

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y  
AMBIENTAL  
CARRERA PROFESIONAL INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**“METODOLOGÍA PARA LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL  
SISTEMA DE MOLIENDA DEL ACELERADOR DE FRAGUADO EN  
UNA PLANTA PRODUCTORA DE DRYWALL EN LIMA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**Para optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**ROJAS ANTÓN, JAIME ALONSO**

**Villa El Salvador  
2016**

# ACTA DE SUSTENTACIÓN

## ACTA DE CONSOLIDADO DE NOTAS

Dedico esta tesis a mis padres y familiares, quienes me apoyaron todo el tiempo para concluir esta tesis; especialmente a mi hermano y abuelo, que son un ejemplo de constancia y que me enseñan a lidiar con el día a día.

## **AGRADECIMIENTO**

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que de alguna forma, son parte de su culminación. A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

Agradecer a mis asesores, Ing. Roger Silva e Ing. Margarita Murillo, quienes con sus conocimientos y experiencia encaminaron la finalización del presente trabajo.

Agradecer al Ing. Jean Quiroz y Alicia Condori por brindarme su apoyo y confianza durante la realización del presente trabajo.

A mis compañeros de trabajo los cuales me apoyaron con su experiencia especialmente Misael Terrel, Amer Terrel y Heber Grandes.

De igual manera agradecer a Claudia Sánchez por el apoyo y consejos recibidos desde el día que la conocí. Por todo el apoyo recibido para la realización de este trabajo.

Le doy gracias a mi familia, mis padres Jaime e Ynés por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. A mi hermano, Javier por el apoyo, comprensión, por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

## INDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	3
1.3. Delimitación del Proyecto .....	4
1.4. Formulación del Problema .....	4
1.5. Objetivos .....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos .....	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	6
2.2. Bases Teóricas .....	7
2.3. Marco conceptual.....	26
CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	34
3.1. Metodología propuesta .....	34
3.2. Simulación de metodología .....	56
3.3. Revisión y consolidación de resultados .....	72
CONCLUSIONES .....	74
RECOMENDACIONES .....	785
BIBLIOGRAFIA.....	786
ANEXO .....	78
Anexo 01 Modelo de cuadro de cargas.....	79
Anexo 02 Cuadro de selección de bandejas .....	80
Anexo 03 Cuadro de tareas para ruta crítica .....	81

Anexo 04 Modelo de presupuesto detallado .....	82
Anexo 05 Instructivo 01 .....	84
Anexo 06 Instructivo 02 .....	84
Anexo 07 Instructivo 03 .....	85
Anexo 08 Instructivo 04 .....	86
Anexo 09 Instructivo 05 .....	87
Anexo 10 Instructivo 06 .....	88
Anexo 11 Instructivo 07 .....	89
Anexo 12 Instructivo 08 .....	89
Anexo 13 Instructivo 09 .....	91
Anexo 14 Instructivo 10 .....	92
Anexo 15 Instructivo 11 .....	94
Anexo 16 Instructivo 12 .....	94
Anexo 17 Modelo de cuadro resumen .....	95
Anexo 18 Modelo de Protocolo de megado .....	96
Anexo 19 Lista de verificación .....	97

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 01. Proceso típico de fabricación de drywall .....	7
Figura 02. Molino de bolas .....	8
Figura 03. Perfil de bandeja .....	10
Figura 04. Tipos de soportes de bandejas metálicas porta cables .....	11
Figura 05. Tipos de Accesorios de bandejas portacables .....	12
Figura 06. Conector recto de tubería conduit .....	15
Figura 07. Tipos de cajas condulet .....	15
Figura 08. Soportes de tubería conduit .....	16
Figura 09. Ejemplo de ruta crítica .....	24
Figura 10. Tipos de conexiones. ....	53
Figura 11. Conexión $\Delta$ .....	68
Figura 12. Red de actividades CPM.....	73



