

$\omega$  Velocidad angular (rad/s)  
 $L$  Admitancia del conductor (H/km)  
 $f$  Frecuencia de la red eléctrica (Hz)

### 3.1.3 Criterio de la intensidad de cortocircuito

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable debido a un cortocircuito no puede sobrepasar la intensidad máxima admisible de corta duración (para menos de 5s) de los materiales que conforman el aislamiento del cable. Esta temperatura para aislamientos termoplásticos es de unos  $160^{\circ}\text{C}$  mientras que para aislamientos termostables es superior en torno a  $250^{\circ}\text{C}$ .

Este criterio resulta determinante en instalaciones de alta y media tensión, sin embargo, no lo es en baja tensión ya que las protecciones de sobreintensidad limitan la duración del cortocircuito a tiempos muy breves y también porque las impedancias de los cables hasta el punto de cortocircuito limitan su intensidad.

## 3.2 FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE, $K$

La intensidad máxima admisible que figura en las tablas del apartado 2.1.1 de esta memoria está calculada para unas condiciones determinadas. Cada instalación posee unas condiciones particulares que hacen necesario aplicar un factor de corrección que tenga en cuenta todas las desviaciones respecto a las condiciones de referencia.

Intensidad máxima admisible corregida (A):

$$I'_{ad} = I_{ad} \cdot K > I_n \quad [\text{Ec. 8}]$$

Donde:

$I_{ad}$  Intensidad máxima admisible (A)  
 $I_n$  Intensidad nominal (A)  
 $K$  Factor de corrección de la intensidad máxima admisible ( )

Factor de corrección de la intensidad máxima admisible para una instalación enterrada ( ):

$$K = \frac{K_E \cdot K_8}{K_9} \quad [\text{Ec. 9}]$$

Factor de corrección de la intensidad máxima admisible para una instalación aérea ( ):

$$K = \frac{K_A \cdot K_8}{K_9} \quad [\text{Ec. 10}]$$

Donde:

$K_E$  Factor de corrección de instalación enterrada ( )  
 $K_8$  Factor de corrección por corrientes armónicas ( )



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

- $K_9$  Factor de corrección según el tipo de carga ( )  
 $K_A$  Factor de corrección de instalación aérea ( )

### 3.2.1 Factor de corrección de instalación enterrada, $K_E$

Factor de corrección de la intensidad máxima admisible en instalación enterrada ( ):

$$K_E = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \quad [\text{Ec. 11}]$$

Donde:

- $K_1$  Factor de corrección por agrupamiento de cables ( )  
 $K_2$  Factor de corrección por temperatura del terreno ( )  
 $K_3$  Factor de corrección por resistividad térmica del terreno ( )  
 $K_4$  Factor de corrección por profundidad ( )

La Tabla 6 muestra los valores del factor de corrección por agrupamiento de cables  $K_I$  que considera los efectos de la presencia de varios circuitos para cables unipolares y multiconductores directamente enterrados.

Item	Arrangement (cables touching)	Number of circuits or multi-core cables												To be used with current-carrying capacities, reference
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Bunched in air, on a surface, embedded or enclosed	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	A.52-2 to A.52-13 Methods A to F
2	Single layer on wall, floor or unperforated tray	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	No further reduction factor for more than nine circuits or multicore cables			A.52-2 to A.52-7 Method C
3	Single layer fixed directly under a wooden ceiling	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Single layer on a perforated horizontal or vertical tray	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Single layer on ladder support or cleats etc.,	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			A.52-8 to A.52-13 Methods E and F	

NOTE 1 These factors are applicable to uniform groups of cables, equally loaded.

NOTE 2 Where horizontal clearances between adjacent cables exceeds twice their overall diameter, no reduction factor need be applied.

NOTE 3 The same factors are applied to:  
 - groups of two or three single-core cables;  
 - multi-core cables.

NOTE 4 If a system consists of both two- and three-core cables, the total number of cables is taken as the number of circuits, and the corresponding factor is applied to the tables for two loaded conductors for the two-core cables, and to the tables for three loaded conductors for the three-core cables.

NOTE 5 If a group consists of  $n$  single-core cables it may either be considered as  $n/2$  circuits of two loaded conductors or  $n/3$  circuits of three loaded conductors.

NOTE 6 The values given have been averaged over the range of conductor sizes and types of installation included in tables A.52-2 to A.52-13 the overall accuracy of tabulated values is within 5 %.

NOTE 7 For some installations and for other methods not provided for in the above table, it may be appropriate to use factors calculated for specific cases, see for example tables A.52-20 to A.52-21.

**Tabla 6. Factor de corrección para más de un circuito, cables directamente enterrados, unipolares y multiconductores. Tabla A.52-18 de la IEC 60364-5-52.**

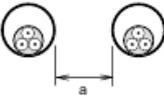
## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

Si los cables están enterrados en conductos se utiliza la Tabla 7 para obtener los valores del factor de corrección por agrupamiento de cables  $K_f$ .

### A) Multi-core cables in single-way ducts

Number of cables	Duct to duct clearance (a) <sup>a</sup>			
	Nil (ducts touching)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

<sup>a</sup> Multi-core cables

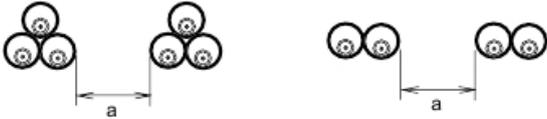


NOTE Values given apply to an installation depth of 0,7 m and a soil thermal resistivity of 2,5 K·m/W. They are average values for the range of cable sizes and types quoted for tables A.52-2 to A.52-5. The process of averaging, together with rounding off, can result in some cases in errors up to ±10 %. Where more precise values are required they may be calculated by methods given in IEC 60287.

### B) Single-core cables in single-way ducts

Number of single-core circuits of two or three cables	Duct to duct clearance (a) <sup>a</sup>			
	Nil (ducts touching)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

<sup>a</sup> Single-core cables



NOTE Values given apply to an installation depth of 0,7 m and a soil thermal resistivity of 2,5 K·m/W. They are average values for the range of cable sizes and types quoted for tables A.52-2 to A.52-5. The process of averaging, together with rounding off, can result in some cases in errors up to ±10 %. Where more precise values are required they may be calculated by methods given in IEC 60287.

**Tabla 7. Factor de corrección para más de un circuito, cables enterrados en conductos, unipolares y multiconductores. Tabla A.52-19 de la IEC 60364-5-52.**



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

Cuando la temperatura del terreno es distinta de 20 °C se aplica el factor de corrección por temperatura del terreno  $K_2$  que aparece en la Tabla 8 para los diferentes tipos de aislamiento del cable.

Ground temperature °C	Insulation	
	PVC	XLPE and EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

**Tabla 8. Factor de corrección por temperatura del terreno.**  
**Tabla A.52-15 de la IEC 60364-5-52.**

Si la resistividad térmica del terreno es distinta de 2,5 K·m/W se aplica el factor de corrección por resistividad térmica del terreno  $K_3$  que aparece tabulado en la Tabla 9. Cuando se desconozca el valor de la resistividad térmica se utiliza la Tabla 10 para obtener un valor aproximado.

Thermal resistivity, K·m/W	1	1,5	2	2,5	3
Correction factor	1,18	1,1	1,05	1	0,96
NOTE 1 The correction factors given have been averaged over the range of conductor sizes and types of installation included in tables A.52-2 to A.52-5. The overall accuracy of correction factors is within ±5 %.					
NOTE 2 The correction factors are applicable to cables drawn into buried ducts; for cables laid direct in the ground the correction factors for thermal resistivities less than 2,5 K·m/W will be higher. Where more precise values are required they may be calculated by methods given in IEC 60287.					
NOTE 3 The correction factors are applicable to ducts buried at depths of up to 0,8 m.					

**Tabla 9. Factor de corrección por resistividad térmica del terreno.**  
**Tabla A.52-16 de la IEC 60364-5-52.**

Naturaleza del terreno y grado de humedad	Resistividad térmica del terreno (K·m/W)
Inundado	0,40
Muy húmedo	0,50
Poco húmedo	0,70
Húmedo	0,85
Seco	1,00
Arcilloso muy seco	1,20
Arenoso muy seco	1,50
Piedra arenisca	2,00
Piedra caliza	2,50
Granito	3,00

**Tabla 10. Resistividad térmica del terreno.**



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

La normativa IEC no especifica valores para el factor de corrección por profundidad de instalación distinta de 0,7 m por lo que se utiliza la norma española UNE 211435:2011 *Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica* para considerar este aspecto.

Profundidad de instalación (m)	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,50	2,00
Factor de corrección $K_4$	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91

**Tabla 11. Factor de corrección por profundidad de instalación. UNE 211435.**

### 3.2.2 Factor de corrección de instalación aérea, $K_A$

Factor de corrección de la intensidad máxima admisible en instalación aérea ( ):

$$K_A = K_5 \cdot K_6 \cdot K_7$$

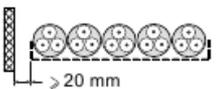
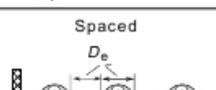
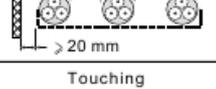
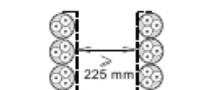
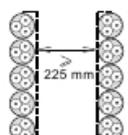
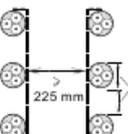
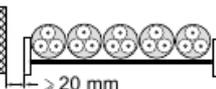
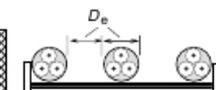
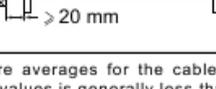
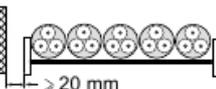
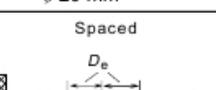
[Ec. 12]

Donde:

- $K_5$  Factor de corrección por agrupamiento de cables ( )
- $K_6$  Factor de corrección por número de capas de cables ( )
- $K_7$  Factor de corrección por temperatura ambiente ( )

## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

La Tabla 12 muestra los valores del factor de corrección por agrupamiento de cables  $K_5$  que considera los efectos de la presencia de varios circuitos para cables multiconductores en instalación aérea.

Method of installation in table 52-B2		Number of trays	Number of cables							
			1	2	3	4	6	9		
Perforated trays (note 3)	31	Touching		1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
				2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
				3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
		Spaced		1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	–
				2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	–
				3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	–
Vertical perforated trays (note 4)	31	Touching		1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72
				2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
		Spaced		1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	–
				2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	–
		Touching		1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
				2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
Ladder supports, cleats, etc. (note 3)	32 33 34	Spaced		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	–
				2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	–
				3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	–
		Touching		1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
				2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
				3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70

NOTE 1 Values given are averages for the cable types and range of conductor sizes considered in tables A.52-8 to A.52-13. The spread of values is generally less than 5 %.

NOTE 2 Factors apply to single layer groups of cables as shown above and do not apply when cables are installed in more than one layer touching each other. Values for such installations may be significantly lower and must be determined by an appropriate method.

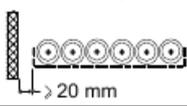
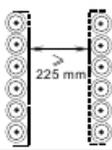
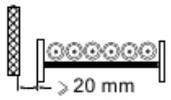
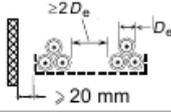
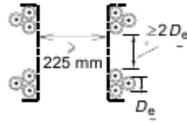
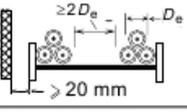
NOTE 3 Values are given for vertical spacings between trays of 300 mm and at least 20 mm between trays and wall. For closer spacing the factors should be reduced.

NOTE 4 Values are given for horizontal spacing between trays of 225 mm with trays mounted back to back. For closer spacing the factors should be reduced.

**Tabla 12. Factor de corrección por agrupamiento de cables multipolares.  
Tabla A.52-20 de la IEC 60364-5-52.**

## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

Los valores del factor de corrección por agrupamiento de cables  $K_5$  para cables unipolares en instalación aérea se obtienen de la Tabla 13:

Method of installation in table 52-3			Number of trays	Number of three-phase circuits (note 5)			Use as a multiplier to rating for
				1	2	3	
Perforated trays (note 3)	31		1	0,98	0,91	0,87	Three cables in horizontal formation
			2	0,96	0,87	0,81	
			3	0,95	0,85	0,78	
Vertical perforated trays (note 4)	31		1	0,96	0,86	-	Three cables in vertical formation
			2	0,95	0,84	-	
Ladder supports, cleats, etc. (note 3)	32 33 34		1	1,00	0,97	0,96	Three cables in horizontal formation
			2	0,98	0,93	0,89	
			3	0,97	0,90	0,86	
Perforated trays (note 3)	31		1	1,00	0,98	0,96	Three cables in trefoil formation
			2	0,97	0,93	0,89	
			3	0,96	0,92	0,86	
Vertical perforated trays (note 4)	31		1	1,00	0,91	0,89	
			2	1,00	0,90	0,86	
Ladder supports, cleats, etc. (note 3)	32 33 34		1	1,00	1,00	1,00	
			2	0,97	0,95	0,93	
			3	0,96	0,94	0,90	

NOTE 1 Values given are averages for the cable types and range of conductor sizes considered in table A.52-8 to A.52-13. The spread of values is generally less than 5 %.

NOTE 2 Factors are given for single layers of cables (or trefoil groups) as shown in the table and do not apply when cables are installed in more than one layer touching each other. Values for such installations may be significantly lower and must be determined by an appropriate method.

NOTE 3 Values are given for vertical spacings between trays of 300 mm. For closer spacing the factors should be reduced.

NOTE 4 Values are given for horizontal spacing between trays of 225 mm with trays mounted back to back and at least 20 mm between the tray and any wall. For closer spacing the factors should be reduced.

NOTE 5 For circuits having more than one cable in parallel per phase, each three phase set of conductors should be considered as a circuit for the purpose of this table.

**Tabla 13. Factor de corrección por agrupamiento de cables unipolares.  
Tabla A.52-21 de la IEC 60364-5-52.**

Aunque resulta poco frecuente, en ocasiones los cables en las bandejas se disponen en varias capas, la normativa IEC no especifica qué factores deben introducirse en el caso de tener más de una capa de cables, en este caso se emplea la Tabla 14 obtenida de la norma francesa NF C 15-100 *Installations électriques à basse tension* donde aparece el factor de corrección por número de capas de cables  $K_6$ .

Número de capas de cable en la bandeja	2	3	4-5	6-8	+9
Factor de corrección por número de capas de cables $K_6$	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

**Tabla 14. Factor de corrección por número de capas de cables.  
Tabla 520 de la NF C 15-100.**

El factor de corrección por temperatura ambiente distinta de 20 °C  $K_7$  se muestra en la Tabla 15.

Ambient temperature <sup>a</sup> °C	Insulation			
	PVC	XLPE and EPR	Mineral <sup>a</sup>	
			PVC covered or bare and exposed to touch 70 °C	Bare not exposed to touch 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,87	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	-	0,65	-	0,70
70	-	0,58	-	0,65
75	-	0,50	-	0,60
80	-	0,41	-	0,54
85	-	-	-	0,47
90	-	-	-	0,40
95	-	-	-	0,32

<sup>a</sup> For higher ambient temperatures, consult manufacturer.

**Tabla 15. Factor de corrección por temperatura ambiente.  
Tabla A.52-14 de la IEC 60364-5-52.**

### 3.2.3 Factor de corrección por corrientes armónicas, $K_8$

Para el cálculo de la intensidad máxima admisible en los cables de 4 o 5 conductores debe considerarse el flujo de corriente a través del neutro. Los factores de corrección teniendo en cuenta el tercer armónico de la corriente se muestran en la Tabla 16.

Contenido en la intensidad de fase del tercer armónico	Factor de corrección por corrientes armónicas $K_8$	
	Sección del conductor basada en la intensidad de fase	Sección del conductor basada en la intensidad del neutro
0 – 15	1,0	-
15 – 33	0,86	-
33 – 45	-	0,86
> 45	-	1,0

**Tabla 16. Factor de corrección por corrientes armónicas.  
Anexo D de la IEC 60364-5-52.**



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

Este factor se considera en alimentadores a variadores de frecuencia, sistemas de alimentación ininterrumpida, cargadores de baterías y, en general, todos aquellos equipos que poseen electrónica.

### 3.2.4 Factor de corrección según el tipo de carga, $K_g$

Se considera un factor de corrección según el tipo de carga para tener en cuenta las sobrecargas que se producen en su funcionamiento con el fin de evitar el sobrecalentamiento de los cables. La Tabla 17 recoge los valores del factor de corrección según el tipo de carga para los dos casos más habituales: motores y condensadores.

Tipo de carga	Motor	Condensador
Factor de corrección según el tipo de carga $K_g$	1,25	1,50

**Tabla 17. Factor de corrección según el tipo de carga.  
ITC-BT-47/48 del RBT.**

La instrucción técnica ITC-BT-47 del RBT recomienda que los conductores que alimentan a un motor deben estar dimensionados para una intensidad nunca inferior al 125% de su plena carga. Para los condensadores en la ITC-BT-48 se recomienda que los aparatos de mando y protección soporten en régimen permanente de 1,5 a 1,8 veces la intensidad nominal asignada del condensador, a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades.

## 3.3 DESCRIPCIÓN DE LA HOJA DE CÁLCULO

### 3.3.1 Estructura de la hoja

La hoja de cálculo se divide en cuatro grandes bloques:

- Datos de la carga.
- Datos del cable.
- Intensidad máxima admisible.
- Caída de tensión.

Los dos primeros, *Datos de la carga* y *Datos del cable*, contienen las celdas donde se introducen o seleccionan los datos. En el primer bloque solo resultan imprescindibles la tensión y la potencia nominal, sin embargo, todos los datos del cable son necesarios. Cuantas más celdas se rellenan, más preciso resulta el cálculo aunque, en ocasiones, en la ingeniería básica no se dispone de toda la información necesaria.

En las figuras 6-10 se muestra la configuración de la hoja de cálculo y de las diferentes columnas.



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	4	5	6
DATOS CARGA					
Nº	TAG CABLE	DESDE		HASTA	
		EQUIPO	TAG	EQUIPO	TAG
1	P-205-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM-01	BOMBA DESCARGA	P-205
2	MOV-03-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM-01	VÁLVULAS MOTORIZADAS	MOV-03
3	LP-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM-01	PANEL ALUMBRADO	LP-01

**Figura 6. Columnas 1-6 de la hoja de cálculo.**

7	8	9	10	11	12	13
DATOS CARGA						
TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL			FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA
	kVA	kW	HP	PF	EF	
400		55		0,83		MOTOR
400		25		0,83		MOTOR
400		180		0,9		ALIMENTACIÓN

**Figura 7. Columnas 7-13 de la hoja de cálculo.**

## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

14	15	16	17	18	19	20
DATOS CABLE						
DISTRIBUCIÓN DEL CABLE	TIPO DE CABLE	NÚMERO DE CONDUCTORES POR FASE	SECCIÓN	TIPO DE AISLAMIENTO	MONTAJE	LONGITUD
			S (mm <sup>2</sup> )			L (m)
3P+PE	MULTICONDUCTOR	2	70	XLPE	ENTERRADO	310
3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	300
3P+PE+N	UNIPOLAR	2	150	XLPE	ENTERRADO	320

Figura 8. Columnas 14-20 de la hoja de cálculo.

21	22	23	24
INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE			
FACTOR DE CORRECCIÓN	INTENSIDAD NOMINAL	INTENSIDAD ADMISIBLE	ESTADO
K	In (A)	Iad (A)	Iad
0,29	90	103	O.K.
0,38	40	46	O.K.
0,6	260	325	O.K.

Figura 9. Columnas 21-24 de la hoja de cálculo.

25	26	27	28	29	30	31
CAÍDA DE TENSIÓN						CABLE SELECCIONADO
RESISTENCIA	REACTANCIA	CAÍDA DE TENSIÓN	CAÍDA DE TENSIÓN ARRANQUE MOTOR	ESTADO ΔV	ESTADO ΔVa	
R (Ω/km)	X (Ω/km)	ΔV (%)	ΔVa (%)	3,5	20	
0,16	0,05	1,97	11,84	O.K.	O.K.	2x4C70
0,66	0,10	3,11	18,66	O.K.	O.K.	4C35
0,08	0,05	3,27	-	O.K.	O.K.	10x1C150

Figura 10. Columnas 25-31 de la hoja de cálculo.



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### 3.3.2 Descripción de las columnas

- **Columna 1: N°.**  
Posición en el listado 1, 2, 3, etc.
- **Columna 2: TAG del cable.**  
Código que identifica de manera unívoca el cable.
- **Columna 3: Desde equipo.**  
Es el equipo de origen del cable.
- **Columna 4: Desde TAG.**  
Código que identifica el equipo de origen del cable.
- **Columna 5: Hasta equipo.**  
Es el equipo de destino del cable.
- **Columna 6: Hasta TAG.**  
Código que identifica el equipo de destino del cable.
- **Columna 7: Tensión (V).**  
Tensión a la que se alimenta la carga, en baja tensión la tensión nominal es igual o inferior a 1000 V. Este campo resulta obligatorio para el cálculo de la intensidad nominal (columna 22) y de la caída de tensión (columna 27).
- **Columnas 8, 9 y 10: Potencia nominal.**  
Potencia nominal de la carga en kVA, kW o HP (horsepower). Solo se debe rellenar una de las tres columnas, la potencia nominal para una carga es única, si se rellenan más columnas el orden de prevalencia es: primero la potencia en kW, segundo en HP y finalmente en kVA.
- **Columna 11: Factor de potencia, PF.**  
Es el factor de potencia de la carga. Si no se introduce ningún valor la hoja toma por defecto 0,85 salvo que se haya seleccionado *MOTOR* en el tipo de carga (columna 13), en tal caso, selecciona el factor de potencia correspondiente en función de la potencia nominal de la tabla *Características de los motores trifásicos en baja tensión* (ver Anexo 6.1) en la pestaña *DATOS*.
- **Columna 12: Eficiencia, EF.**  
Eficiencia de la máquina eléctrica a la que se alimenta. Si no se introduce ningún valor se toma por defecto 0,9 salvo que se haya seleccionado *MOTOR* en el tipo de carga (columna 13), en tal caso, selecciona la eficiencia correspondiente en función de la potencia nominal de la tabla *Características de los motores trifásicos en baja tensión* (ver Anexo 6.1) en la pestaña *DATOS*.
- **Columna 13: Tipo de carga.**  
Se trata de un menú desplegable que permite elegir entre *MOTOR* o *ALIMENTACIÓN*.
- **Columna 14: Distribución del cable.**  
Se selecciona una de las opciones de la lista desplegable que muestra las posibles configuraciones del cable:
  - *3P*, tres fases.
  - *3P+PE*, tres fases y protección.
  - *3P+PE+N*, tres fases, protección y neutro.
  - *3P+N*, tres fases y neutro.



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

- $P+N$ , fase y neutro.
- $P+PE+N$ , fase, protección y neutro.
- **Columna 15: Tipo de cable.**  
Se trata de un menú desplegable que permite elegir entre *UNIPOLAR* o *MULTICONDUCTOR*.
- **Columna 16: Número de conductores por fase.**  
Número de conductores por fase del cable 1, 2, 3, etc.
- **Columna 17: Sección,  $S$  (mm<sup>2</sup>).**  
Área de la sección nominal del conductor, la Tabla 18 muestra las diferentes secciones comerciales.

Secciones comerciales de conductores (mm <sup>2</sup> )																		
1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630

**Tabla 18. Secciones comerciales de conductores.**

- **Columna 18: Tipo de aislamiento.**  
Se trata de un menú desplegable que permite elegir entre los distintos tipos de aislamiento:
  - *XLPE*, polietileno reticulado.
  - *EPR*, etileno-propileno.
  - *PVC*, policloruro de vinilo.
- **Columna 19: Montaje.**  
Se trata de un menú desplegable que permite elegir el método de instalación de los cables, las opciones disponibles son *ENTERRADO* o *BANDEJA*. La Tabla 2 recoge algunos ejemplos de métodos de instalación de los cables.
- **Columna 20: Longitud,  $L$  (m).**  
Longitud del cable, es la distancia entre el origen y el destino del mismo.
- **Columna 21: Factor de corrección,  $K$ .**  
En el apartado 3.2 se explica cómo se calcula el factor de corrección de la intensidad admisible para adecuarlo a las condiciones particulares de nuestra instalación. Si no se dispone del valor, la hoja utiliza 0,35 como valor por defecto.
- **Columna 22: Intensidad nominal,  $I_n$  (A).**  
Intensidad nominal de corriente de la carga, se calcula de forma diferente según la alimentación sea monofásica o trifásica, el tipo de alimentación resulta intrínseco a la distribución del cable (columna 14).

Intensidad nominal en trifásica (A):

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} U} = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \phi} \quad [\text{Ec. 13}]$$

Intensidad nominal en monofásica (A):

$$I_n = \frac{S}{U} = \frac{P}{U \cos \phi} \quad [\text{Ec. 14}]$$



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

- **Columna 23: Intensidad admisible,  $I_{ad}$  (A).**

Intensidad máxima admisible corregida para una sección determinada del conductor, depende de:

- Tipo de cable.
- Número de conductores por fase.
- Tipo de aislamiento.
- Montaje.
- Factor de corrección.
- Sección de los conductores.

Intensidad máxima admisible corregida para  $n$  conductores por fase (A):

$$I'_{ad} = n \cdot I_{ad} \cdot K \quad [\text{Ec. 15}]$$

Donde:

- $n$  Número de conductores por fase ( )
- $I_{ad}$  Intensidad máxima admisible del cable (A)
- $K$  Factor de corrección de la intensidad máxima admisible ( )

El valor de la intensidad máxima admisible del cable ( $I_{ad}$ ) se obtiene de las Tablas 3 y 4 (apartado 3.1.1), estas tablas también se encuentran en la pestaña *DATOS* de la hoja de cálculo.

- **Columna 24: Estado  $I_{ad}$ .**

Comprueba si la intensidad admisible corregida para  $n$  conductores por fase es mayor que la intensidad nominal, en caso afirmativo el cable seleccionado cumple con el criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento. Se debe cumplir la siguiente condición:

$$I'_{ad} > I_n \quad [\text{Ec. 16}]$$

Donde:

- $I'_{ad}$  Intensidad máxima admisible corregida (A)
- $I_n$  Intensidad nominal (A)

- **Columna 25: Resistencia,  $R$  ( $\Omega/\text{km}$ ).**

Resistencia del cable de cobre, como la caída de tensión es proporcional a la resistencia se toma el caso más desfavorable, es decir, la mayor temperatura en régimen permanente que resiste el aislamiento del cable, para aislamientos termoestables (XLPE o EPR) es de 90 °C. Conviene recordar que el cable puede estar formado por más de un conductor por fase.

Resistencia a la temperatura  $\theta$  ( $\Omega/\text{km}$ ):

$$R_\theta = \frac{\rho_\theta L}{S} = \frac{\rho_{20} (1 + \alpha (\theta - 20)) L}{S} \quad [\text{Ec. 17}]$$

Resistencia a 90 °C para  $n$  conductores en paralelo ( $\Omega/\text{km}$ ):

$$R_{90} = \frac{\rho_{90} L}{n \cdot S} = \frac{\rho_{20} (1 + \alpha (90 - 20)) L}{n \cdot S} \quad [\text{Ec. 18}]$$



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

Resistividad del conductor a 90 °C:

$$\rho_{90} = \rho_{20} (1 + \alpha (90 - 20)) = 0,023 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km} \quad [\text{Ec. 19}]$$

Donde:

$n$	Número de conductores por fase ( )
$\rho_{\theta}$	Resistividad del conductor a la temperatura $\theta$ ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ )
$L$	Longitud del conductor (km)
$S$	Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )
$\rho_{20}$	Resistividad del conductor a 20 °C, para el cobre $18 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$
$\alpha$	Coefficiente de variación de la resistencia por temperatura, $0,00392 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para el cobre
$\theta$	Temperatura del conductor ( $^\circ\text{C}$ )

Los fabricantes de cables suelen incorporar el valor de la resistencia de los cables en sus catálogos, para un cálculo más preciso basta con sustituir estos valores en la tabla de la pestaña *DATOS*.

- **Columna 26: Reactancia, X ( $\Omega/\text{km}$ ).**

Reactancia del cable, existen diversos criterios a la hora de considerar la reactancia en los cables de baja tensión, con carácter general y siendo conservadores se puede considerar  $0,10 \Omega/\text{km}$  independientemente de la sección, naturaleza del conductor, disposición y sistema de instalación. Esta aproximación está contemplada en la norma francesa UTE C 15-105 *Détermination des sections de conducteurs et choix des dispositifs de protection - Méthodes pratiques*.

Conviene recordar que el cable puede estar formado por más de un conductor por fase, la reactancia para  $n$  conductores en paralelo ( $\Omega/\text{km}$ ):

$$X = \frac{0,10}{n} \quad [\text{Ec. 20}]$$

Donde:

$n$	Número de conductores por fase ( )
-----	------------------------------------

Los fabricantes de cables suelen incorporar el valor de la reactancia de los cables en sus catálogos, para un cálculo más preciso basta con sustituir estos valores en la tabla que utiliza la hoja de cálculo en la pestaña *DATOS*.

- **Columna 27: Caída de tensión,  $\Delta V$  (%).**

Diferencia de tensión entre el origen y el destino debido a la pérdida de la energía transportada por el cable que se disipa en forma de calor. Se calcula de forma diferente según la alimentación sea monofásica o trifásica, el tipo de alimentación resulta intrínseco a la distribución del cable (columna 14).

La caída de tensión en trifásica (%):

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} I_n \cdot L \cdot Z}{U} 100 \quad [\text{Ec. 21}]$$

La caída de tensión en monofásica (%):

$$\Delta U = \frac{I_n \cdot 2L \cdot Z}{U} 100 \quad [\text{Ec. 22}]$$

Siendo  $Z$  la impedancia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ ):

$$Z = R \cos \phi + X \sin \phi \quad [\text{Ec. 23}]$$



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

Donde:

$I_n$	Intensidad nominal (A)
$L$	Longitud del conductor (km)
$U$	Tensión (V)
$R$	Resistencia del conductor ( $\Omega$ /km)
$X$	Reactancia del conductor ( $\Omega$ /km)
$\cos \emptyset$	Factor de potencia ( )

- **Columna 28: Caída de tensión arranque motor,  $\Delta V_a$  (%).**

Caída de tensión que se produce en el arranque los motores, la intensidad de arranque puede ser del orden de 3 a 6 veces la intensidad nominal. Se calcula de forma diferente según la alimentación sea monofásica o trifásica, el tipo de alimentación resulta intrínseco a la distribución del cable (columna 14).

La caída de tensión en el arranque de los motores en trifásica (%):

$$\Delta U_a = \frac{\sqrt{3} \cdot 6 I_n \cdot L \cdot Z}{U} 100 \quad [\text{Ec. 24}]$$

La caída de tensión en el arranque de los motores en monofásica (%):

$$\Delta U_a = \frac{6 I_n \cdot 2L \cdot Z}{U} 100 \quad [\text{Ec. 25}]$$

Siendo  $Z$  la impedancia del conductor ( $\Omega$ /km):

$$Z = R \cos \emptyset + X \sin \emptyset \quad [\text{Ec. 26}]$$

Donde:

$I_n$	Intensidad nominal (A)
$L$	Longitud del conductor (km)
$U$	Tensión (V)
$R$	Resistencia del conductor ( $\Omega$ /km)
$X$	Reactancia del conductor ( $\Omega$ /km)
$\cos \emptyset$	Factor de potencia ( )

- **Columna 29: Estado  $\Delta V$ .**

Comprueba si la caída de tensión es inferior al límite máximo establecido, este valor se puede sustituir fácilmente en el encabezado de esta columna, en la Tabla 5 se establecen los límites recomendados por las instrucciones técnicas ITC-BT-14/15/19 del RBT.

- **Columna 30: Estado  $\Delta V_a$ .**

Comprueba si la caída de tensión en el arranque del motor es inferior al límite máximo establecido, este valor se puede cambiar en el encabezado de esta columna, valores alrededor del 15 % se consideran aceptables.

- **Columna 31: Cable seleccionado.**

Proporciona la configuración del cable seleccionado.

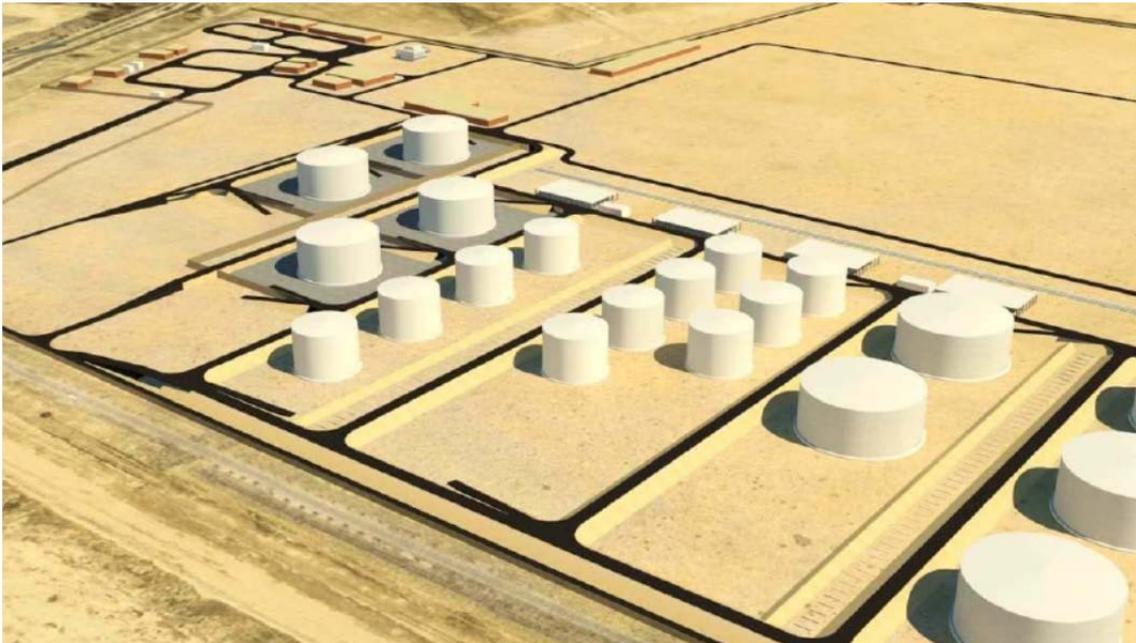
### 4. CASO PRÁCTICO: PARQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS

#### 4.1 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN

Las principales operaciones que se producen en la terminal son:

- Almacenamiento de productos derivados del petróleo (gasolina, diésel, jet fuel) y gas licuado del petróleo, en adelante GLP, a través de la descarga de camiones cisterna en tanques de almacenamiento.
- Carga de productos derivados del petróleo y GLP en camiones cisterna para su transporte hasta el punto de consumo.
- Transferencia de productos derivados del petróleo y GLP entre los diferentes tanques.

La Figura 11 muestra la distribución de los tanques en cubetos de retención en una terminal de almacenamiento.



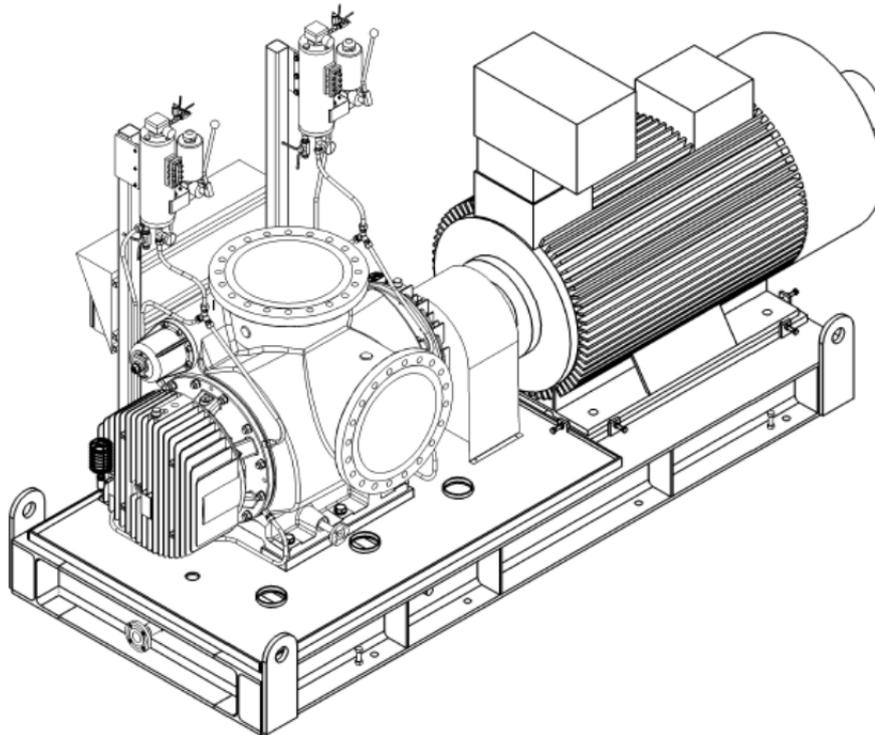
**Figura 11. Vista aérea de los cubetos en un parque de almacenamiento.**

Los productos derivados del petróleo y GLP llegan hasta el área de carga y descarga de la terminal de almacenamiento mediante camiones cisterna. Existen seis islas para llevar a cabo este proceso, desde cada punto de descarga se transfiere el producto hasta el tanque de almacenamiento preciso.

La planta está formada por siete tanques de hidrocarburos de  $25.000 \text{ m}^3$  de capacidad cada uno y tres esferas de GLP de  $3.760 \text{ m}^3$ . Además, hay dos tanques de almacenamiento de agua con una capacidad total de  $9.000 \text{ m}^3$  y dos tanques más para residuos de aceite de  $200 \text{ m}^3$  cada uno (ver apartado 4.4).

En la sala de control se selecciona la ruta de descarga y se definen los parámetros de trabajo de la isla de descarga, toda la operación está perfectamente monitorizada. La transferencia de productos derivados del

petróleo y GLP entre los diferentes tanques se realiza a través de las bombas de carga. La Figura 12 muestra el acoplamiento entre la bomba y el motor eléctrico. No es compatible la carga/descarga de un camión cisterna y el trasiego desde/hasta un mismo tanque.



**Figura 12. Acoplamiento entre la bomba y el motor eléctrico**

Los principales sistemas de la planta son:

- Recuperación de vapor.
- Sistema de aditivos.
- Compresión de aire.
- Recuperación de residuos.
- Depuración de agua y aguas aceitosas.

La Tabla 19 muestra las condiciones ambientales de la ubicación de la planta.