## LISTADO DE TABLAS

Tabla 01: Dimensiones normalizadas de tubería conduit EMC.....	13
Tabla 02: Dimensiones normalizadas de tubería conduit IMC.....	13
Tabla 03: Dimensiones normalizadas de tubería conduit flexible.....	14
Tabla 04: Catálogo de abrazaderas unistrut .....	16
Tabla 05: Conductores de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna .....	17
Tabla 06: Conductores de puesta a tierra para canalizaciones .....	19
Tabla 07: Dimensión de tubería pesada o liviana.....	21
Tabla 08: Carga de diseño según la separación de soportes .....	22
Tabla 09: Sección de conductores para canalizaciones .....	23
Tabla 10: Catálogo de conductores eléctrico NYY unipolares.....	40
Tabla 11: Catálogo de conductores eléctrico NYY tripolares y tetrapolares.....	41
Tabla 12: Catálogo N°1 de conductores eléctrico NYY (80°)-C FB.....	43
Tabla 13: Catálogo N°2 de conductores eléctrico NYY (80°)-C FB.....	43
Tabla 14: Catálogo N°1 de conductores eléctricos apantallados.....	44
Tabla 15: Catálogo N°2 de conductores eléctricos apantallados.....	44
Tabla 16: Catálogo de motores WEG.....	45
Tabla 17: Conductores Termopar.....	47

Tabla 18: Cuadro de datos.....	58
Tabla 19 Cuadro de cargas conductor principal .....	59
Tabla 20 Cuadro de cargas cables de fuerza.....	60
Tabla 21 Cuadro de cargas cables de control.....	61
Tabla 22 Modelo de selección de accesorios.....	62
Tabla 23 Bandeja para cables de fuerza.....	63
Tabla 24 Bandeja para cables de control.....	64
Tabla 25 Metrado tipos de soporte .....	65
Tabla 26 Metrado Accesorios.....	65
Tabla 27Tabla resumen Cables de fuerza.....	69
Tabla 28 Tabla resumen cables de control 1.....	70
Tabla 29 Tabla resumen Cables de control 2.....	71
Tabla 30 Lista de actividades.....	72

## INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo el presente proyecto de ingeniería sobre la instalación eléctrica del sistema de molienda del acelerador de fraguado en una planta productora de drywall en Lima, se tuvo en cuenta como referencia otros trabajos ,como el de Edwin Pérez , “Aplicación de métodos Lean en el desarrollo de un proyecto eléctrico enfocado a la automatización de un molino de cemento”.

Para lograr mayor consistencia en el sustento teórico del problema y del tema de investigación, se reconoció un conjunto de términos con sus respectivos conceptos. La identificación de los nuevos términos se realizó teniendo en cuenta la lectura del marco teórico.

Asimismo, para un estudio sistematizado del problema de investigación, el trabajo se ha estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo I , se exponen el descripción de la realidad problemática, justificación del problema ,delimitación del proyecto ,formulación del problema,el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto de ingeniería propuesto.

En el capítulo II, En esta parte se presenta los antecedentes, las bases teóricas, teniendo en cuenta referencias importantes que contribuyeron a fundamentar la base metodológica del proyecto de ingeniería. Asimismo, el marco conceptual.

Capítulo III, Aquí está determinada la metodología propuesta, simulación de la metodología y la revisión y consolidación de resultados.

Finalmente, se redactan las Conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos .

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### 1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En la actualidad varias empresas extranjeras han instalado plantas de producción drywall en Lima .Se ha observado la falta de procedimientos de calidad, y tomas de malas decisiones a la hora de implementar los procesos en las instalaciones eléctricas de un sistema de molienda para aceleradores de fraguado en una planta de drywall.

#### 1.2. Justificación del Problema

La falta de una metodología que garantice la seguridad y buen funcionamiento de las instalaciones eléctricas de un sistema de molienda para aceleradores de fraguado en plantas de drywall en Lima.

### 1.3. Delimitación del Proyecto

La metodología que se elaborara solo aplica a plantas que se encuentren en Lima .Otro factor es, que solo se aplica a sistemas de molienda con tasa de salida 6 kg/min.

### 1.4. Formulación del Problema

¿Es posible implementar una metodología para la instalación eléctrica segura y garantizada del sistema de molienda del acelerador de fraguado en una planta productora de drywall en Lima?

#### 1.4.1. Formulación del Problemas específico

¿Es posible elaborar una lista de verificación del proceso de instalación eléctrica segura y garantizada del sistema de molienda del acelerador de fraguado en una planta productora de drywall en Lima?

¿Es posible elaborar una ruta crítica mediante el uso del método PERT-CPM para la instalación eléctrica del sistema de molienda del acelerador de fraguado en una planta productora de drywall en Lima?

### 1.5. Objetivos

#### 1.5.1. Objetivo General

Elaborar una metodología para la instalación eléctrica segura y garantizada del sistema de molienda del acelerador de fraguado en una planta productora de drywall en Lima.