Temperatura máxima (°C)	45
Temperatura mínima (°C)	-5
Temperatura media (°C)	22
Humedad relativa verano (%)	34
Humedad relativa invierno (%)	75
Altura de la instalación (m. s. n. m.)	457

**Tabla 19. Condiciones ambientales.**



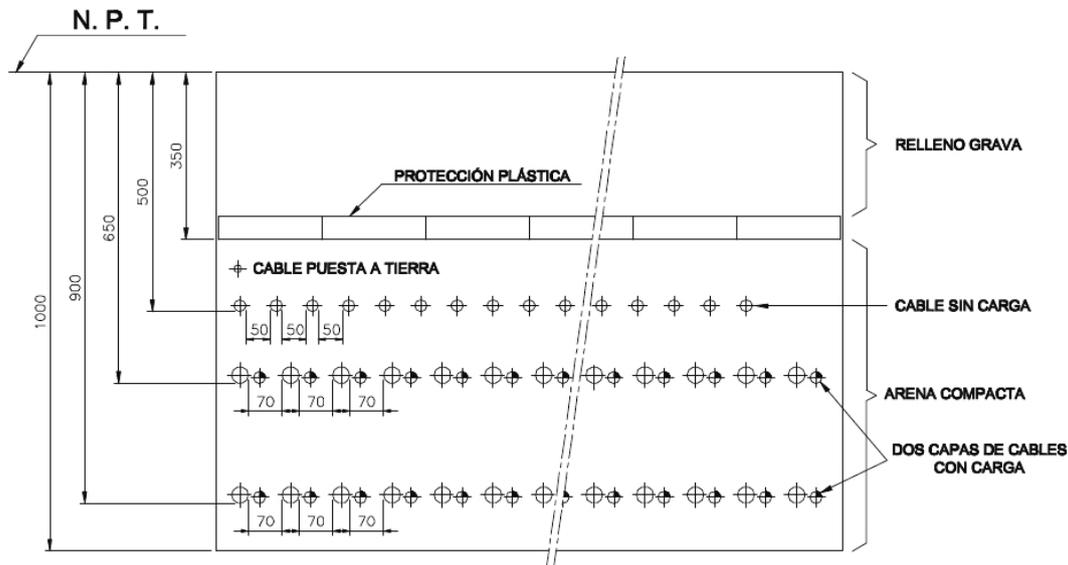
## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

El terreno es granular, formado por grava y roca caliza, de compacidad media. La temperatura del terreno a una profundidad de 650 mm es 35 °C.

### 4.2 BASES DE DISEÑO PARA CONDUCTORES

- a) Los conductores deben seleccionarse por capacidad de conducción de corriente, caída de tensión y cortocircuito.
- b) La capacidad de conducción de los conductores debe determinarse de acuerdo a lo indicado en la norma IEC 60364-5-52:2001 *Selection and erection of electrical equipment - Wiring systems*. Teniendo en cuenta:
  - Corriente en condiciones de máxima carga.
  - Agrupamiento de conductores.
  - Temperatura máxima ambiente y del conductor.
  - Resistividad térmica del terreno.
  - Profundidad.
- c) La máxima caída de tensión permitida desde el secundario del transformador hasta la carga es del 5 %.
- d) El cableado de fuerza y control en las canalizaciones eléctricas debe estar formado por una sola pieza, sin empalmes, desde la fuente hasta la carga, previendo desde el diseño del proyecto la adquisición de las longitudes requeridas.
- e) La sección mínima de conductores a utilizar es:
  - Fuerza 600 V y menor: 6 mm<sup>2</sup>.
  - Alumbrado: 2,5 mm<sup>2</sup>.
  - Medía tensión: 95 mm<sup>2</sup>.
- f) Para cargas en baja tensión no se permite la instalación de cables de sección superior a 185 mm<sup>2</sup> por fase, en tal caso se instalarán dos o más cables en paralelo.
- g) Todos los cables tendrán hilo de protección o hilo de protección y neutro. El conductor del neutro siempre será de la misma sección que las fases.
- h) Todos los cables serán armados con alambres de acero y aislamiento tipo PE (polietileno termoplástico).
- i) Se debe respetar el radio de curvatura mínimo del cable:
  - Alta tensión, de acuerdo al fabricante.
  - Media tensión, 12 veces el diámetro exterior del cable, se debe aplicar el requerimiento del fabricante del cable en caso de que requiera mayor radio de curvatura.
  - Baja tensión, 6 veces el diámetro exterior del cable unipolar/multiconductor, se debe aplicar el requerimiento del fabricante en caso de que requiera mayor radio de curvatura.

- j) En área clasificada los cables se distribuirán en zanjas directamente enterrados de acuerdo con la Figura 13 salvo en pasos de calle, cimentaciones, etc. donde se utilizará tubo conduit HDPE (polietileno de alta densidad) embebido en hormigón.



**Figura 13. Sección de zanja para distribución de cables de baja tensión.**

- k) Los cables para instalación en el exterior sobre bandeja deben ser resistentes a los rayos solares y aprobados para este servicio. Se deben emplear conductores aislados con características de baja emisión de humos y resistencia a la propagación de la llama. Los conductores a la llegada a los tableros deben acomodarse y soportarse para evitar transmitir tensiones mecánicas a los interruptores, barras o boquillas a los que se conectan.
- l) Los conductores aislados en alta, media y baja tensión deben identificarse por algún medio de etiquetado, fijo e imborrable, en los registros eléctricos, llegadas a subestación, así como al inicio y final del conductor, indicando el número de circuito y servicio del conductor.

### 4.3 LISTA DE CARGAS

La lista de cargas es un resumen detallado de las cargas del sistema eléctrico, se utiliza para determinar los requisitos de potencia y las tensiones del sistema (ver apartado 1.2). Descripción de las columnas de la Tabla 20:

- **Columna 1: S/N.**  
Posición de la carga en el listado 1, 2, 3, etc.
- **Columna 2: TAG de la carga.**  
Código que identifica de manera unívoca la carga eléctrica.
- **Columna 3: Descripción.**  
Se describe la carga: bomba, panel local, compresor, etc.
- **Columna 4: Barra de conexión.**  
Es la barra de conexión de la carga del diagrama unifilar (ver apartado 4.5).



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

- **Columna 5: Arranque.**  
Tipo de arranque de la carga, los más habituales son: F1 (alimentación), F2 (alimentación con contactor), DOL (motor de arranque directo) y VSD (motor con variador de frecuencia).
- **Columna 6: Potencia absorbida (kW).**  
Potencia absorbida por la carga en kW.
- **Columna 7: Potencia nominal (kW).**  
Potencia nominal de la carga en kW.
- **Columna 8: Eficiencia.**  
Eficiencia de la carga.
- **Columna 9: Factor de potencia.**  
Factor de potencia de la carga.
- **Columna 10: Modo de operación.**  
Las cargas pueden trabajar de forma continua (C), intermitente (I) o equipos de reserva (R).



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

Tabla 20. Lista de cargas.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S/N	TAG	DESCRIPCIÓN	BARRA DE CONEXIÓN	ARRANQUE	POTENCIA ABSORVIDA (kW)	POTENCIA NOMINAL (kW)	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	MODO DE OPERACIÓN
1	BC-01	BRAZO DE CARGA 1	D	F1	13,5	15,0	0,92	0,83	C
2	BC-02	BRAZO DE CARGA 2	D	F1	13,5	15,0	0,92	0,83	C
3	BC-03	BRAZO DE CARGA 3	C	F1	13,5	15,0	0,92	0,83	C
4	BC-04	BRAZO DE CARGA 4	C	F1	13,5	15,0	0,92	0,83	C
5	BC-05	BRAZO DE CARGA 5	C	F1	13,5	15,0	0,92	0,83	C
6	BC-06	BRAZO DE CARGA 6	C	F1	13,5	15,0	0,92	0,83	C
7	BSC-01	BÁSCULA DE CAMIONES	C	F1	2,3	2,5	0,92	0,83	C
8	P-201A	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 1A	D	DOL	41,3	55,0	0,94	0,88	C
9	P-201B	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 1B	D	DOL	41,3	55,0	0,94	0,88	R
10	P-202A	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 2A	D	DOL	41,3	55,0	0,94	0,88	C
11	P-202B	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 2B	D	DOL	41,3	55,0	0,94	0,88	R
12	P-203	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 3	C	VSD	56,3	75,0	0,95	0,88	C
13	P-203-C	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 3	C	F1	0,2	0,3	0,85	0,85	I
14	P-204	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 4	C	VSD	56,3	75,0	0,95	0,88	C
15	P-204-C	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 4	C	F1	0,2	0,3	0,85	0,85	I
16	P-205	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 5	C	DOL	22,5	30,0	0,92	0,88	C
17	P-206	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 6	C	DOL	22,5	30,0	0,92	0,88	C



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S/N	TAG	DESCRIPCIÓN	BARRA DE CONEXIÓN	ARRANQUE	POTENCIA ABSORVIDA (kW)	POTENCIA NOMINAL (kW)	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	MODO DE OPERACIÓN
18	P-207	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 7	C	DOL	22,5	30,0	0,92	0,88	C
19	P-401	MOTOR DE LA BOMBA DE GLP 1	D	VSD	67,5	90,0	0,95	0,88	C
20	P-401-C	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE GLP 1	D	F1	0,2	0,3	0,85	0,85	I
21	P-402	MOTOR DE LA BOMBA DE GLP 2	C	VSD	67,5	90,0	0,95	0,88	C
22	P-402-C	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE GLP 2	D	F1	0,2	0,3	0,85	0,85	I
23	P-403	MOTOR DE LA BOMBA DE GLP 3	C	DOL	22,5	30,0	0,92	0,88	C
24	MOV-01	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DE LOS TANQUES DE AGUA	C	DOL	13,5	18,0	0,83	0,83	I
25	MOV-02	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DE LOS TANQUES DE RESIDUOS DE ACEITE	C	DOL	13,5	18,0	0,83	0,83	I
26	MOV-03	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DEL CARGADERO DE CAMIONES 1	D	DOL	31,5	42,0	0,83	0,83	I
27	MOV-04	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DEL CARGADERO DE CAMIONES 2	C	DOL	31,5	42,0	0,83	0,83	I
28	MOV-05	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS T-01, T-02, T-03	D	DOL	13,5	18,0	0,83	0,83	I
29	MOV-06	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS T-04, T-05, T-06, T-07	D	DOL	18,0	24,0	0,83	0,83	I
30	MOV-07	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS T-08, T-09, T-10	D	DOL	9,0	12,0	0,83	0,83	I
31	P-501	MOTOR DE LA BOMBA AUXILIAR CONTRA INCENDIOS 1	D	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
32	P-502	MOTOR DE LA BOMBA AUXILIAR CONTRA INCENDIOS 2	D	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
33	P-601	MOTOR DE LA BOMBA BALSA DE EVAPORACIÓN 1	D	DOL	8,3	11,0	0,88	0,84	C



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S/N	TAG	DESCRIPCIÓN	BARRA DE CONEXIÓN	ARRANQUE	POTENCIA ABSORVIDA (kW)	POTENCIA NOMINAL (kW)	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	MODO DE OPERACIÓN
34	P-602	MOTOR DE LA BOMBA Balsa de EVAPORACIÓN 2	C	DOL	8,3	11,0	0,88	0,84	C
35	P-611	MOTOR DE LA BOMBA DEL TANQUE DE RESIDUOS DE ACEITE	C	DOL	4,1	5,5	0,86	0,89	C
36	P-621	MOTOR DE LA BOMBA DE AGUA 1	D	DOL	5,6	7,5	0,88	0,89	C
37	P-622	MOTOR DE LA BOMBA DE AGUA 2	C	DOL	4,1	5,5	0,86	0,89	C
38	GR-01	PUENTE GRÚA DEL FOSO DE BOMBAS	C	F1	18,8	25,0	0,92	0,83	I
39	GR-02	PUENTE GRÚA DEL TALLER	C	F1	11,3	15,0	0,90	0,83	I
40	GR-03	PUENTE GRÚA DE LA CASETA DE COMPRESORES	C	F1	15,0	20,0	0,91	0,83	I
41	AC-01	COMPRESOR DE AIRE 1	C	DOL	31,5	35,0	0,92	0,82	C
42	AC-02	COMPRESOR DE AIRE 2	C	DOL	22,5	25,0	0,90	0,82	C
43	PWU-01	UNIDAD POTABILIZADORA DE AGUA	C	F1	9,0	12,0	0,90	0,80	C
44	STU-01	UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	C	F1	3,8	5,0	0,90	0,80	C
45	OWT-01	UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS ACEITOSAS	C	F1	3,8	5,0	0,90	0,80	C
46	WS-01	TOMA DE SOLDADURA 1	D	F1	13,5	18,0	1,00	0,80	I
47	WS-02	TOMA DE SOLDADURA 2	C	F1	13,5	18,0	1,00	0,80	I
48	WS-03	TOMA DE SOLDADURA 3	C	F1	13,5	18,0	1,00	0,80	I
49	WS-04	TOMA DE SOLDADURA 4	D	F1	13,5	18,0	1,00	0,80	I
50	WS-05	TOMA DE SOLDADURA 5	C	F1	13,5	18,0	1,00	0,80	I



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S/N	TAG	DESCRIPCIÓN	BARRA DE CONEXIÓN	ARRANQUE	POTENCIA ABSORVIDA (kW)	POTENCIA NOMINAL (kW)	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	MODO DE OPERACIÓN
51	WS-06	TOMA DE SOLDADURA 6	C	F1	13,5	18,0	1,00	0,80	I
52	WS-07	TOMA DE SOLDADURA 7	D	F1	13,5	18,0	1,00	0,80	I
53	WS-08	TOMA DE SOLDADURA 8	C	F1	13,5	18,0	1,00	0,80	I
54	WS-09	TOMA DE SOLDADURA 9	C	F1	13,5	18,0	1,00	0,80	I
55	HVAC-01	CLIMATIZACIÓN EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN	C	F1	90,0	120,0	0,92	0,80	C
56	HVAC-02	CLIMATIZACIÓN SALA DE CONTROL	D	F1	26,3	35,0	0,92	0,80	C
57	HVAC-03	CLIMATIZACIÓN EDIFICIO BRIGADA CONTRAINCEDIOS	C	F1	41,3	55,0	0,92	0,80	C
58	HVAC-03	CLIMATIZACIÓN EDIFICIO ELÉCTRICO	D	F1	56,3	75,0	0,92	0,80	C
59	UPS-01	UPS	C	F1	56,3	75,0	0,95	0,85	C
60	LPE-01	PANEL DE ALUMBRADO EXTERIOR	D	F1	135,0	180,0	1,00	0,95	C
61	LP-01	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN	C	F1	56,3	75,0	1,00	0,95	C
62	LP-02	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE EDIFICIO BRIGADA CONTRAINCEDIOS	D	F1	37,5	50,0	1,00	0,95	C
63	LP-03	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE SALA DE CONTROL	D	F1	18,8	25,0	1,00	0,95	C
64	LP-04	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE EDIFICIO ELÉCTRICO	D	F1	3,8	5,0	1,00	0,95	C
65	LP-05	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE TALLER	D	F1	5,6	7,5	1,00	0,95	C
66	LP-06	PANEL ALUMBRADO FOSO DE BOMBAS DE PRODUCTO	D	F1	1,9	2,5	1,00	0,95	C
67	LP-07	PANEL ALUMBRADO FOSO DE BOMBAS AUXILIARES	C	F1	3,8	5,0	1,00	0,95	C



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S/N	TAG	DESCRIPCIÓN	BARRA DE CONEXIÓN	ARRANQUE	POTENCIA ABSORVIDA (kW)	POTENCIA NOMINAL (kW)	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	MODO DE OPERACIÓN
68	MX-T-01A	MEZCLADOR 1 TANQUE T-01	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
69	MX-T-01B	MEZCLADOR 2 TANQUE T-01	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
70	MX-T-01C	MEZCLADOR 3 TANQUE T-01	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
71	MX-T-02A	MEZCLADOR 1 TANQUE T-02	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
72	MX-T-02B	MEZCLADOR 2 TANQUE T-02	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
73	MX-T-02C	MEZCLADOR 3 TANQUE T-02	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
74	MX-T-03A	MEZCLADOR 1 TANQUE T-03	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
75	MX-T-03B	MEZCLADOR 2 TANQUE T-03	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
76	MX-T-03C	MEZCLADOR 3 TANQUE T-03	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
77	MX-T-04A	MEZCLADOR 1 TANQUE T-04	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
78	MX-T-04B	MEZCLADOR 2 TANQUE T-04	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
79	MX-T-04C	MEZCLADOR 3 TANQUE T-04	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
80	MX-T-05A	MEZCLADOR 1 TANQUE T-05	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
81	MX-T-05B	MEZCLADOR 2 TANQUE T-05	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
82	MX-T-05C	MEZCLADOR 3 TANQUE T-05	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
83	MX-T-06A	MEZCLADOR 1 TANQUE T-06	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
84	MX-T-06B	MEZCLADOR 2 TANQUE T-06	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
85	MX-T-06C	MEZCLADOR 3 TANQUE T-06	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S/N	TAG	DESCRIPCIÓN	BARRA DE CONEXIÓN	ARRANQUE	POTENCIA ABSORVIDA (kW)	POTENCIA NOMINAL (kW)	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	MODO DE OPERACIÓN
86	MX-T-07A	MEZCLADOR 1 TANQUE T-07	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
87	MX-T-07B	MEZCLADOR 2 TANQUE T-07	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
88	MX-T-07C	MEZCLADOR 3 TANQUE T-07	C	DOL	11,3	15,0	0,90	0,84	C
89	MX-T-08A	MEZCLADOR 1 TANQUE T-08	C	DOL	7,5	10,0	0,90	0,84	C
90	MX-T-08B	MEZCLADOR 2 TANQUE T-08	C	DOL	7,5	10,0	0,90	0,84	C
91	MX-T-08C	MEZCLADOR 3 TANQUE T-08	C	DOL	7,5	10,0	0,90	0,84	C
92	MX-T-09A	MEZCLADOR 1 TANQUE T-09	C	DOL	7,5	10,0	0,90	0,84	C
93	MX-T-09B	MEZCLADOR 2 TANQUE T-09	C	DOL	7,5	10,0	0,90	0,84	C
94	MX-T-09C	MEZCLADOR 3 TANQUE T-09	C	DOL	7,5	10,0	0,90	0,84	C
95	MX-T-10A	MEZCLADOR 1 TANQUE T-10	C	DOL	7,5	10,0	0,90	0,84	C
96	MX-T-10B	MEZCLADOR 2 TANQUE T-10	C	DOL	7,5	10,0	0,90	0,84	C
97	MX-T-10C	MEZCLADOR 3 TANQUE T-10	C	DOL	7,5	10,0	0,90	0,84	C
98	CBC-01	CARGADOR DEL BANCO DE CONDESADORES	D	F1	0,8	1,0	0,90	0,84	C
99	CP-01	PROTECCIÓN CATÓDICA T-01, T-02, T-03	C	F1	2,7	3,6	0,95	0,85	C
100	CP-02	PROTECCIÓN CATÓDICA T-04, T-05, T-06, T-07	C	F1	3,6	4,8	0,95	0,85	C
101	CP-03	PROTECCIÓN CATÓDICA T-08, T-09, T-10	C	F1	1,4	1,8	0,95	0,85	C
102	CP-04	PROTECCIÓN CATÓDICA DE LOS TANQUES DE AGUA Y DE LOS TANQUES DE RESIDUOS DE ACEITE	C	F1	0,9	1,2	0,95	0,85	C



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

A partir de la lista de cargas, se selecciona el transformador principal que debe suministrar la potencia de las barras de conexión C y D y el grupo electrógeno o de emergencia (barra de conexión D).

Las cargas pueden trabajar de forma continua, intermitente o tratarse de equipos de reserva. Por ello, se aplica el factor de diversidad, porcentaje de la potencia absorbida por el equipo que se utiliza para obtener la potencia del transformador o del grupo electrógeno, se utiliza 100% para cargas continuas, 50% para cargas intermitentes y 0% para cargas reserva.

Resulta habitual considerar una potencia de reserva, del orden del 20%, para adaptarse al incremento de los requisitos de potencia. La Tabla 21 muestra la potencia necesaria según la lista de cargas, la potencia de reserva (20%) y la potencia total, así como el equipo seleccionado que mejor se ajusta a las necesidades de potencia entre los tamaños comerciales disponibles.

Equipo	Potencia requerida (kVA)	Potencia reserva (kVA)	Potencia total (kVA)	Equipo seleccionado (kVA)
Transformador principal	2024	405	2429	2500
Grupo electrógeno	664	133	797	900

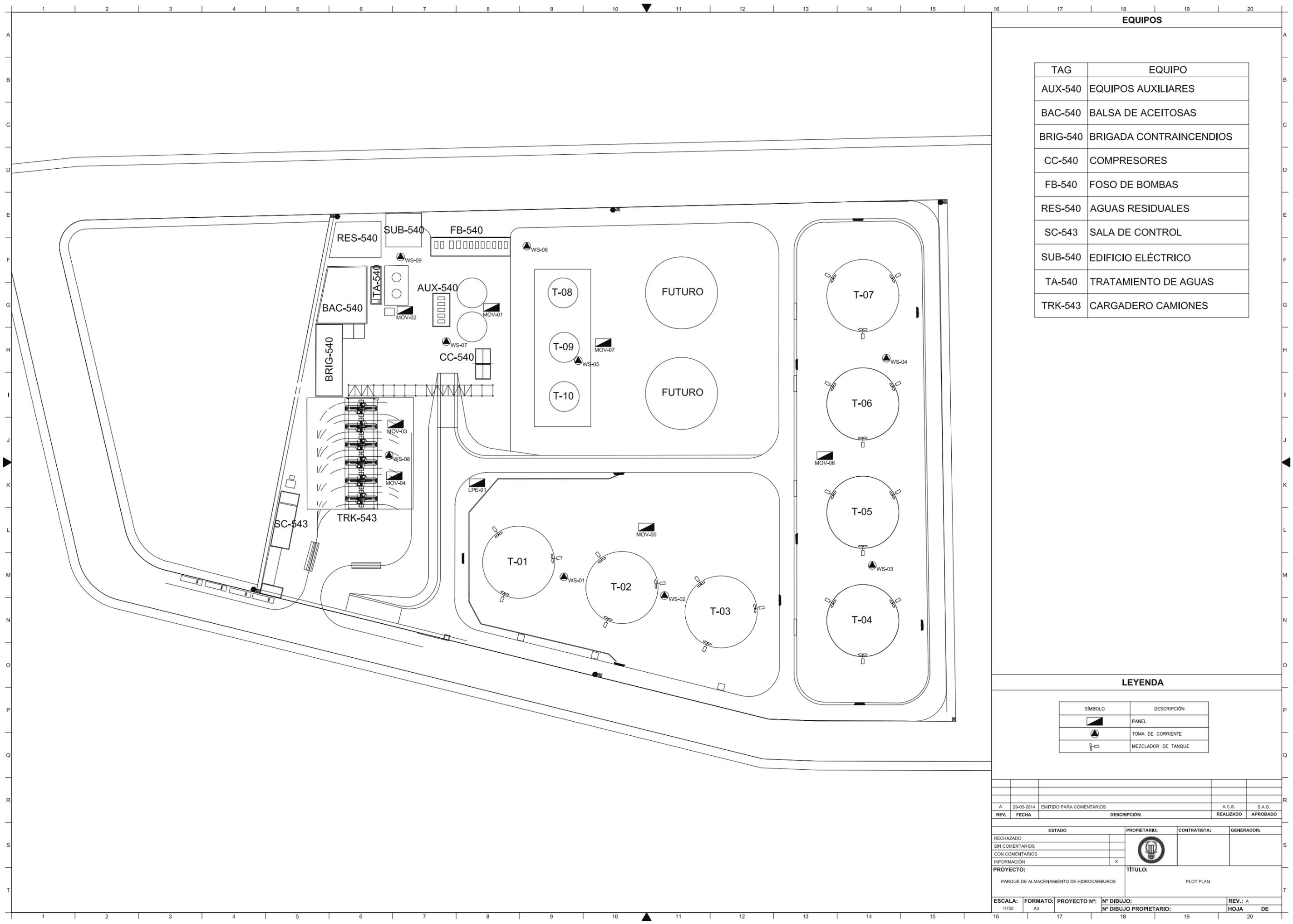
**Tabla 21. Selección de equipos.**

### 4.4 PLOT PLAN

El Plot Plan es el plano de vista en planta con la distribución de equipos y espacios donde se ubican las cargas y se realizan las mediciones necesarias para obtener la distancia entre los puntos de origen y destino de los cables. Conviene tener en cuenta los recorridos en el plano vertical para considerar el sótano de la subestación, la altura del armario eléctrico donde se realizaran las conexiones o los registros y las arquetas. La Tabla 22 muestra algunas recomendaciones a tener en cuenta en las mediciones de cables.

Acometida	Punta (m)
Motor por zanja	2
Motor por tubo	1,5
Motor aéreo	4
Unidad paquete	2,5
Aeroventilador	Altura de la instalación
Paneles locales	2,5
Válvulas motorizadas	Altura de la instalación
Mezcladores	2,5

**Tabla 22. Puntas de los cables según el tipo de acometida.**



**EQUIPOS**

TAG	EQUIPO
AUX-540	EQUIPOS AUXILIARES
BAC-540	BALSA DE ACEITOSAS
BRIG-540	BRIGADA CONTRA INCENDIOS
CC-540	COMPRESORES
FB-540	FOSO DE BOMBAS
RES-540	AGUAS RESIDUALES
SC-543	SALA DE CONTROL
SUB-540	EDIFICIO ELÉCTRICO
TA-540	TRATAMIENTO DE AGUAS
TRK-543	CARGADERO CAMIONES

**LEYENDA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	PANEL
	TOMA DE CORRIENTE
	MEZCLADOR DE TANQUE

A	29-05-2014	EMITIDO PARA COMENTARIOS		A.C.S.	S.A.G.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	REALIZADO	APROBADO	
ESTADO			PROPIETARIO:	CONTRATISTA:	GENERADOR:
RECHAZADO					
SIN COMENTARIOS					
CON COMENTARIOS					
INFORMACIÓN					
PROYECTO:			TÍTULO:		
PARQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS			PLOT PLAN		
ESCALA:	FORMATO:	PROYECTO N°:	N° DIBUJO:	REV.:	
1/750	A3			A	
			N° DIBUJO PROPIETARIO:	HOJA	DE



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

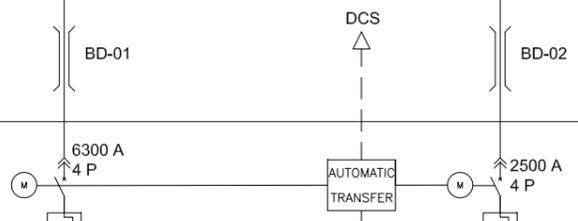
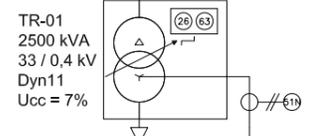
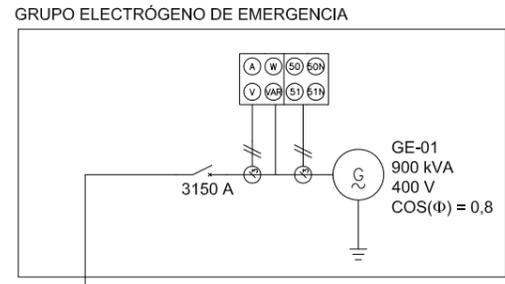
### 4.5 DIAGRAMA UNIFILAR

Tomando como punto de partida la lista de cargas (Tabla 20) se desarrolla el esquema unifilar de baja tensión siguiendo los criterios expuestos en el apartado 1.3, contiene: intensidad nominal de los embarrados, intensidades de cortocircuito, tensiones de aislamiento y protecciones.

La potencia de cortocircuito aguas arriba del transformador viene dada por la Compañía. La intensidad de corriente de cortocircuito en baja tensión se calcula partiendo de la hipótesis de que la potencia de cortocircuito primaria es infinita.

El diagrama unifilar de baja tensión muestra las tres salidas tipo de la lista de cargas (ver apartado 4.3).

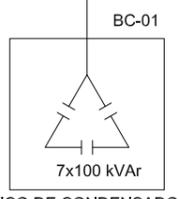
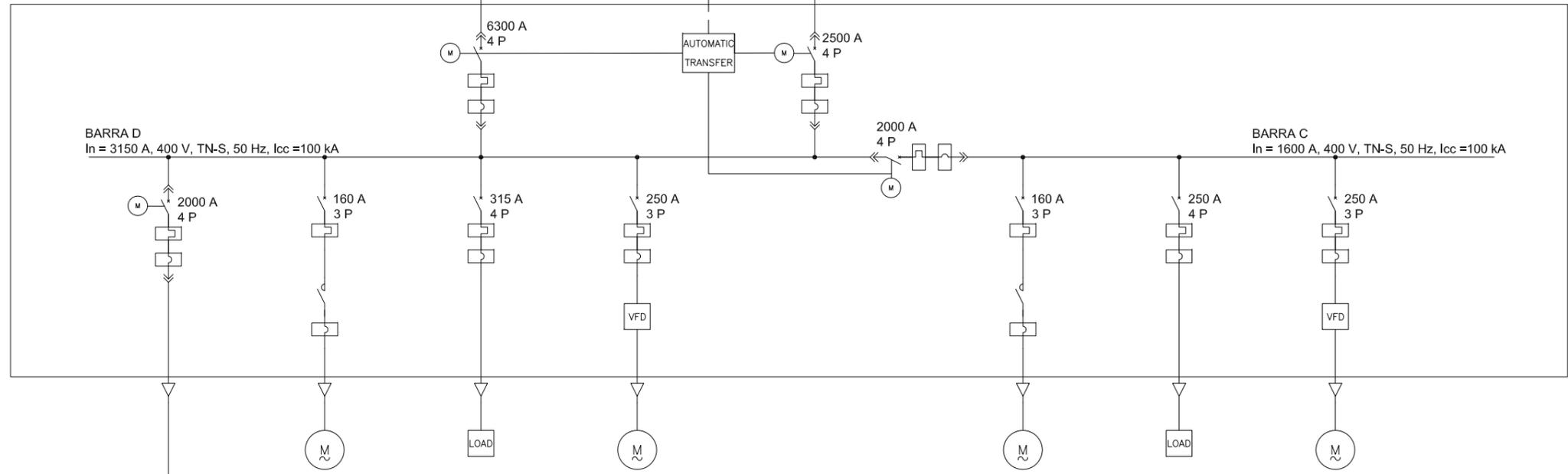
**SUBSTACIÓN COMPAÑÍA**  
33 kV, 50 Hz, 25 kA, 3 s



**CENTRO CONTROL MOTORES (CCM)**

**BARRA D**  
In = 3150 A, 400 V, TN-S, 50 Hz, I<sub>cc</sub> = 100 kA

**BARRA C**  
In = 1600 A, 400 V, TN-S, 50 Hz, I<sub>cc</sub> = 100 kA



TAG	kW
P-201A	55
P-201B	55
P-202A	55
P-202B	55
P-202C	55
MOV-03	42
MOV-05	18
MOV-06	24
MOV-07	12
P-501	15
P-502	15
P-601	11
P-621	7,5

TAG	kW
BC-01	15
BC-02	15
P-401-C	0,3
P-402-C	0,3
WS-01	18
WS-04	18
WS-07	18
HVAC-02	35
HVAC-03	75
LPE-01	180
LP-02	50
LP-03	25
LP-04	5
LP-05	7,5
LP-06	2,5
CBC-01	1

TAG	kW
P-401	90

TAG	kW
P-205	30
P-206	30
P-207	30
P-403	30
MOV-01	18
MOV-02	18
MOV-04	42
P-602	11
P-611	5,5
P-622	5,5
AC-01	35
AC-02	25
MX-T-01A	15
MX-T-01B	15
MX-T-01C	15
MX-T-02A	15
MX-T-02B	15
MX-T-02C	15
MX-T-03A	15
MX-T-03B	15
MX-T-03C	15

TAG	kW
MX-T-04A	15
MX-T-04B	15
MX-T-04C	15
MX-T-05A	15
MX-T-05B	15
MX-T-05C	15
MX-T-06A	15
MX-T-06B	15
MX-T-06C	15
MX-T-07A	15
MX-T-07B	15
MX-T-07C	15
MX-T-08A	10
MX-T-08B	10
MX-T-08C	10
MX-T-09A	10
MX-T-09B	10
MX-T-09C	10
MX-T-10A	10
MX-T-10B	10
MX-T-10C	10

TAG	kW
BC-03	15
BC-04	15
BC-05	15
BC-06	15
BSC-01	2,5
P-203-C	0,3
P-204-C	0,3
GR-01	25
GR-02	15
GR-03	20
PWU-01	12
STU-01	5
OWT-01	5
WS-02	18
WS-03	18
WS-05	18
WS-06	18
WS-08	18
WS-09	18
HVAC-01	120
HVAC-03	55
UPS-01	75
LP-01	75
LP-07	5
CP-01	3,6
CP-02	4,8
CP-03	1,8
CP-04	1,2

TAG	kW
P-203	75
P-204	75
P-402	90

**LEYENDA**

SÍMBOLO UNE-EN 60617	DESCRIPCIÓN
	MOTOR CORRIENTE ALTERNA
	OPERADO POR MOTOR ELÉCTRICO
	GENERADOR
	CARGA
	TRANSFORMADOR CON CAMBIADOR DE TOMAS EN CARGA (DLTC)
	DEVANADO TRIFÁSICO TRIÁNGULO
	DEVANADO TRIFÁSICO EN ESTRELLA
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
	TRANSFORMADOR TOROIDAL
	CONDENSADOR
	TIERRA
	DUCTO DE BARRAS
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO
	CONTACTOR
	RELÉ TÉRMICO
	RELÉ MAGNÉTICO
	VARIADOR DE FRECUENCIA
	EQUIPO EXTRAIBLE
	VOLTIMETRO
	AMPERIMETRO
	VATIMETRO
	ACOMETIDA
	TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA
	RELÉ DE PROTECCIÓN
	ANALIZADOR DE REDES

RELÉ DE PROTECCIÓN, CÓDIGO ANSI:

26 TERMOSTATO  
50 MÁXIMA INTENSIDAD DE FASE INSTANTÁNEA  
50N FALLO A TIERRA INSTANTÁNEO  
51 MÁXIMA INTENSIDAD DE FASE TEMPORIZADA  
51N FALLO A TIERRA TEMPORIZADO  
63 PRESIÓN DE GAS, LÍQUIDO O VACÍO

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	REALIZADO	APROBADO
A	01-06-2014	EMITIDO PARA COMENTARIOS	A.C.S.	S.A.G.
ESTADO		PROPIETARIO:	CONTRATISTA:	GENERADOR:
RECHAZADO				
SIN COMENTARIOS				
CON COMENTARIOS				
INFORMACIÓN		X		
PROYECTO:		TÍTULO:		
PARQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS		DIAGRAMA UNIFILAR DE BAJA TENSIÓN		
ESCALA:	FORMATO:	PROYECTO N°:	N° DIBUJO:	REV.: A
N/A	A3		N° DIBUJO PROPIETARIO:	HOJA DE



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### 4.6 FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA MÁXIMA INTENSIDAD ADMISIBLE

#### 4.6.1 Factor de corrección de la máxima intensidad admisible para motores

La intensidad máxima admisible que aparece tabulada en la norma IEC 60364-5-52 *Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems* (ver apartado 2.1.1) está calculada para unas condiciones determinadas. Cada instalación posee unas condiciones particulares que hacen necesario aplicar factores de corrección (ver apartado 3.2) que tengan en cuenta las desviaciones respecto a las condiciones de referencia.

A partir de la ecuación [Ec. 9] se calcula el factor de corrección de la intensidad máxima admisible para una instalación enterrada:

$$K = \frac{K_E \cdot K_8}{K_9} \quad [\text{Ec. 9}]$$

El factor de corrección de la intensidad máxima admisible en instalación enterrada se obtiene a partir de la ecuación [Ec. 11]:

$$K_E = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 = 0,57 \quad [\text{Ec. 11}]$$

Factor de corrección por agrupamiento de cables (Tabla 6):

$$4 \text{ circuitos, cables separados } 70 \text{ mm} \rightarrow K_1 = 0,65$$

Factor de corrección por temperatura del terreno distinta a 20°C (Tabla 8):

$$35^\circ\text{C @ } 650 \text{ mm, aislamiento XLPE} \rightarrow K_2 = 0,89$$

Factor de corrección por resistividad térmica del terreno distinta a 2,5 Km/W (Tabla 9):

$$\text{piedra caliza } 2,5 \text{ Km/W} \rightarrow K_3 = 1$$

Factor de corrección por profundidad para cables directamente enterrados a una profundidad diferente de 0,7 m (tabla 11):

$$\text{máxima profundidad } 0,9 \text{ m} \rightarrow K_4 = 0,98$$

Nótese que para el factor de corrección por temperatura se ha tomado el caso más desfavorable, los cables según el detalle de la zanja (ver figura 11) se disponen en dos capas a 650 mm y 900 mm de profundidad, como la temperatura del terreno es mayor más cerca de la superficie el factor por corrección de temperatura es menor.

Factor de corrección de la intensidad máxima admisible para una instalación enterrada:

$$K = \frac{K_E \cdot K_8}{K_9} = \frac{0,57 \cdot 1}{1,25} = 0,46 \quad [\text{Ec. 9}]$$

Factor de corrección por corrientes armónicas (Tabla 16):

$$\text{tercer armónico } < 15\% \rightarrow K_8 = 1$$

Factor de corrección según el tipo de carga (Tabla 17):

$$\text{motor} \rightarrow K_9 = 1,25$$



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### 4.6.2 Factor de corrección de la máxima intensidad admisible para motores con variador de frecuencia

Debido a la presencia del variador de frecuencia el factor de corrección por armónicos influye en el cálculo del factor de corrección de la intensidad máxima admisible para una instalación enterrada:

$$K = \frac{K_E \cdot K_8}{K_9} = \frac{0,57 \cdot 0,86}{1,25} = \mathbf{0,39} \quad [\text{Ec. 9}]$$

Ahora el factor de corrección por corrientes armónicas (Tabla 16) se reduce:

$$45\% < \text{tercer armónico} > 15\% \rightarrow K_8 = 0,86$$

### 4.6.3 Factor de corrección de la máxima intensidad admisible para condensadores

Los condensadores pueden resistir una sobrecarga permanente del orden del 30% mientras que la tolerancia máxima permitida para la capacidad nominal es del 10%. Por lo tanto, los conductores deben diseñarse para soportar, al menos:

$$1,3 \cdot 1,1 \cdot I_n = 1,43 \cdot I_n \quad [\text{Ec. 27}]$$

Donde:

$$I_n \quad \text{Intensidad nominal (A)}$$

Por ello, en las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT-47/48 del RBT se establece que el factor de corrección para condensadores es 1,50 (Tabla 17).

$$K = \frac{K_E \cdot K_8}{K_9} = \frac{0,57 \cdot 1}{1,50} = \mathbf{0,38} \quad [\text{Ec. 9}]$$

### 4.6.4 Factor de corrección de la máxima intensidad admisible para alimentadores

Procediendo de forma análoga:

$$K = \frac{K_E \cdot K_8}{K_9} = \frac{0,57 \cdot 1}{1} = \mathbf{0,57} \quad [\text{Ec. 9}]$$

Donde el factor de corrección según el tipo de carga (Tabla 17):

$$\text{alimentador} \rightarrow K_9 = 1$$

### 4.6.5 Factor de corrección de la máxima intensidad admisible para alimentadores con electrónica

El factor de corrección por corrientes armónicas se considera en alimentadores a variadores de frecuencia, sistemas de alimentación ininterrumpida, cargadores de baterías y, en general, todos aquellos equipos que poseen electrónica. Luego, el factor de corrección de la máxima intensidad admisible es:

$$K = \frac{K_E \cdot K_8}{K_9} = \frac{0,57 \cdot 0,86}{1} = \mathbf{0,49} \quad [\text{Ec. 9}]$$

Donde el factor de corrección por corrientes armónicas (Tabla 16):

$$45\% < \text{tercer armónico} > 15\% \rightarrow K_8 = 0,86$$



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### 4.7 LISTA DE CABLES

La lista de cables es un resumen detallado de los cables de baja tensión necesarios para la conexión de las cargas. Se calcula la sección mínima que cumple simultáneamente con el criterio de la intensidad máxima admisible y con el criterio de la caída de tensión mediante la hoja de cálculo (ver apartado 3.3). Se tienen en cuenta las especificaciones de las bases de diseño de conductores del cliente para el parque de almacenamiento de hidrocarburos (ver apartado 4.2). Conviene resaltar algunos aspectos:

- Para calcular la sección del cable se utiliza la potencia nominal de la lista de cargas.
- La distribución del cable de los motores es 3P + PE, tres fases y protección.
- La distribución del cable de los alimentadores es 3P + PE + N, tres fases, protección y neutro.
- La sección mínima permitida para fuerza es 6 mm<sup>2</sup>.
- No se permite la instalación de cables de sección superior a 185 mm<sup>2</sup> por fase.
- El conductor del neutro será siempre de la misma sección que las fases.
- Todos los cables serán armados y con aislamiento de tipo XLPE.
- El montaje es tipo enterrado como corresponde en áreas clasificadas.
- Para calcular la longitud del cable se tienen en cuenta las puntas de los cables según el tipo de acometida (ver Tabla 22), así como los recorridos en el plano vertical para considerar el sótano de la subestación, la altura del armario o las arquetas.
- Existen diferentes valores del factor de corrección según el tipo de carga (ver apartado 4.6).
- La máxima caída de tensión permitida desde el secundario del transformador hasta la carga es del 5 %.
- La máxima caída de tensión arranque motor es del 15%.
- Los motores se alimentan con cable multiconductor para facilitar la acometida a la caja de bornas.
- Conviene consultar la documentación del fabricante del motor para saber la máxima sección de cable con la que se puede acometer a la caja de bornas así como el número de agujeros para acceder a la misma. Como recomendación general, para motores con una potencia nominal igual o superior a 55 kW se recomienda utilizar dos conductores de menor sección, mejor que uno, siempre que la sección del conductor de la fase sea superior a 95 mm<sup>2</sup>.
- En alimentadores se recomienda utilizar cable multiconductor para secciones iguales o inferiores a 95 mm<sup>2</sup> para facilitar el tendido de los mismos, mientras que para secciones superiores resulta más sencillo instalar cables unipolares.