### 1.5.2. Objetivos Específicos

Elaborar una lista de verificación de la instalación eléctrica segura y garantizada del sistema de molienda del acelerador de fraguado en una planta productora de drywall en Lima.

Elaborar una ruta crítica mediante el uso del método PERT-CPM para la instalación eléctrica del sistema de molienda del acelerador de fraguado en una planta productora de drywall en Lima.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

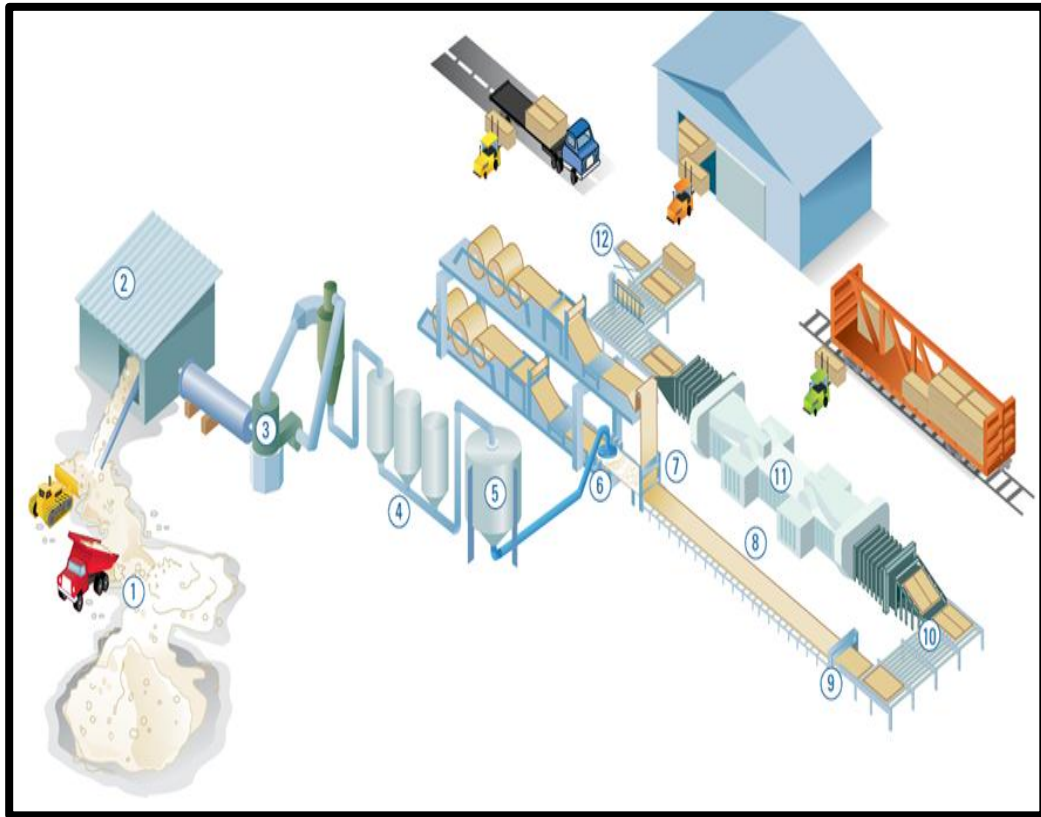
Aplicación de métodos Lean en el desarrollo de un proyecto eléctrico enfocado a la automatización de un molino de cemento, Edwin Daniel Pérez Bárcenas (México, 2014), En sus conclusiones manifiesta: Un proyecto eléctrico sin automatización puede repercutir en un baja de productividad y eficiencia y la metodología Lean, es el aumento de la productividad y de la eficiencia basadas en significados muy trascendentes, como eliminar y reducir procesos o actividades que retrasan un proyecto. Es por esto, que el automatizar el desarrollo de la ingeniería garantizará la calidad en la construcción de un molino y que la aportación se basará en entregar un producto con calidad. (p. 149).



## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Proceso típico de fabricación de drywall

El proceso de fabricación de drywall consta de las diferentes fases:



**Figura 01.** Proceso típico de fabricación de drywall

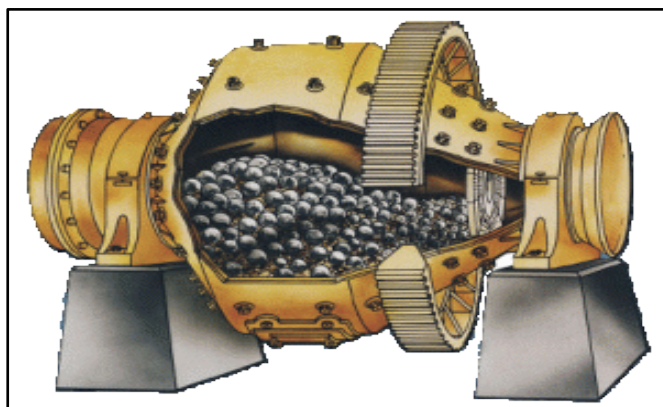
- |                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| 1. Materias primas        | 7. Etapa de formación              |
| 2. Trituradora            | 8. Faja transportadora             |
| 3. Sistema de molienda    | 9. Cortadora                       |
| 4. Sistema de calcinación | 10. Mesa de transferencia          |
| 5. Silo de Almacenamiento | 11. Horno de secado                |
| 6. Etapa de mezclado.     | 12. Rotulador y apilador de placas |

### 2.2.2. Sistema de molienda

La molienda es una operación de reducción de tamaño de rocas y minerales de manera similar a la trituración. Los productos obtenidos por molienda son más pequeños y de forma más regular que los surgidos de trituración. Generalmente se habla de molienda cuando se tratan partículas de tamaños inferiores a 1" (1" = 2.54 cm) siendo el grado de desintegración mayor al de trituración. Se utiliza fundamentalmente en la fabricación de cemento cal y yeso.

### 2.2.3. Molino de Bolas

Está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal, que en su interior tiene bolas libres. El cuerpo gira a merced del accionamiento de un motor, el cual mueve un piñón que engrana con una corona que tiene el cuerpo cilíndrico. Las bolas se mueven haciendo el efecto de cascada rompiendo el material que se encuentra en la cámara de molienda mediante fricción y percusión.



**Figura 02.** Molino de bolas

#### 2.2.4. Acelerador de fraguado

El acelerador de fraguado es un aditivo común usado en plantas de planchas de yeso, se usa para disminuir el tiempo de fraguado de las planchas de yeso, lo que permite una producción más rápida. El uso del acelerador también contribuye a su cristalización, que a la vez afecta a la fuerza de la plancha de yeso. El acelerador de fraguado se puede calcinar inadvertidamente durante el proceso de molienda a medida que se alimenta, las partículas de yeso pueden alcanzar temperaturas de calcinación debido al calor de la fricción. Se requiere la utilización de yeso de alta calidad para conseguir una cristalización ideal.

#### 2.2.5. Motor eléctrico

El motor eléctrico es la máquina más utilizada para transformar energía eléctrica en energía mecánica, pues combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica con su construcción simple y robusta a bajos costos con gran versatilidad de adaptación a los más variados tipos de cargas.

##### 2.2.5.1. Tipos de motor eléctrico

- Motor CC (Corriente continua)

Los motores de corriente continua son motores con costo más elevado pues necesitan de una fuente de corriente continua, o de un dispositivo

que convierta la corriente alterna en corriente continua. Este tipo de motor se utiliza en casos especiales.

- Motor CA (Corriente alterna)

Los motores de corriente alterna son los más utilizados, porque la alimentación de energía eléctrica es hecha en corriente alterna.

#### 2.2.5.2. Tipos de motores de corriente alterna.

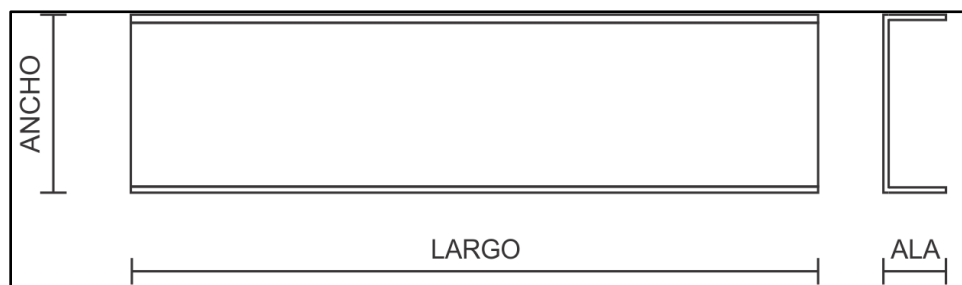
- Sincrónicos-.Velocidad constante (independiente de la variación de la carga)

- Asincrónicos-.Velocidad variable (dependiendo de la variación de la carga)

#### 2.2.6. Canalización de conductores eléctricos

##### 2.2.6.1. Bandejas portacables

La aplicación fundamental de las Bandejas portacables es poder llevar por ellas cables de energía.