La lista de cables, Tabla 23, se confecciona utilizando algunas columnas de la hoja de cálculo (consulte su descripción en el apartado 3.3.2). En el Anexo 3 se muestra la salida completa de la hoja de cálculo aplicada al caso práctico. La mayor parte de las cargas se alimentan desde el centro de control motores (CCM) aunque algunos cables parten del variador de frecuencia (VAR) correspondiente.



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

Tabla 23. Lista de cables.

1	2	3	5	7	9	11	12	13	20	21	31
Nº	TAG CABLE	DESDE EQUIPO	HASTA EQUIPO	TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL	FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA (*)	LONGITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN	CABLE SELECCIONADO
					kW	PF	EF		L (m)	K	(mm <sup>2</sup> )
1	BC-01-P	CCM	BRAZO DE CARGA 1	400	15	0,83	0,92	A	122	0,57	5C10
2	BC-02-P	CCM	BRAZO DE CARGA 2	400	15	0,83	0,92	A	132	0,57	5C10
3	BC-03-P	CCM	BRAZO DE CARGA 3	400	15	0,83	0,92	A	142	0,57	5C10
4	BC-04-P	CCM	BRAZO DE CARGA 4	400	15	0,83	0,92	A	152	0,57	5C10
5	BC-05-P	CCM	BRAZO DE CARGA 5	400	15	0,83	0,92	A	162	0,57	5C10
6	BC-06-P	CCM	BRAZO DE CARGA 6	400	15	0,83	0,92	A	172	0,57	5C16
7	BSC-01-P	CCM	BÁSCULA DE CAMIONES	400	2,5	0,83	0,92	A	218	0,57	5C6
8	P-201A-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 1A	400	55	0,88	0,94	M	55	0,46	4C95
9	P-201B-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 1B	400	55	0,88	0,94	M	52	0,46	4C95
10	P-202A-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 2A	400	55	0,88	0,94	M	49	0,46	4C95
11	P-202B-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 2B	400	55	0,88	0,94	M	46	0,46	4C95
12	P-203-V	CCM	VARIADOR DEL MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 3	400	75	0,88	0,95	M	50	0,39	2x4C70
13	P-203-P	VAR	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 3	400	75	0,88	0,95	M	43	0,46	2x4C70
14	P-203-C	CCM	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 3	400	0,25	0,85	0,85	A	43	0,57	5C6

(\*) Alimentador (A), motor (M)



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	5	7	9	11	12	13	20	21	31
Nº	TAG CABLE	DESDE EQUIPO	HASTA EQUIPO	TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL	FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA	LONGITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN	CABLE SELECCIONADO
					kW	PF	EF		L (m)	K	(mm <sup>2</sup> )
15	P-204-V	CCM	VARIADOR DEL MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 4	400	75	0,88	0,95	M	50	0,39	2x4C70
16	P-204-P	VAR	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 4	400	75	0,88	0,95	M	40	0,46	2x4C70
17	P-204-C	CCM	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 4	400	0,25	0,85	0,85	A	40	0,57	5C6
18	P-205-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 5	400	30	0,88	0,92	M	37	0,46	4C25
19	P-206-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 6	400	30	0,88	0,92	M	34	0,46	4C25
20	P-207-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 7	400	30	0,88	0,92	M	31	0,46	4C25
21	P-401-V	CCM	VARIADOR DEL MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 1	400	90	0,88	0,95	M	50	0,39	2x4C95
22	P-401-P	VAR	MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 1	400	90	0,88	0,95	M	29	0,46	2x4C95
23	P-401-C	CCM	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 1	400	0,25	0,85	0,85	A	29	0,57	5C6
24	P-402-V	CCM	VARIADOR DEL MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 2	400	90	0,88	0,95	M	50	0,39	2x4C95



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	5	7	9	11	12	13	20	21	31
Nº	TAG CABLE	DESDE EQUIPO	HASTA EQUIPO	TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL	FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA	LONGITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN	CABLE SELECCIONADO
					kW	PF	EF		L (m)	K	(mm <sup>2</sup> )
25	P-402-P	VAR	MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 2	400	90	0,88	0,95	M	26	0,46	2x4C95
26	P-402-C	CCM	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 2	400	0,25	0,85	0,85	A	26	0,57	5C6
27	P-403-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 3	400	30	0,88	0,92	M	23	0,46	4C25
28	MOV-01-P	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DE LOS TANQUES DE AGUA	400	18	0,83	0,83	M	63	0,46	4C10
29	MOV-02-P	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DE LOS TANQUES DE RESIDUOS DE ACEITE	400	18	0,83	0,83	M	34	0,46	4C10
30	MOV-03-P	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DEL CARGADERO DE CAMIONES 1	400	42	0,83	0,83	M	122	0,46	4C50
31	MOV-04-P	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DEL CARGADERO DE CAMIONES 2	400	42	0,83	0,83	M	152	0,46	4C50



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	5	7	9	11	12	13	20	21	31
Nº	TAG CABLE	DESDE EQUIPO	HASTA EQUIPO	TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL	FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA	LONGITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN	CABLE SELECCIONADO
					kW	PF	EF		L (m)	K	(mm <sup>2</sup> )
32	MOV-05-P	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS T-01, T-02, T-03	400	18	0,83	0,83	M	297	0,46	4C35
33	MOV-06-P	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS T-04, T-05, T-06, T-07	400	24	0,83	0,83	M	372	0,46	4C50
34	MOV-07-P	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS T-08, T-09, T-10	400	12	0,83	0,83	M	181	0,46	4C16
35	P-501-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA AUXILIAR CONTRA INCENDIOS 1	400	15	0,84	0,9	M	37	0,46	4C10
36	P-502-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA AUXILIAR CONTRA INCENDIOS 2	400	15	0,84	0,9	M	40	0,46	4C10
37	P-601-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA Balsa de evaporación 1	400	11	0,84	0,88	M	41	0,46	4C6
38	P-602-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA Balsa de evaporación 2	400	11	0,84	0,88	M	44	0,46	4C6
39	P-611-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DEL TANQUE DE RESIDUOS DE ACEITE	400	5,5	0,89	0,86	M	43	0,46	4C6



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	5	7	9	11	12	13	20	21	31
Nº	TAG CABLE	DESDE EQUIPO	HASTA EQUIPO	TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL	FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA	LONGITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN	CABLE SELECCIONADO
					kW	PF	EF		L (m)	K	(mm <sup>2</sup> )
40	P-621-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE AGUA 1	400	7,5	0,89	0,88	M	43	0,46	4C6
41	P-622-P	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE AGUA 2	400	5,5	0,89	0,86	M	46	0,46	4C6
42	GR-01-P	CCM	PUENTE GRÚA DEL FOSO DE BOMBAS	400	25	0,83	0,92	A	26	0,57	5C16
43	GR-02-P	CCM	PUENTE GRÚA DEL TALLER	400	15	0,83	0,9	A	102	0,57	5C10
44	GR-03-P	CCM	PUENTE GRÚA DE LA CASETA DE COMPRESORES	400	20	0,83	0,91	A	87	0,57	5C10
45	AC-01-P	CCM	COMPRESOR DE AIRE 1	400	35	0,82	0,92	M	90	0,46	4C50
46	AC-02-P	CCM	COMPRESOR DE AIRE 2	400	25	0,82	0,9	M	95	0,46	4C25
47	PWU-01-P	CCM	UNIDAD POTABILIZADORA DE AGUA	400	12	0,8	0,9	A	197	0,57	5C10
48	STU-01-P	CCM	UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	400	5	0,8	0,9	A	42	0,57	5C6
49	OWT-01-P	CCM	UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS ACEITOSAS	400	5	0,8	0,9	A	37	0,57	5C6
50	WS-01-P	CCM	CIRCUITO TOMAS DE SOLDADURA 1 y 2	400	18	0,8	1	A	350	0,57	5C35



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	5	7	9	11	12	13	20	21	31
Nº	TAG CABLE	DESDE EQUIPO	HASTA EQUIPO	TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL	FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA	LONGITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN	CABLE SELECCIONADO
					kW	PF	EF		L (m)	K	(mm <sup>2</sup> )
51	WS-02-P	CCM	CIRCUITO TOMAS DE SOLDADURA 3 y 4	400	18	0,8	1	A	461	0,57	5C50
52	WS-03-P	CCM	CIRCUITO TOMAS DE SOLDADURA 5 y 6	400	18	0,8	1	A	181	0,57	5C16
53	WS-04-P	CCM	CIRCUITO TOMAS DE SOLDADURA 7, 8 y 9	400	27	0,8	1	A	125	0,57	5C25
54	HVAC-01-P	CCM	CLIMATIZACIÓN EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN	400	120	0,8	0,92	A	220	0,57	2x5C70
55	HVAC-02-P	CCM	CLIMATIZACIÓN SALA DE CONTROL	400	35	0,8	0,92	A	210	0,57	5C35
56	HVAC-03-P	CCM	CLIMATIZACIÓN EDIFICIO BRIGADA CONTRAINCEDIOS	400	55	0,8	0,92	A	97	0,57	5C70
57	HVAC-03-P	CCM	CLIMATIZACIÓN EDIFICIO ELÉCTRICO	400	75	0,8	0,92	A	50	0,57	5x1C120
58	UPS-01-P	CCM	UPS	400	75	0,85	0,95	A	50	0,49	5x1C150
59	LPE-01-P	CCM	PANEL DE ALUMBRADO EXTERIOR	400	180	0,95	1	A	154	0,57	10x1C120
60	LP-01-P	CCM	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN	400	75	0,95	1	A	220	0,57	5C95



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	5	7	9	11	12	13	20	21	31
Nº	TAG CABLE	DESDE EQUIPO	HASTA EQUIPO	TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL	FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA	LONGITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN	CABLE SELECCIONADO
					kW	PF	EF		L (m)	K	(mm <sup>2</sup> )
61	LP-02-P	CCM	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE EDIFICIO BRIGADA CONTRAINCEDIOS	400	50	0,95	1	A	97	0,57	5C70
62	LP-03-P	CCM	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE SALA DE CONTROL	400	25	0,95	1	A	210	0,57	5C25
63	LP-04-P	CCM	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE EDIFICO ELÉCTRICO	400	5	0,95	1	A	50	0,57	5C6
64	LP-05-P	CCM	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE TALLER	400	7,5	0,95	1	A	102	0,57	5C6
65	LP-06-P	CCM	PANEL ALUMBRADO FOSO DE BOMBAS DE PRODUCTO	400	2,5	0,95	1	A	50	0,57	5C6
66	LP-07-P	CCM	PANEL ALUMBRADO FOSO DE BOMBAS AUXILIARES	400	5	0,95	1	A	45	0,57	5C6
67	MX-T-01A-P	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-01	400	15	0,84	0,9	M	327	0,46	4C35



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	5	7	9	11	12	13	20	21	31
Nº	TAG CABLE	DESDE	HASTA	TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL	FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA	LONGITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN	CABLE SELECCIONADO
		EQUIPO	EQUIPO		kW	PF	EF		L (m)	K	(mm <sup>2</sup> )
68	MX-T-01B-P	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-01	400	15	0,84	0,9	M	367	0,46	4C35
69	MX-T-01C-P	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-01	400	15	0,84	0,9	M	407	0,46	4C35
70	MX-T-02A-P	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-02	400	15	0,84	0,9	M	297	0,46	4C25
71	MX-T-02B-P	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-02	400	15	0,84	0,9	M	337	0,46	4C35
72	MX-T-02C-P	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-02	400	15	0,84	0,9	M	377	0,46	4C35
73	MX-T-03A-P	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-03	400	15	0,84	0,9	M	327	0,46	4C35
74	MX-T-03B-P	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-03	400	15	0,84	0,9	M	367	0,46	4C35
75	MX-T-03C-P	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-03	400	15	0,84	0,9	M	407	0,46	4C35
76	MX-T-04A-P	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-04	400	15	0,84	0,9	M	447	0,46	4C50
77	MX-T-04B-P	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-04	400	15	0,84	0,9	M	487	0,46	4C50
78	MX-T-04C-P	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-04	400	15	0,84	0,9	M	527	0,46	4C50
79	MX-T-05A-P	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-05	400	15	0,84	0,9	M	402	0,46	4C35



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	5	7	9	11	12	13	20	21	31
Nº	TAG CABLE	DESDE	HASTA	TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL	FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA	LONGITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN	CABLE SELECCIONADO
		EQUIPO	EQUIPO		kW	PF			EF	L (m)	K
80	MX-T-05B-P	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-05	400	15	0,84	0,9	M	442	0,46	4C50
81	MX-T-05C-P	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-05	400	15	0,84	0,9	M	482	0,46	4C50
82	MX-T-06A-P	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-06	400	15	0,84	0,9	M	447	0,46	4C50
83	MX-T-06B-P	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-06	400	15	0,84	0,9	M	487	0,46	4C50
84	MX-T-06C-P	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-06	400	15	0,84	0,9	M	527	0,46	4C50
85	MX-T-07A-P	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-07	400	15	0,84	0,9	M	402	0,46	4C35
86	MX-T-07B-P	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-07	400	15	0,84	0,9	M	442	0,46	4C50
87	MX-T-07C-P	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-07	400	15	0,84	0,9	M	482	0,46	4C50
88	MX-T-08A-P	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-08	400	10	0,84	0,9	M	211	0,46	4C16
89	MX-T-08B-P	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-08	400	10	0,84	0,9	M	226	0,46	4C16
90	MX-T-08C-P	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-08	400	10	0,84	0,9	M	241	0,46	4C16
91	MX-T-09A-P	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-09	400	10	0,84	0,9	M	181	0,46	4C10



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	5	7	9	11	12	13	20	21	31
Nº	TAG CABLE	DESDE	HASTA	TENSIÓN (V)	POTENCIA NOMINAL	FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA	LONGITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN	CABLE SELECCIONADO
		EQUIPO	EQUIPO		kW	PF			EF	L (m)	K
92	MX-T-09B-P	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-09	400	10	0,84	0,9	M	196	0,46	4C16
93	MX-T-09C-P	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-09	400	10	0,84	0,9	M	211	0,46	4C16
94	MX-T-10A-P	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-10	400	10	0,84	0,9	M	211	0,46	4C16
95	MX-T-10B-P	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-10	400	10	0,84	0,9	M	226	0,46	4C16
96	MX-T-10C-P	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-10	400	10	0,84	0,9	M	241	0,46	4C16
97	CBC-01-P	CCM	CARGADOR DEL BANCO DE CONDESADORES	400	1	0,84	0,9	A	0	0,38	5C6
98	CP-01-P	CCM	PROTECCIÓN CATÓDICA T-01, T-02, T-03	400	3,6	0,85	0,95	A	297	0,57	5C6
99	CP-02-P	CCM	PROTECCIÓN CATÓDICA T-04, T-05, T-06, T-07	400	4,8	0,85	0,95	A	372	0,57	5C10
100	CP-03-P	CCM	PROTECCIÓN CATÓDICA T-08, T-09, T-10	400	1,8	0,85	0,95	A	182	0,57	5C6
101	CP-04-P	CCM	PROTECCIÓN CATÓDICA DE LOS TANQUES DE AGUA Y DE LOS TANQUES DE RESIDUOS DE ACEITE	400	1,2	0,85	0,95	A	38	0,57	5C6



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

A partir de la lista de cables, se calcula la longitud de cada tipo cable:

$$L_{cable} = L \cdot n \cdot N$$

[Ec. 28]

Donde:

- $L$  Distancia desde la alimentación a la carga (m)
- $n$  Número de conductores por fase ( )
- $N$  Número cables ( )

Para considerar el desperdicio de material por parte de los operarios, las puntas y posibles errores en la medición se mayor la cantidad de cable en un 5%. Las tiradas de cable se agrupan en bobinas, como se muestra en la Tabla 24.

**Tabla 24. Medición de cable.**

CABLE			BOBINA	
TAG	SECCIÓN	LONGITUD	TAG	LONGITUD
	(mm <sup>2</sup> )	(m)		(m)
HVAC-03-P	1C120	265	BT-01	881
LPE-01-P	1C120	616		
LPE-01-P	1C120	1004	BT-02	1004
UPS-01-P	1C150	265	BT-03	265
P-601-P	4C6	44	BT-04	232
P-602-P	4C6	47		
P-611-P	4C6	46		
P-621-P	4C6	46		
P-622-P	4C6	49		
MOV-01-P	4C10	67	BT-05	375
MOV-02-P	4C10	36		
P-501-P	4C10	39		
P-502-P	4C10	42		
MX-T-09A-P	4C10	191	BT-06	1111
MOV-07-P	4C16	191		
MX-T-08A-P	4C16	222		
MX-T-08B-P	4C16	238		
MX-T-08C-P	4C16	254		
MX-T-09B-P	4C16	206	BT-07	936
MX-T-09C-P	4C16	222		
MX-T-10A-P	4C16	222		
MX-T-10B-P	4C16	238		
MX-T-10C-P	4C16	254	BT-08	545
P-205-P	4C25	39		
P-206-P	4C25	36		
P-207-P	4C25	33		
P-403-P	4C25	25		
AC-02-P	4C25	100		
MX-T-02A-P	4C25	312	BT-09	1042
MOV-05-P	4C35	312		
MX-T-01A-P	4C35	344		
MX-T-01B-P	4C35	386		



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

CABLE			BOBINA			
TAG	SECCIÓN	LONGITUD	TAG	LONGITUD		
	(mm <sup>2</sup> )	(m)		(m)		
MX-T-01C-P	4C35	428	BT-10	1178		
MX-T-02B-P	4C35	354				
MX-T-02C-P	4C35	396				
MX-T-03A-P	4C35	344	BT-11	1158		
MX-T-03B-P	4C35	386				
MX-T-03C-P	4C35	428				
MX-T-05A-P	4C35	423	BT-12	846		
MX-T-07A-P	4C35	423				
MOV-03-P	4C50	129	BT-13	775		
MOV-04-P	4C50	160				
MOV-06-P	4C50	391				
AC-01-P	4C50	95				
MX-T-04A-P	4C50	470	BT-14	982		
MX-T-04B-P	4C50	512	BT-15	1019		
MX-T-04C-P	4C50	554				
MX-T-05B-P	4C50	465	BT-16	977		
MX-T-05C-P	4C50	507				
MX-T-06A-P	4C50	470	BT-17	1066		
MX-T-06B-P	4C50	512				
MX-T-06C-P	4C50	554				
MX-T-07B-P	4C50	465	BT-18	972		
MX-T-07C-P	4C50	507				
P-203-V	4C70	105	BT-19	385		
P-203-P	4C70	91				
P-204-V	4C70	105				
P-204-P	4C70	84				
P-201A-P	4C95	58	BT-20	540		
P-201B-P	4C95	55				
P-202A-P	4C95	52				
P-202B-P	4C95	49				
P-401-V	4C95	105				
P-401-P	4C95	61				
P-402-V	4C95	105				
P-402-P	4C95	55				
BSC-01-P	5C6	229			BT-21	674
P-203-C	5C6	46				
P-204-C	5C6	42				
P-401-C	5C6	31				
P-402-C	5C6	28				
STU-01-P	5C6	45				
OWT-01-P	5C6	39				
LP-04-P	5C6	53				
LP-05-P	5C6	108				
LP-06-P	5C6	53				



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

CABLE			BOBINA	
TAG	SECCIÓN	LONGITUD	TAG	LONGITUD
	(mm <sup>2</sup> )	(m)		(m)
LP-07-P	5C6	48	BT-22	645
CBC-01-P	5C6	53		
CP-01-P	5C6	312		
CP-03-P	5C6	192		
CP-04-P	5C6	40		
BC-01-P	5C10	129	BT-23	949
BC-02-P	5C10	139		
BC-03-P	5C10	150		
BC-04-P	5C10	160		
BC-05-P	5C10	171		
GR-02-P	5C10	108		
GR-03-P	5C10	92		
PWU-01-P	5C10	207	BT-24	598
CP-02-P	5C10	391		
BC-06-P	5C16	181	BT-25	400
GR-01-P	5C16	28		
WS-03-P	5C16	191		
WS-04-P	5C25	132	BT-26	353
LP-03-P	5C25	221		
WS-01-P	5C35	368	BT-27	589
HVAC-02-P	5C35	221		
WS-02-P	5C50	485	BT-28	485
HVAC-01-P	5C70	462	BT-29	666
HVAC-03-P	5C70	102		
LP-02-P	5C70	102		
LP-01-P	5C95	231	BT-30	231

El proveedor suele suministrar bobinas de longitud mínima, unos 500 m, no convienen bobinas muy grandes para facilitar su transporte e instalación. Para aquellos tipos de cable con longitudes muy inferiores a la cantidad mínima suministrada por el proveedor, se incrementa la sección a la inmediatamente superior de las que forman parte del pedido. La Tabla 25 muestra las bobinas que forman parte de la requisición de cable.

Las bobinas BT-03, BT-25 y BT-28 tendrán la longitud mínima mientras que las bobinas BT-31, BT-32, BT-33 y BT-34 son el resultado de aumentar la sección de aquellos cables pertenecientes a bobinas con longitudes muy inferiores a las suministradas por el proveedor.

**Tabla 25. Bobinas para requisición de cable.**

CABLE			BOBINA	
TAG	SECCIÓN	LONGITUD	TAG	LONGITUD
	(mm <sup>2</sup> )	(m)		(m)
HVAC-03-P	1C120	265	BT-01	881
LPE-01-P	1C120	616		
LPE-01-P	1C120	1004	BT-02	1004
UPS-01-P	1C150	265	BT-03	500



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

CABLE			BOBINA	
TAG	SECCIÓN	LONGITUD	TAG	LONGITUD
	(mm <sup>2</sup> )	(m)		(m)
P-601-P	4C10	44	BT-31	607
P-602-P	4C10	47		
P-611-P	4C10	46		
P-621-P	4C10	46		
P-622-P	4C10	49		
MOV-01-P	4C10	67		
MOV-02-P	4C10	36		
P-501-P	4C10	39		
P-502-P	4C10	42		
MX-T-09A-P	4C10	191		
MOV-07-P	4C16	191	BT-06	1111
MX-T-08A-P	4C16	222		
MX-T-08B-P	4C16	238		
MX-T-08C-P	4C16	254		
MX-T-09B-P	4C16	206		
MX-T-09C-P	4C16	222	BT-07	936
MX-T-10A-P	4C16	222		
MX-T-10B-P	4C16	238		
MX-T-10C-P	4C16	254		
P-205-P	4C25	39	BT-08	545
P-206-P	4C25	36		
P-207-P	4C25	33		
P-403-P	4C25	25		
AC-02-P	4C25	100		
MX-T-02A-P	4C25	312		
MOV-05-P	4C35	312	BT-09	1042
MX-T-01A-P	4C35	344		
MX-T-01B-P	4C35	386		
MX-T-01C-P	4C35	428	BT-10	1178
MX-T-02B-P	4C35	354		
MX-T-02C-P	4C35	396		
MX-T-03A-P	4C35	344	BT-11	1158
MX-T-03B-P	4C35	386		
MX-T-03C-P	4C35	428		
MX-T-05A-P	4C35	423	BT-12	846
MX-T-07A-P	4C35	423		
MOV-03-P	4C50	129	BT-13	775
MOV-04-P	4C50	160		
MOV-06-P	4C50	391		
AC-01-P	4C50	95		
MX-T-04A-P	4C50	470	BT-14	982
MX-T-04B-P	4C50	512		
MX-T-04C-P	4C50	554	BT-15	1019
MX-T-05B-P	4C50	465		
MX-T-05C-P	4C50	507	BT-16	977
MX-T-06A-P	4C50	470		
MX-T-06C-P	4C50	554		



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

CABLE			BOBINA			
TAG	SECCIÓN	LONGITUD	TAG	LONGITUD		
	(mm <sup>2</sup> )	(m)		(m)		
MX-T-06B-P	4C50	512	BT-17	1066		
MX-T-06C-P	4C50	554				
MX-T-07B-P	4C50	465				
MX-T-07C-P	4C50	507	BT-18	972		
P-203-V	4C95	105	BT-32	925		
P-203-P	4C95	91				
P-204-V	4C95	105				
P-204-P	4C95	84				
P-201A-P	4C95	58				
P-201B-P	4C95	55				
P-202A-P	4C95	52				
P-202B-P	4C95	49				
P-401-V	4C95	105				
P-401-P	4C95	61				
P-402-V	4C95	105				
P-402-P	4C95	55				
BSC-01-P	5C6	229			BT-21	674
P-203-C	5C6	46				
P-204-C	5C6	42				
P-401-C	5C6	31				
P-402-C	5C6	28				
STU-01-P	5C6	45				
OWT-01-P	5C6	39				
LP-04-P	5C6	53				
LP-05-P	5C6	108				
LP-06-P	5C6	53				
LP-07-P	5C6	48	BT-22	645		
CBC-01-P	5C6	53				
CP-01-P	5C6	312				
CP-03-P	5C6	192				
CP-04-P	5C6	40	BT-23	949		
BC-01-P	5C10	129				
BC-02-P	5C10	139				
BC-03-P	5C10	150				
BC-04-P	5C10	160				
BC-05-P	5C10	171				
GR-02-P	5C10	108				
GR-03-P	5C10	92				
PWU-01-P	5C10	207	BT-24	598		
CP-02-P	5C10	391				
BC-06-P	5C16	181	BT-25	400		
GR-01-P	5C16	28				
WS-03-P	5C16	191				
WS-04-P	5C35	132	BT-33	942		
LP-03-P	5C35	221				
WS-01-P	5C35	368				
HVAC-02-P	5C35	221				



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

CABLE			BOBINA	
TAG	SECCIÓN	LONGITUD	TAG	LONGITUD
	(mm <sup>2</sup> )	(m)		(m)
WS-02-P	5C50	485	BT-28	500
HVAC-01-P	5C95	462	BT-34	897
HVAC-03-P	5C95	102		
LP-02-P	5C95	102		
LP-01-P	5C95	231		

### 4.8 ANÁLISIS DE COSTES

En una instalación de estas características, los cables suponen alrededor de un 30% del coste total de todos los materiales eléctricos empleados en la planta, una cantidad nada despreciable. Además, como se ha explicado en anteriores apartados, de su correcta selección depende la fiabilidad, flexibilidad, vida útil, seguridad (cortocircuitos, incendios, daños a las personas) y coste de la instalación.

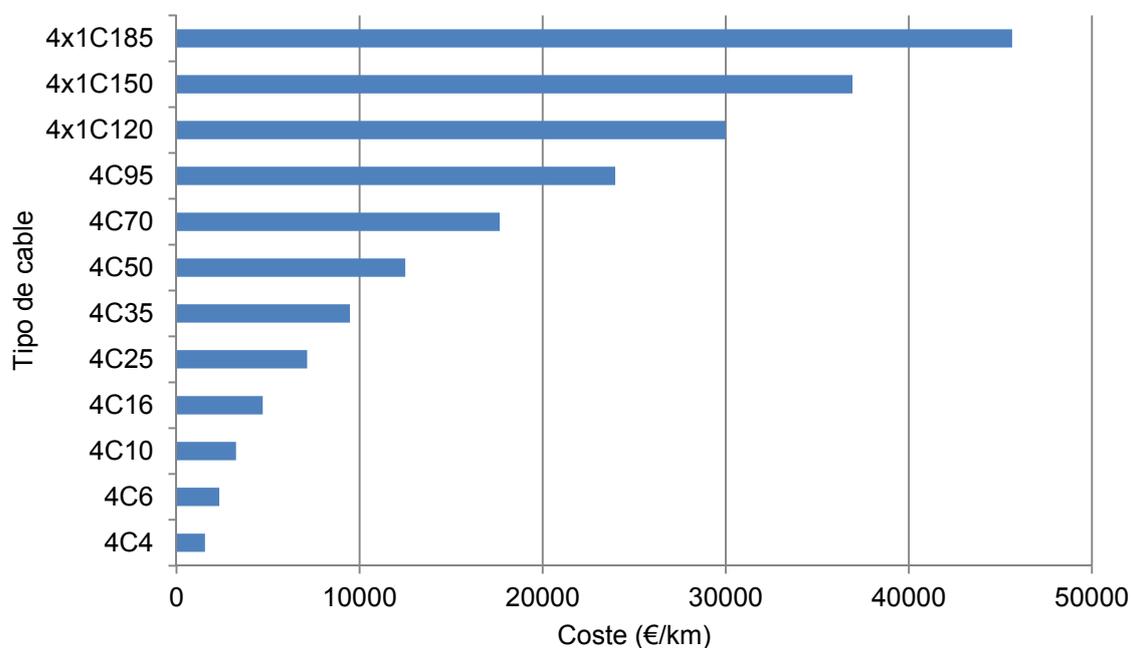
El modelo de cable seleccionado para la planta de oil & gas es ARMIGRON-M UNFIRE RVhMAVh-K / RVhMVh-K del fabricante General Cable. Se trata de cable armado con hilos para la distribución de energía de baja tensión, indicado para todas aquellas instalaciones en que se requiera una protección mecánica del cable o especiales esfuerzos de tracción durante el tendido. Los cables ARMIGRON-M UNFIRE tienen en toda su gama la característica de no propagación del incendio (según IEC 60332-3-24). La resistencia a los hidrocarburos los hace imprescindibles en aquellos entornos en que el cable pueda sufrir el ataque químico de esta clase de compuestos.

En el Anexo 6.3 se encuentra la hoja de datos completa, sus principales características son:

- Tensión nominal 0,6 / 1 kV.
- Conductor de cobre flexible clase 5 para instalación fija (-K).
- Aislamiento de polietileno reticulado (R), identificación por coloración.
- Asiento de la armadura de policloruro de vinilo (V) resistente a hidrocarburos (h).
- Armadura de alambres de acero galvanizado (M) en multipolares o de aluminio (MA) en unipolares.
- Cubierta de policloruro de vinilo (V) resistente a hidrocarburos (h).

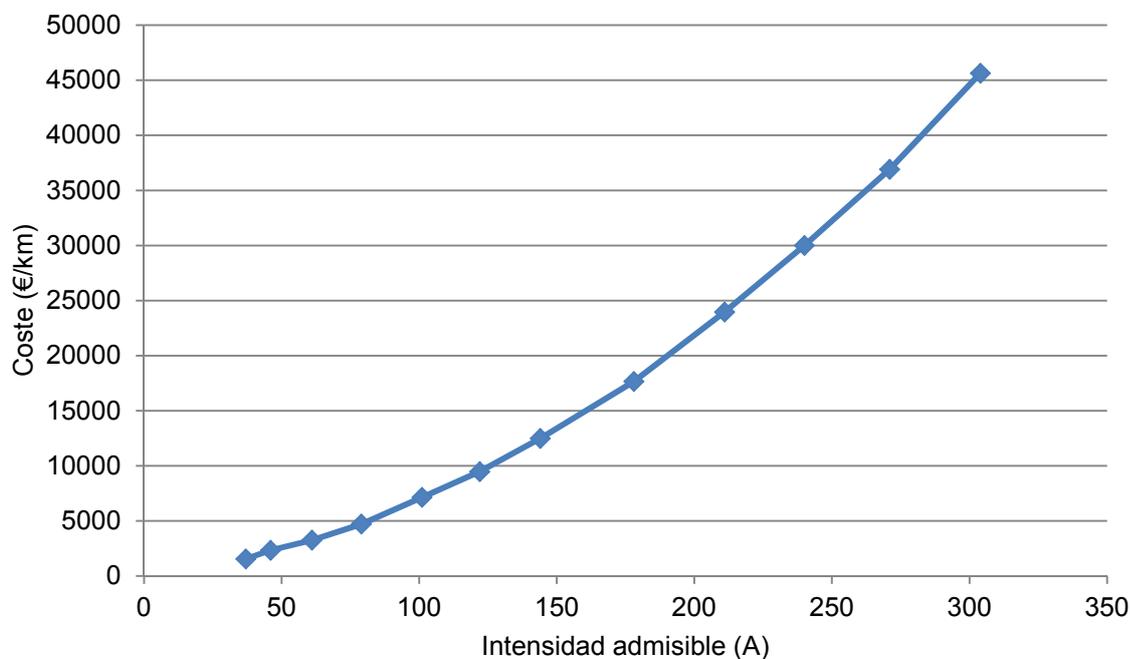
La Figuras 14 y 15 muestran el coste en función de los diferentes tipos de cable y de la máxima intensidad admisible respectivamente.

**Figura 14. Coste en función del tipo de cable.**



En el anterior gráfico se observa que el coste resulta aproximadamente proporcional a la sección del conductor, o lo que es lo mismo, a la cantidad de cobre.

**Figura 15. Coste en función de la intensidad máxima admisible.**



De la Figura 15 se desprende que la inclinación de la curva resulta más pronunciada para intensidades mayores, es decir, el coste aumenta de forma más acusada conforme incrementa la intensidad admisible.



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

La Tabla 26 muestra el coste de cada una de las bobinas de cable necesarias para conectar las cargas de baja tensión del parque de almacenamiento de hidrocarburos así como el coste total de todos los cables.

BOBINA	SECCIÓN	LONGITUD	PRECIO UNITARIO	COSTE BOBINA
	(mm <sup>2</sup> )	(m)	€/km	€
BT-01	1C120	881	7500	6608
BT-02	1C120	1004	7500	7530
BT-03	1C150	500	9230	4615
BT-31	4C10	607	3250	1973
BT-06	4C16	1111	4710	5233
BT-07	4C16	936	4710	4409
BT-08	4C25	545	7130	3886
BT-09	4C35	1042	9470	9868
BT-10	4C35	1178	9470	11156
BT-11	4C35	1158	9470	10966
BT-12	4C35	846	9470	8012
BT-13	4C50	775	12490	9680
BT-14	4C50	982	12490	12265
BT-15	4C50	1019	12490	12727
BT-16	4C50	977	12490	12203
BT-17	4C50	1066	12490	13314
BT-18	4C50	972	12490	12140
BT-32	4C95	925	23960	22163
BT-21	5C6	674	2620	1766
BT-22	5C6	645	2620	1690
BT-23	5C10	949	3950	3749
BT-24	5C10	598	3950	2362
BT-25	5C16	400	5840	2336
BT-33	5C35	942	11760	11078
BT-28	5C50	500	15890	7945
BT-34	5C95	897	32440	29099
<b>TOTAL</b>	-	<b>22129</b>	-	<b>228770</b>

Tabla 26. Coste de las bobinas de cable.



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### 5. CONCLUSIONES

Se cumple el objetivo principal de este Proyecto Fin de Carrera al crear una hoja de cálculo capaz de proporcionar, de una forma asequible, una estimación realista de las secciones mínimas de cable en baja tensión para los diferentes tipos de carga.

No solo se ha aplicado la norma IEC 60364-5-52:2001 (*Selection and erection of electrical equipment - Wiring systems*) que proporciona los instrumentos necesarios para calcular la intensidad máxima admisible de los conductores. Como algunas situaciones técnicas no se han tenido en cuenta en la citada norma, se ha buscado otras normas donde estas situaciones sí tuvieran cabida, por ello, se utiliza la norma española UNE 211435 (*Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica*) para el cálculo del factor de corrección por profundidad de instalación o la norma francesa NF C 15-100 (*Installations électriques à basse tension*) cuando se dispone de varias capas de cables instalados sobre bandeja.

Respecto a la seguridad y la fiabilidad, dos características fundamentales del sistema eléctrico, la aplicación correcta del cálculo del factor de corrección de la intensidad máxima admisible (ver apartado 3.2) refuerza estos objetivos.

Como objetivo secundario, se logra introducir al lector en las instalaciones de oil & gas mediante conceptos como las áreas clasificadas (ver apartado 1.5), o el lenguaje habitual del sector empleado en el caso práctico.

Por último, en el análisis de costes (ver apartado 4.8) se pone de manifiesto la importancia de la partida del presupuesto eléctrico dedicada a la compra de cable. Sin duda, de la correcta selección mediante las hojas de características (ver anexo 6.3) depende la fiabilidad, flexibilidad, vida útil y seguridad de la instalación.

Como trabajos futuros, se proponen dos líneas de investigación, la primera, desarrollar un modelo de cálculo que prediga de forma más precisa el valor de la reactancia de los cables. La segunda, aplicar la norma UNE 21144-3-2:2000 (*Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 2: Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia*) para calcular la sección que minimice los costes teniendo en cuenta no solo el coste inicial del cable sino también los costes de las futuras pérdidas de energía.



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### 6. ANEXOS

#### 6.1 Anexo 1: Características de los motores trifásicos de baja tensión

La tabla muestra algunas características típicas de motores trifásicos de baja tensión (tabla D81.1.A del catálogo de motores BT Siemens 2009):

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS DE BAJA TENSIÓN</b>										
<b>Motores estándares 1LE1/1LA7/1LG4 y N-COMPACT 1LA8/1PQ8 de una velocidad, EFF2, IP55</b>										
<b>2 polos 3000 min<sup>-1</sup> a 50 Hz 3600 min<sup>-1</sup> a 60 Hz, clase F, utilización B, IP55</b>										
Potencia nominal		Tamaño	Velocidad nominal 50 Hz	Par nominal 50 Hz	Clase eficiencia CEMEP	Rend. plena carga 50 Hz	Rend. a 3/4 de carga	Factor de potencia	Referencia	Peso
a 50 Hz	a 60 Hz									
<i>kW</i>	<i>kW</i>									
			<i>min<sup>-1</sup></i>	<i>Nm</i>		<i>%</i>	<i>%</i>	<i>cos(ϕ)</i>		<i>Kg</i>
0,09	0,11	56 M	2830	0,3		63	62	0,81	1LE1 002-0AA2	3
0,12	0,14	56 M	2800	0,41		65	64	0,83	1LE1 002-0AA3	3
0,18	0,21	63 M	2820	0,61		64	63	0,79	1LE1 002-0BA2	3,5
0,25	0,29	63 M	2830	0,84		65	65	0,80	1LE1 002-0BA3	4,1
0,37	0,43	71 M	2740	1,3		66	65	0,82	1LE1 002-0CA2	5
0,55	0,63	71 M	2800	1,9		71	70	0,82	1LE1 002-0CA3	6
0,75	0,86	80 M	2855	2,5		73	72	0,86	1LE1 002-0DA2	9
1,1	1,3	80 M	2845	3,7	EFF2	77	77	0,87	1LE1 002-0DA3	11
1,5	1,75	90 S	2860	5	EFF2	79	80	0,85	1LE1 002-0EA0	12,9
2,2	2,55	90 L	2880	7,3	EFF2	82	82	0,85	1LE1 002-0EA4	15,7
3,0	3,45	100 L	2835	10	EFF2	82,6	83,2	0,87	1LE1 002-1AA4	20
4,0	4,6	112 M	2930	13	EFF2	84,8	84,4	0,86	1LE1 002-1BA2	25
5,5	6,3	132 S	2905	18	EFF2	86	86,6	0,89	1LE1 002-1CA0	35
7,5	8,6	132 S	2925	24	EFF2	87,6	88,7	0,88	1LE1 002-1CA1	40



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

Potencia nominal		Tamaño	Velocidad nominal 50 Hz	Par nominal 50 Hz	Clase eficiencia CEMEP	Rend. plena carga 50 Hz	Rend. a 3/4 de carga	Factor de potencia	Referencia	Peso
a 50 Hz	a 60 Hz									
kW	kW									
11	12,6	160 M	2920	36	EFF2	88,4	88,5	0,85	1LE1 002-1DA2	60
15	17,3	160 M	2930	49	EFF2	89,5	89,7	0,84	1LE1 002-1DA3	68
18,5	21,3	160 L	2935	60	EFF2	90,9	91	0,86	1LE1 002-1DA4	78
22	24,5	180 M	2945	71	EFF 2	91,6	91,6	0,86	1LG4 183-2AA	145
30	33,5	200 L	2950	97	EFF 2	91,8	91,9	0,88	1LG4 206-2AA	205
37	41,5	200 L	2955	120	EFF 2	92,9	93,2	0,89	1LG4 207-2AA	225
45	51	225 M	2960	145	EFF 2	93,6	93,9	0,88	1LG4 223-2AA	285
55	62	250 M	2970	177	EFF 2	93,6	93,8	0,88	1LG4 253-2AB	375
75	84	280 S	2975	241	EFF 2	94,5	94,3	0,88	1LG4 280-2AB	500
90	101	280 M	2975	289	EFF 2	95,1	95,2	0,89	1LG4 283-2AB	540
110	123	315 S	2982	352		94,6	93,8	0,88	1LG4 310-2AB	720
132	148	315 M	2982	423		95,1	94,8	0,90	1LG4 313-2AB	775
160	180	315 L	2982	512		95,5	95,3	0,91	1LG4 316-2AB	900
200	224	315 L	2982	641		95,9	95,8	0,92	1LG4 317-2AB	1015
250	280	315	2979	801		96,2	96,2	0,90	1LA8 315-2AC	1300
315	353	315	2979	1010		96,5	96,5	0,91	1LA8 317-2AC	1500
355	398	355	2980	1140		96,5	96,5	0,90	1LA8 353-2AC	1900
400	448	355	2980	1280		96,7	96,7	0,91	1LA8 355-2AC	2000
500	560	355	2982	1600		97,1	97,1	0,91	1LA8 357-2AC	2200
560	616	400	2985	1790		97,1	97,1	0,91	1LA8 403-2AC	2800
630	693	400	2985	2020		97,1	97,1	0,91	1LA8 405-2AC	3000
710	781	400	2985	2270		97,3	97,3	0,91	1LA8 407-2AC	3200
800		450	2986	2560		97,2	97,2	0,91	1LA8 453-2AE	4000
900		450	2986	2880		97,3	97,3	0,92	1LA8 455-2AE	4200
1000		450	2986	3200		97,4	97,4	0,93	1LA8 457-2AE	4400



# CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

## 6.2 Anexo 2: Hoja de cálculo del caso práctico

DATOS CARGA													DATOS CABLE						INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE				CAIDA DE TENSIÓN						CABLE	
Nº	TAG CABLE	DESDE		HASTA		TENSION (V)	POTENCIA NOMINAL			FACTOR DE POTENCIA	EFICIENCIA	TIPO DE CARGA	DISTRIBUCION DEL CABLE	TIPO DE CABLE	NUMERO DE CONDUCTORES POR FASE	SECCION S (mm2)	TIPO DE AISLAMIENTO	MONTAJE	LONGITUD L (m)	FACTOR DE CORRECCION K	INTENSIDAD NOMINAL In (A)	INTENSIDAD ADMISIBLE Iad (A)	ESTADO lad	RESISTENCIA R (Ω/km)	REACTANCIA X (Ω/km)	CAIDA DE TENSIÓN ΔV (%)	CAIDA DE TENSIÓN ARRANQUE ΔVa (%)	ESTADO ΔV		ESTADO ΔVa
		EQUIPO	TAG	EQUIPO	TAG		kVA	kW	HP																					
1	BC-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	BRAZO DE CARGA 1	BC-01	400		15	0.83	0.92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	122	0.57	24	35	O.K.	2.30	0.10	2.49	-	O.K.	O.K.	5C10	
2	BC-02-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	BRAZO DE CARGA 2	BC-02	400		15	0.83	0.92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	132	0.57	24	35	O.K.	2.30	0.10	2.70	-	O.K.	O.K.	5C10	
3	BC-03-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	BRAZO DE CARGA 3	BC-03	400		15	0.83	0.92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	142	0.57	24	35	O.K.	2.30	0.10	2.90	-	O.K.	O.K.	5C10	
4	BC-04-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	BRAZO DE CARGA 4	BC-04	400		15	0.83	0.92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	152	0.57	24	35	O.K.	2.30	0.10	3.10	-	O.K.	O.K.	5C10	
5	BC-05-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	BRAZO DE CARGA 5	BC-05	400		15	0.83	0.92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	162	0.57	24	35	O.K.	2.30	0.10	3.31	-	O.K.	O.K.	5C10	
6	BC-06-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	BRAZO DE CARGA 6	BC-06	400		15	0.83	0.92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	172	0.57	24	45	O.K.	1.44	0.10	2.23	-	O.K.	O.K.	5C16	
7	BSC-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	BÁSCULA DE CAMIONES	BSC-01	400		2.5	0.83	0.92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	218	0.57	4	26	O.K.	3.83	0.10	1.22	-	O.K.	O.K.	5C6	
8	P-201A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 1A	P-201A	400		55	0.88	0.94	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	95	XLPE	ENTERRADO	55	0.46	85	97	O.K.	0.24	0.10	0.53	3.16	O.K.	O.K.	4C95	
9	P-201B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 1B	P-201B	400		55	0.88	0.94	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	95	XLPE	ENTERRADO	52	0.46	85	97	O.K.	0.24	0.10	0.50	2.98	O.K.	O.K.	4C95	
10	P-202A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 2A	P-202A	400		55	0.88	0.94	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	95	XLPE	ENTERRADO	49	0.46	85	97	O.K.	0.24	0.10	0.47	2.81	O.K.	O.K.	4C95	
11	P-202B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 2B	P-202B	400		55	0.88	0.94	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	95	XLPE	ENTERRADO	46	0.46	85	97	O.K.	0.24	0.10	0.44	2.64	O.K.	O.K.	4C95	
12	P-203-V	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	VARIADOR DEL MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 3	P-203	400		75	0.88	0.95	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	2	70	XLPE	ENTERRADO	50	0.39	117	139	O.K.	0.16	0.05	0.43	2.56	O.K.	O.K.	24C70	
13	P-203-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 3	P-203	400		75	0.88	0.95	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	2	70	XLPE	ENTERRADO	43	0.46	117	164	O.K.	0.16	0.05	0.37	2.20	O.K.	O.K.	24C70	
14	P-203-C	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 3	P-203	400		0.3	0.85	0.85	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	43	0.57	0	26	O.K.	3.83	0.10	0.02	-	O.K.	O.K.	5C6	
15	P-204-V	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	VARIADOR DEL MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 4	P-204	400		75	0.88	0.95	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	2	70	XLPE	ENTERRADO	50	0.39	117	139	O.K.	0.16	0.05	0.43	2.56	O.K.	O.K.	24C70	
16	P-204-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 4	P-204	400		75	0.88	0.95	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	2	70	XLPE	ENTERRADO	40	0.46	117	164	O.K.	0.16	0.05	0.34	2.04	O.K.	O.K.	24C70	
17	P-204-C	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 4	P-204	400		0.3	0.85	0.85	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	40	0.57	0	26	O.K.	3.83	0.10	0.02	-	O.K.	O.K.	5C6	
18	P-205-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 5	P-205	400		30	0.88	0.92	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	25	XLPE	ENTERRADO	37	0.46	45	46	O.K.	0.92	0.10	0.62	3.73	O.K.	O.K.	4C25	
19	P-206-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 6	P-206	400		30	0.88	0.92	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	25	XLPE	ENTERRADO	34	0.46	45	46	O.K.	0.92	0.10	0.57	3.43	O.K.	O.K.	4C25	
20	P-207-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE PRODUCTO 7	P-207	400		30	0.88	0.92	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	25	XLPE	ENTERRADO	31	0.46	45	46	O.K.	0.92	0.10	0.52	3.12	O.K.	O.K.	4C25	
21	P-401-V	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	VARIADOR DEL MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 1	P-401	400		90	0.88	0.95	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	2	95	XLPE	ENTERRADO	50	0.39	140	165	O.K.	0.12	0.05	0.40	2.37	O.K.	O.K.	24C95	
22	P-401-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 1	P-401	400		90	0.88	0.95	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	2	95	XLPE	ENTERRADO	29	0.46	140	194	O.K.	0.12	0.05	0.23	1.38	O.K.	O.K.	24C95	
23	P-401-C	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 1	P-401	400		0.3	0.85	0.85	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	29	0.57	0	26	O.K.	3.83	0.10	0.02	-	O.K.	O.K.	5C6	
24	P-402-V	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	VARIADOR DEL MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 2	P-402	400		90	0.88	0.95	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	2	95	XLPE	ENTERRADO	50	0.39	140	165	O.K.	0.12	0.05	0.40	2.37	O.K.	O.K.	24C95	
25	P-402-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 2	P-402	400		90	0.88	0.95	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	2	95	XLPE	ENTERRADO	26	0.46	140	194	O.K.	0.12	0.05	0.21	1.23	O.K.	O.K.	24C95	
26	P-402-C	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	RESISTENCIA DE CALDEO PARA EL MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 2	P-402	400		0.3	0.85	0.85	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	26	0.57	0	26	O.K.	3.83	0.10	0.01	-	O.K.	O.K.	5C6	
27	P-403-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE LPG 3	P-403	400		30	0.88	0.92	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	25	XLPE	ENTERRADO	23	0.46	45	46	O.K.	0.92	0.10	0.39	2.32	O.K.	O.K.	4C25	
28	MOV-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DE LOS TANQUES DE AGUA	MOV-01	400		18	0.83	0.83	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	63	0.46	26	28	O.K.	2.30	0.10	1.39	8.36	O.K.	O.K.	4C10	
29	MOV-02-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DE LOS TANQUES DE RESIDUOS DE ACEITE	MOV-02	400		18	0.83	0.83	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	34	0.46	26	28	O.K.	2.30	0.10	0.75	4.51	O.K.	O.K.	4C10	
30	MOV-03-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DEL CARGADERO DE CAMIONES 1	MOV-03	400		42	0.83	0.83	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	122	0.46	61	66	O.K.	0.46	0.10	1.40	8.41	O.K.	O.K.	4C50	
31	MOV-04-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DEL CARGADERO DE CAMIONES 2	MOV-04	400		42	0.83	0.83	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	152	0.46	61	66	O.K.	0.46	0.10	1.75	10.48	O.K.	O.K.	4C50	



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	MOV-05-F	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS T-01, T-02, T-03	MOV-05	400		18		0,83	0,83	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	297	0,46	28	56	O.K.	0,66	0,10	2,01	12,05	O.K.	O.K.	4C35
33	MOV-06-F	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS T-04, T-05, T-06, T-07	MOV-06	400		24		0,83	0,83	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	372	0,46	35	66	O.K.	0,46	0,10	2,44	14,65	O.K.	O.K.	4C50
34	MOV-07-F	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL DE VÁLVULAS MOTORIZADAS T-08, T-09, T-10	MOV-07	400		12		0,83	0,83	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	181	0,46	17	36	O.K.	1,44	0,10	1,70	10,17	O.K.	O.K.	4C16
35	P-501-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA AUXILIAR CONTRAINCENDIOS 1	P-501	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	37	0,46	23	28	O.K.	2,30	0,10	0,74	4,43	O.K.	O.K.	4C10
36	P-502-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA AUXILIAR CONTRAINCENDIOS 2	P-502	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	40	0,46	23	28	O.K.	2,30	0,10	0,80	4,79	O.K.	O.K.	4C10
37	P-601-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA Balsa DE EVAPORACIÓN 1	P-601	400		11		0,84	0,88	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	41	0,46	17	21	O.K.	3,83	0,10	0,97	5,80	O.K.	O.K.	4C6
38	P-602-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA Balsa DE EVAPORACIÓN 2	P-602	400		11		0,84	0,88	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	44	0,46	17	21	O.K.	3,83	0,10	1,04	6,23	O.K.	O.K.	4C6
39	P-611-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DEL TANQUE DE RESIDUOS DE ACEITE	P-611	400		5,5		0,89	0,86	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	43	0,46	8	21	O.K.	3,83	0,10	0,49	2,96	O.K.	O.K.	4C6
40	P-621-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE AGUA 1	P-621	400		7,5		0,89	0,88	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	43	0,46	11	21	O.K.	3,83	0,10	0,69	4,13	O.K.	O.K.	4C6
41	P-622-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MOTOR DE LA BOMBA DE AGUA 2	P-622	400		5,5		0,89	0,86	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	46	0,46	8	21	O.K.	3,83	0,10	0,53	3,17	O.K.	O.K.	4C6
42	GR-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PUENTE GRÚA DEL FOSO DE BOMBAS	GR-01	400		25		0,83	0,92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	26	0,57	40	45	O.K.	1,44	0,10	0,56	-	O.K.	O.K.	5C16
43	GR-02-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PUENTE GRÚA DEL TALLER	GR-02	400		15		0,83	0,9	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	102	0,57	23	35	O.K.	2,30	0,10	2,04	-	O.K.	O.K.	5C10
44	GR-03-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PUENTE GRÚA DE LA CASETA DE COMPRESORES	GR-03	400		20		0,83	0,91	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	87	0,57	32	35	O.K.	2,30	0,10	2,34	-	O.K.	O.K.	5C10
45	AC-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	COMPRESOR DE AIRE 1	AC-01	400		35		0,82	0,92	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	90	0,46	57	66	O.K.	0,46	0,10	0,96	5,76	O.K.	O.K.	4C50
46	AC-02-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	COMPRESOR DE AIRE 2	AC-02	400		25		0,82	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	25	XLPE	ENTERRADO	95	0,46	40	46	O.K.	0,92	0,10	1,32	7,93	O.K.	O.K.	4C25
47	PWL-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	UNIDAD POTABILIZADORA DE AGUA	PWL-01	400		12		0,8	0,9	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	197	0,57	19	35	O.K.	2,30	0,10	3,16	-	O.K.	O.K.	5C10
48	STU-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	STU-01	400		5		0,8	0,9	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	42	0,57	8	26	O.K.	3,83	0,10	0,46	-	O.K.	O.K.	5C6
49	OWT-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS ACEITOSAS	OWT-01	400		5		0,8	0,9	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	37	0,57	8	26	O.K.	3,83	0,10	0,41	-	O.K.	O.K.	5C6
50	WS-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	CIRCUITO TOMAS DE SOLDADURA 1 y 2	WS-01	400		18		0,8	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	350	0,57	32	70	O.K.	0,66	0,10	2,88	-	O.K.	O.K.	5C35
51	WS-02-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	CIRCUITO TOMAS DE SOLDADURA 3 y 4	WS-02	400		18		0,8	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	461	0,57	32	82	O.K.	0,46	0,10	2,77	-	O.K.	O.K.	5C50
52	WS-03-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	CIRCUITO TOMAS DE SOLDADURA 5 y 6	WS-03	400		18		0,8	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	181	0,57	32	45	O.K.	1,44	0,10	3,08	-	O.K.	O.K.	5C16
53	WS-04-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	CIRCUITO TOMAS DE SOLDADURA 7, 8 y 9	WS-04	400		27		0,8	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	25	XLPE	ENTERRADO	125	0,57	49	58	O.K.	0,92	0,10	2,10	-	O.K.	O.K.	5C25
54	HVAC-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	CLIMATIZACIÓN EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN	HVAC-01	400		120		0,8	0,92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	2	70	XLPE	ENTERRADO	220	0,57	199	203	O.K.	0,16	0,05	3,06	-	O.K.	O.K.	2x5C70
55	HVAC-02-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	CLIMATIZACIÓN SALA DE CONTROL	HVAC-02	400		35		0,8	0,92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	210	0,57	58	70	O.K.	0,66	0,10	3,09	-	O.K.	O.K.	5C35
56	HVAC-03-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	CLIMATIZACIÓN EDIFICIO BRIGADA CONTRAINCENDIOS	HVAC-03	400		55		0,8	0,92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	70	XLPE	ENTERRADO	97	0,57	91	101	O.K.	0,33	0,10	1,24	-	O.K.	O.K.	5C70
57	HVAC-03-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	CLIMATIZACIÓN EDIFICIO ELECTRICO	HVAC-03	400		75		0,8	0,92	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	UNIPOLAR	1	120	XLPE	ENTERRADO	50	0,57	124	137	O.K.	0,19	0,10	0,58	-	O.K.	O.K.	5x1C120
58	UPS-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	UPS	UPS-01	400		75		0,85	0,95	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	UNIPOLAR	1	150	XLPE	ENTERRADO	50	0,49	121	133	O.K.	0,15	0,10	0,48	-	O.K.	O.K.	5x1C150
59	LPE-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL DE ALUMBRADO EXTERIOR	LPE-01	400		180		0,95	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	UNIPOLAR	2	120	XLPE	ENTERRADO	154	0,57	273	274	O.K.	0,10	0,05	1,95	-	O.K.	O.K.	10x1C120
60	LP-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN	LP-01	400		75		0,95	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	95	XLPE	ENTERRADO	220	0,57	114	120	O.K.	0,24	0,10	2,84	-	O.K.	O.K.	5C95
61	LP-02-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE EDIFICIO BRIGADA CONTRAINCENDIOS	LP-02	400		50		0,95	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	70	XLPE	ENTERRADO	97	0,57	76	101	O.K.	0,33	0,10	1,10	-	O.K.	O.K.	5C70
62	LP-03-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE SALA DE CONTROL	LP-03	400		25		0,95	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	25	XLPE	ENTERRADO	210	0,57	38	58	O.K.	0,92	0,10	3,13	-	O.K.	O.K.	5C25
63	LP-04-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE EDIFICIO ELECTRICO	LP-04	400		5		0,95	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	50	0,57	8	26	O.K.	3,83	0,10	0,60	-	O.K.	O.K.	5C6
64	LP-05-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE TALLER	LP-05	400		7,5		0,95	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	102	0,57	11	26	O.K.	3,83	0,10	1,65	-	O.K.	O.K.	5C6
65	LP-06-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL ALUMBRADO FOSO DE BOMBAS DE PRODUCTO	LP-06	400		2,5		0,95	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	50	0,57	4	26	O.K.	3,83	0,10	0,30	-	O.K.	O.K.	5C6
66	LP-07-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PANEL ALUMBRADO FOSO DE BOMBAS AUXILIARES	LP-07	400		5		0,95	1	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	45	0,57	8	26	O.K.	3,83	0,10	0,64	-	O.K.	O.K.	5C6
67	MX-T-01A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-01	MX-T-01A	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	327	0,46	23	56	O.K.	0,66	0,10	1,99	11,95	O.K.	O.K.	4C35



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
68	MX-T-01B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-01	MX-T-01B	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	367	0,46	23	56	O.K.	0,66	0,10	2,23	13,41	O.K.	O.K.	4C35
69	MX-T-01C-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-01	MX-T-01C	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	407	0,46	23	56	O.K.	0,66	0,10	2,48	14,87	O.K.	O.K.	4C35
70	MX-T-02A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-02	MX-T-02A	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	25	XLPE	ENTERRADO	297	0,46	23	46	O.K.	0,92	0,10	2,47	14,80	O.K.	O.K.	4C25
71	MX-T-02B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-02	MX-T-02B	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	337	0,46	23	56	O.K.	0,66	0,10	2,05	12,31	O.K.	O.K.	4C35
72	MX-T-02C-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-02	MX-T-02C	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	377	0,46	23	56	O.K.	0,66	0,10	2,30	13,77	O.K.	O.K.	4C35
73	MX-T-03A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-03	MX-T-03A	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	327	0,46	23	56	O.K.	0,66	0,10	1,99	11,95	O.K.	O.K.	4C35
74	MX-T-03B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-03	MX-T-03B	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	367	0,46	23	56	O.K.	0,66	0,10	2,23	13,41	O.K.	O.K.	4C35
75	MX-T-03C-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-03	MX-T-03C	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	407	0,46	23	56	O.K.	0,66	0,10	2,48	14,87	O.K.	O.K.	4C35
76	MX-T-04A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-04	MX-T-04A	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	447	0,46	23	66	O.K.	0,46	0,10	1,98	11,87	O.K.	O.K.	4C50
77	MX-T-04B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-04	MX-T-04B	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	487	0,46	23	66	O.K.	0,46	0,10	2,16	12,93	O.K.	O.K.	4C50
78	MX-T-04C-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-04	MX-T-04C	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	527	0,46	23	66	O.K.	0,46	0,10	2,33	14,00	O.K.	O.K.	4C50
79	MX-T-05A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-05	MX-T-05A	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	402	0,46	23	56	O.K.	0,66	0,10	2,45	14,69	O.K.	O.K.	4C35
80	MX-T-05B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-05	MX-T-05B	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	442	0,46	23	66	O.K.	0,46	0,10	1,96	11,74	O.K.	O.K.	4C50
81	MX-T-05C-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-05	MX-T-05C	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	482	0,46	23	66	O.K.	0,46	0,10	2,13	12,80	O.K.	O.K.	4C50
82	MX-T-06A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-06	MX-T-06A	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	447	0,46	23	66	O.K.	0,46	0,10	1,98	11,87	O.K.	O.K.	4C50
83	MX-T-06B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-06	MX-T-06B	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	487	0,46	23	66	O.K.	0,46	0,10	2,16	12,93	O.K.	O.K.	4C50
84	MX-T-06C-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-06	MX-T-06C	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	527	0,46	23	66	O.K.	0,46	0,10	2,33	14,00	O.K.	O.K.	4C50
85	MX-T-07A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-07	MX-T-07A	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	35	XLPE	ENTERRADO	402	0,46	23	56	O.K.	0,66	0,10	2,45	14,69	O.K.	O.K.	4C35
86	MX-T-07B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-07	MX-T-07B	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	442	0,46	23	66	O.K.	0,46	0,10	1,96	11,74	O.K.	O.K.	4C50
87	MX-T-07C-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-07	MX-T-07C	400		15		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	50	XLPE	ENTERRADO	482	0,46	23	66	O.K.	0,46	0,10	2,13	12,80	O.K.	O.K.	4C50
88	MX-T-08A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-08	MX-T-08A	400		10		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	211	0,46	15	36	O.K.	1,44	0,10	1,78	10,70	O.K.	O.K.	4C16
89	MX-T-08B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-08	MX-T-08B	400		10		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	226	0,46	15	36	O.K.	1,44	0,10	1,91	11,46	O.K.	O.K.	4C16
90	MX-T-08C-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-08	MX-T-08C	400		10		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	241	0,46	15	36	O.K.	1,44	0,10	2,04	12,22	O.K.	O.K.	4C16
91	MX-T-09A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-09	MX-T-09A	400		10		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	181	0,46	15	28	O.K.	2,30	0,10	2,41	14,44	O.K.	O.K.	4C10
92	MX-T-09B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-09	MX-T-09B	400		10		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	196	0,46	15	36	O.K.	1,44	0,10	1,66	9,94	O.K.	O.K.	4C16
93	MX-T-09C-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-09	MX-T-09C	400		10		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	211	0,46	15	36	O.K.	1,44	0,10	1,78	10,70	O.K.	O.K.	4C16
94	MX-T-10A-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 1 TANQUE T-10	MX-T-10A	400		10		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	211	0,46	15	36	O.K.	1,44	0,10	1,78	10,70	O.K.	O.K.	4C16
95	MX-T-10B-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 2 TANQUE T-10	MX-T-10B	400		10		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	226	0,46	15	36	O.K.	1,44	0,10	1,91	11,46	O.K.	O.K.	4C16
96	MX-T-10C-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	MEZCLADOR 3 TANQUE T-10	MX-T-10C	400		10		0,84	0,9	MOTOR	3P+PE	MULTICONDUCTOR	1	16	XLPE	ENTERRADO	241	0,46	15	36	O.K.	1,44	0,10	2,04	12,22	O.K.	O.K.	4C16
97	CP-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	CARGADOR DEL BANCO DE CONDENSADORES	CP-01	400		1		0,84	0,9	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	50	0,38	2	17	O.K.	3,83	0,10	0,11	-	O.K.	O.K.	5C6
98	CP-01-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PROTECCIÓN CATÓDICA T-01, T-02, T-03	CP-01	400		3,6		0,85	0,95	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	297	0,57	6	26	O.K.	3,83	0,10	2,47	-	O.K.	O.K.	5C6
99	CP-02-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PROTECCIÓN CATÓDICA T-04, T-05, T-06, T-07	CP-02	400		4,8		0,85	0,95	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	10	XLPE	ENTERRADO	372	0,57	8	35	O.K.	2,30	0,10	2,50	-	O.K.	O.K.	5C10
100	CP-03-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PROTECCIÓN CATÓDICA T-08, T-09, T-10	CP-03	400		1,8		0,85	0,95	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	182	0,57	3	26	O.K.	3,83	0,10	0,76	-	O.K.	O.K.	5C6
101	CP-04-P	CENTRO CONTROL MOTORES	CCM	PROTECCIÓN CATÓDICA DE LOS TANQUES DE AGUA Y DE LOS TANQUES DE RESIDUOS DE ACEITE	CP-04	400		1,2		0,85	0,95	ALIMENTACIÓN	3P+PE+N	MULTICONDUCTOR	1	6	XLPE	ENTERRADO	38	0,57	2	26	O.K.	3,83	0,10	0,11	-	O.K.	O.K.	5C6

## 6.3 Anexo 3: Hoja de datos ARMIGRON-M UNFIRE RVhMAVh-K / RVhMVh-K



### ARMIGRON-M UNFIRE RVhMAVh-K / RVhMVh-K

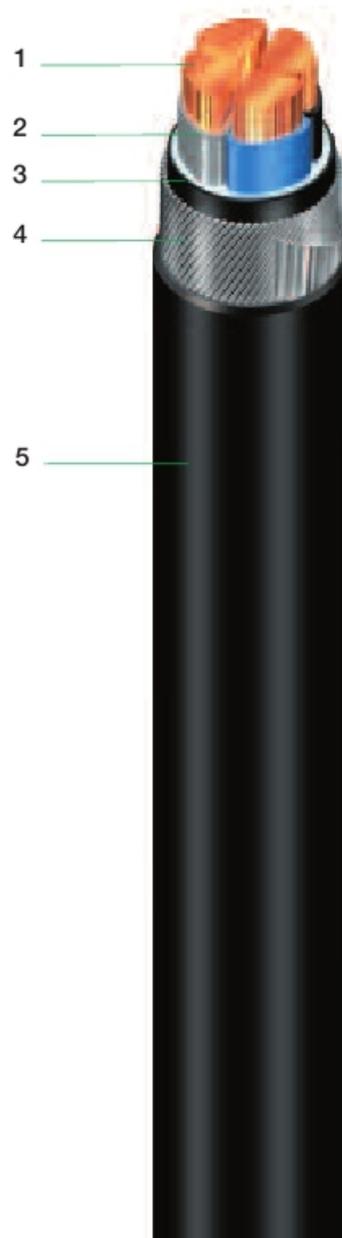
Tensión 0,6/1 kV



NORMAS CONSTRUCTIVAS:	NACIONAL/EUROPEA	INTERNACIONAL
UNE 21123-2 IEC 60502-1 ED-P16 (REPSOL)	UNE-EN 60332-1-2 UNE-EN 50266-2-4	IEC 60332-1-2 IEC 60332-3-24

#### CONSTRUCCIÓN:

- 1.- **CONDUCTOR:**  
Cobre flexible clase 5 para instalación fija (-K).
- 2.- **AISLAMIENTO:**  
Polietileno reticulado (R).  
Identificación por coloración.
- 3.- **ASIENTO DE ARMADURA:**  
Policloruro de vinilo (V) resistente a hidrocarburos (h).
- 4.- **ARMADURA:**  
Alambres de acero galvanizado (M) en multipolares o de aluminio (MA) en unipolares. No es prescriptivo el uso de contraespira.
- 5.- **CUBIERTA:**  
Policloruro de vinilo (V) resistente a hidrocarburos (h).



#### APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Cables armados con hilos para la distribución de energía de baja tensión.

Indicado por su característica antideflagrante para ser utilizado en locales con riesgo de incendio o explosión (**ITC-BT-29**), así como en todas aquellas instalaciones en que se requiera una protección mecánica del cable o especiales esfuerzos de tracción durante el tendido.

Los cables ARMIGRON-M UNFIRE tienen en toda su gama la característica de No Propagación del Incendio según UNE-EN 50266-2-4 (correspondiente a nivel internacional IEC 60332-3-24). Su característica de resistencia a los hidrocarburos los hace imprescindibles en aquellos entornos en que el cable pueda sufrir el ataque químico de esta clase de compuestos.

A partir de la sección de 50 mm<sup>2</sup> inclusive se ofrece la configuración **SECTORFLEX**® con conductor sectorial flexible que, manteniendo idénticas prestaciones eléctricas y los mismos terminales y accesorios convencionales que el cable circular, consigue un menor diámetro y peso del cable, incrementando significativamente su manejabilidad y facilidad de instalación.

La temperatura máxima del conductor en régimen permanente es de 90 °C.

### ARMIGRON-M UNFIRE RVhMAVh-K



Tensión 0,6/1 kV

CÓDIGO	SECCIÓN	DIÁMETRO BAJO ARMADURA	DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	RADIO CURVATURA	INTENSIDAD		CAIDA DE TENSIÓN	
						AIRE <sup>(1)</sup>	ENTERRADO <sup>(2)</sup>	Cos $\mu= 0,8$	Cos $\mu= 1$
	mm <sup>2</sup>	mm	mm	kg/km	mm	A	A	V/A.km	V/A.km
1714110	1x10	7,8	15,1	320	155	68	77	3,524	4,218
1714111	1x16	8,8	16,1	390	165	91	100	2,277	2,672
1714112	1x25	10,4	17,7	510	180	116	128	1,509	1,723
1714113	1x35	11,5	18,8	625	190	144	154	1,103	1,224
1714114	1x50	13,1	20,4	790	205	175	183	0,800	0,852
1714115	1x70	15,2	22,6	1.030	230	224	224	0,592	0,601
1714116	1x95	16,8	23,1	1.220	235	271	265	0,468	0,455
1714117	1x120	18,8	26,3	1.535	265	314	302	0,388	0,356
1714118	1x150	20,6	28,1	1.845	285	363	342	0,329	0,285
1714119	1x185	22,5	30,1	2.165	305	415	383	0,287	0,234
1714120	1x240	25,6	33,4	2.795	335	490	442	0,238	0,177
1714121	1x300	29,0	37,8	3.505	380	563	500	0,208	0,142

(1) Intensidades máximas admisibles al aire según norma UNE 20460-5-523, tabla A.52-1 bis, método de instalación E para cables multipolares y según norma UNE 211435 para cables unipolares - Temperatura ambiente de 40 °C

(2) Intensidades máximas admisibles enterrado según norma UNE 20460-5-523, tabla A.52-2 bis, método de instalación D para cables multipolares y según norma UNE 211435 para cables unipolares - Temperatura del terreno de 25 °C, profundidad de la instalación 700 mm y resistividad térmica del terreno 1,5 K.m/W

Nota: presentación en bobina

### ARMIGRON-M UNFIRE RVhMVh-K



Tensión 0,6/1 kV

CÓDIGO	SECCIÓN	DIÁMETRO BAJO ARMADURA	DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	RADIO CURVATURA	INTENSIDAD		CAIDA DE TENSIÓN	
						AIRE <sup>(1)</sup>	ENTERRADO <sup>(2)</sup>	Cos $\mu= 0,8$	Cos $\mu= 1$
	mm <sup>2</sup>	mm	mm	kg/km	mm	A	A	V/A.km	V/A.km
1714206	2x1,5	7,7	13,2	320	135	24	27	23,61	29,37
1714207	2x2,5	8,5	14,1	365	145	33	36	14,20	17,62
1714208	2x4	9,6	15,1	430	155	45	46	8,839	10,93
1714209	2x6	10,7	16,2	510	165	57	58	5,919	7,288
1714210	2x10	12,6	18,8	750	190	79	77	3,458	4,218
1714211	2x16	14,6	20,8	945	210	105	100	2,218	2,672
1714212	2x25	17,9	24,9	1.395	250	123	128	1,458	1,723
1714213	2x35	20,1	27,2	1.720	275	154	154	1,057	1,224
1717214	2x50	20,4	27,7	1.965	280	188	183	0,759	0,852
1717215	2x70	23,9	32,3	2.760	325	244	224	0,556	0,601
1717216	2x95	26,4	35,0	3.315	350	296	265	0,438	0,455
1717217	2x120	29,7	38,6	4.035	390	348	302	0,358	0,356
1717218	2x150	33,0	43,3	5.155	435	404	342	0,302	0,285
1717219	2x185	36,0	46,6	6.015	470	464	383	0,262	0,234
1717220	2x240	41,3	52,4	7.620	525	552	442	0,215	0,177
1714306	3G1,5	8,2	13,7	340	140	20	23	23,61	29,37
1714307	3G2,5	9,1	14,6	400	150	26	30	14,20	17,62
1714308	3G4	10,2	15,8	485	160	36	38	8,839	10,93
1714309	3G6	11,4	17,6	660	180	46	48	5,919	7,288
1714310	3G10	13,5	19,7	855	200	65	64	3,458	4,218
1714311	3G16	15,6	21,9	1.105	220	87	82	2,218	2,672
1714312	3x25	19,2	26,2	1.660	265	110	106	1,458	1,723
1714313	3x35	21,6	28,8	2.060	290	137	129	1,057	1,224
1717314	3x50	23,8	31,2	2.490	315	167	152	0,759	0,852
1717315	3x70	28,2	36,7	3.520	370	214	187	0,556	0,601
1717316	3x95	31,2	40,0	4.285	400	259	222	0,438	0,455
1717317	3x120	35,1	44,2	5.240	445	301	253	0,358	0,356
1717318	3x150	39,0	49,5	6.710	495	353	286	0,302	0,285
1717319	3x185	42,8	53,7	7.865	540	391	320	0,262	0,234
1717320	3x240	48,8	60,3	9.995	605	468	370	0,215	0,177

### ARMIGRON-M UNFIRE RVhMVh-K



Tensión 0,6/1 kV

CÓDIGO	SECCIÓN mm <sup>2</sup>	DIÁMETRO BAJO ARMADURA mm	DIÁMETRO EXTERIOR mm	PESO kg/km	RADIO CURVATURA mm	INTENSIDAD		CAIDA DE TENSIÓN	
						AIRE <sup>(1)</sup> A	ENTERRADO <sup>(2)</sup> A	Cos $\mu= 0,8$ V/A.km	Cos $\mu= 1$ V/A.km
1714406	4G1,5	9,1	14,8	395	150	20	23	23,61	29,37
1714407	4G2,5	10,1	15,8	470	160	26	30	14,20	17,62
1714408	4G4	11,4	17,8	645	180	36	38	8,839	10,93
1714409	4G6	12,7	19,1	760	195	46	48	5,919	7,288
1714410	4G10	15,0	21,2	1.015	215	65	64	3,458	4,218
1714411	4G16	17,4	24,4	1.460	245	87	82	2,218	2,672
1714412	4x25	21,3	28,5	1.990	285	110	106	1,458	1,723
1714413	4x35	24,0	31,4	2.505	315	137	129	1,057	1,224
1717414	4x50	26,2	34,7	3.320	350	167	152	0,759	0,852
1717415	4x70	31,1	39,9	4.390	400	214	187	0,556	0,601
1717416	4x95	34,4	43,7	5.415	440	259	222	0,438	0,455
1717417	4x120	39,0	49,4	7.030	495	301	253	0,358	0,356
1717418	4x150	43,3	54,3	8.510	545	353	286	0,302	0,285
1717419	4x185	47,5	58,9	10.000	590	391	320	0,262	0,234
1717420	4x240	54,2	66,0	12.750	660	468	370	0,215	0,177
1714506	5G1,5	9,9	15,6	445	160	20	23	23,61	29,37
1714507	5G2,5	11,1	17,5	610	175	26	30	14,20	17,62
1714508	5G4	12,5	18,9	740	190	36	38	8,839	10,93
1714509	5G6	14,0	20,4	890	205	46	48	5,919	7,288
1714510	5G10	16,6	23,6	1.295	240	65	64	3,458	4,218
1714511	5G16	19,3	26,4	1.690	265	87	82	2,218	2,672
1714512	5G25	23,8	31,2	2.350	315	110	106	1,458	1,723
1714513	5G35	26,8	34,3	2.970	345	137	129	1,057	1,224
1714514	5G50	31,3	40,1	4.180	405	167	152	0,759	0,852
1714515	5G70	37,1	46,2	5.635	465	214	187	0,556	0,601
1714516	5G95	41,6	52,1	7.410	525	259	222	0,438	0,455



## CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLE EN BAJA TENSIÓN EN UNA PLANTA DE OIL & GAS

### 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] IEC 60364-5-52:2001 *Selection and erection of electrical equipment - Wiring systems.*
- [2] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *Reglamento electrotécnico de baja tensión* (R.D. 842/2002).
- [3] Conejo Navarro, Antonio Jesús. *Instalaciones eléctricas.* McGrawHill, Madrid, 2007.
- [4] NF C 15-100 *Installations électriques à basse tension.*
- [5] ITC-BT-14 *Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación.*
- [6] ITC-BT-15 *Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales.*
- [7] ITC-BT-19 *Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.*
- [8] ITC-BT-47 *Instalación de receptores. Motores.*
- [9] ITC-BT-48 *Instalación de receptores. Transformadores y autotransformadores. Reactancias y rectificadores. Condensadores.*
- [10] Guirado Torres, Rafael. *Tecnología eléctrica.* McGrawHill, Madrid, 2006.
- [11] UTE C 15-105 *Détermination des sections de conducteurs et choix des dispositifs de protection - Méthodes pratiques.*
- [12] UNE 211435:2011 *Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.*
- [13] UNE-EN 60617-2:1997 *Símbolos gráficos para esquemas.*
- [14] Beeman, Donald. *Industrial Power Systems Handbook.* McGraw-Hill Book Co., 1955.