**Figura 03.** Perfil de bandeja

- Longitudes de secciones rectas:

Largo: 2400±2 mm, 3000±2 mm, 3050±2 mm, 6000±2 mm, 6100±2mm.

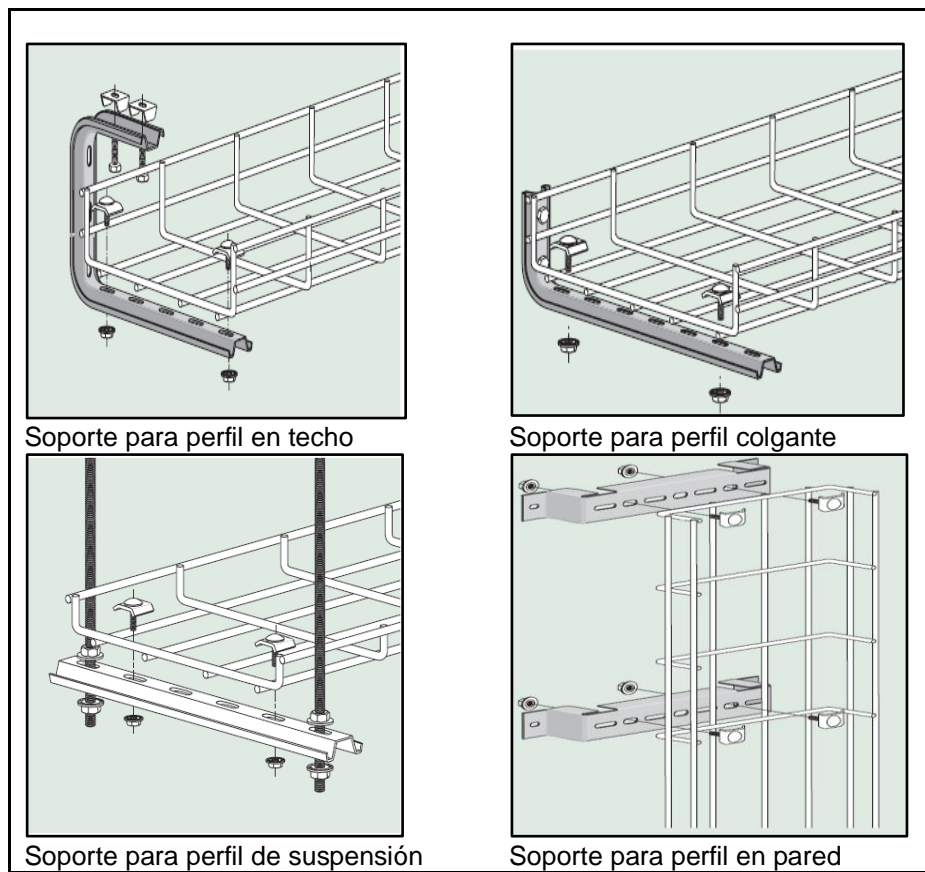
- Ancho para secciones de las bandejas portacables:

Ancho: 100 mm, 200 mm, 300 mm, 400 mm, 500 mm, 600 mm

- Alto del lateral para bandejas porta cables:

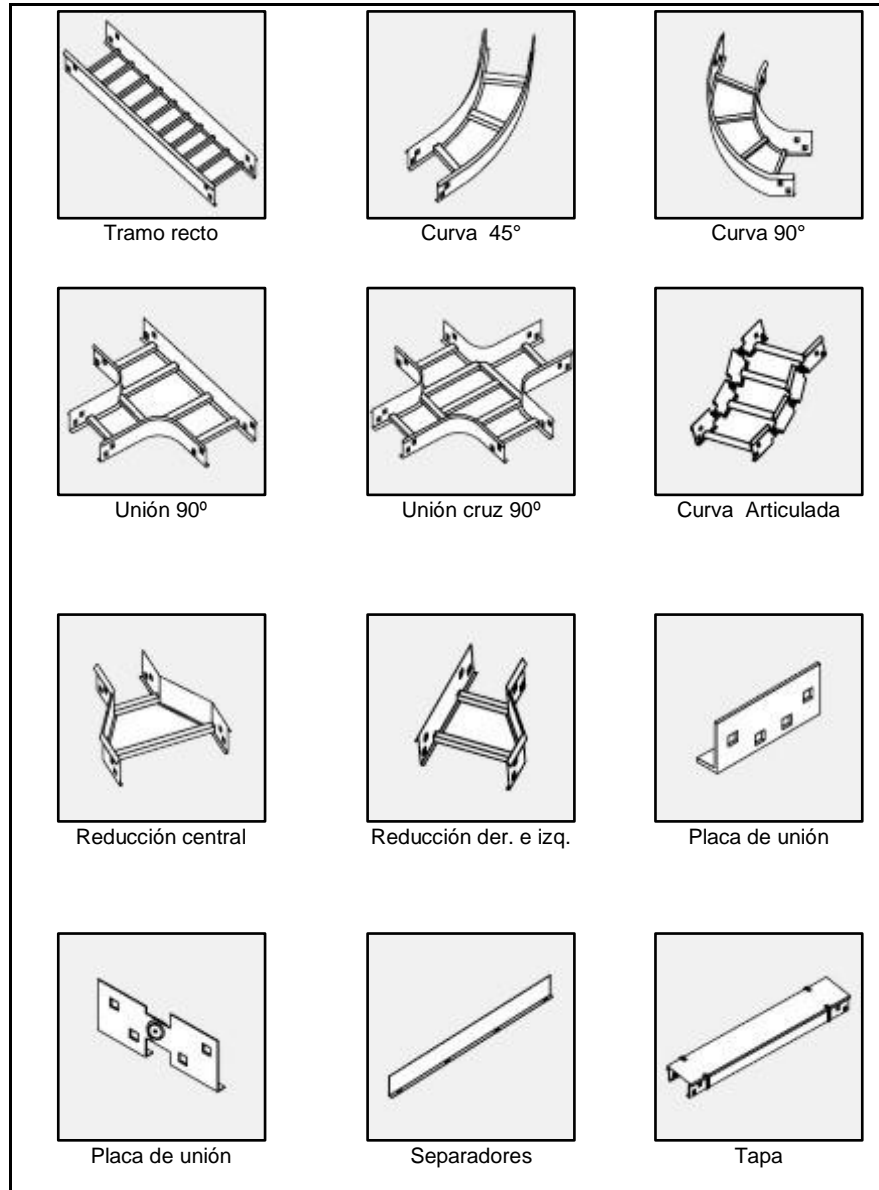
Alto del lateral: 50 mm, 80 mm, 100 mm, 150 mm

- Tipos de soportes



**Figura 04.** Tipos de soportes de bandejas metálicas porta cables

● Accesorios de instalación



**Figura 05.** Tipos de Accesorios de bandejas portacables

2.2.6.2. Tubería conduit

Los tubos conduit están diseñados para proteger cables eléctricos en instalaciones industriales. Existen tres tipos de tubería conduit:

- Tubería conduit EMT (Electrical Metallic Tubing)

Estos están diseñados para protección de cables eléctricos en instalaciones industriales y comerciales

**Tabla 01**

*Dimensiones normalizadas de tubería conduit EMT*

Diámetro Nominal (NPS)	Diámetro Exterior (Pulg.)	Espesor Pared (Pulg.)	Peso Mínimo (kg)
3/4"	0.922"	0.049"	1.97
1"	1.163"	0.057"	2.90
1-1/4"	1.510"	0.065"	4.31
1-1/2"	1.740"	0.065"	4.99
2"	2.197"	0.065"	6.35
3"	3.500"	0.072"	11.34
4"	4.500"	0.083"	16.78

Fuente : Promotores Eléctricos S.A.

- Tubería conduit IMC (Intermediate. Metal Conduit)

Estos están diseñados para protección de cables eléctricos en instalaciones industriales en áreas clasificadas de alto riesgo.

**Tabla 02**

*Dimensiones normalizadas de tubería conduit IMC*

Diámetro Nominal (NPS)	Diámetro Exterior Mín (Pulg.)	Espesor Pared Min (Pulg.)	Peso Mínimo (kg)
1/2"	0.810"	0.070	2.641
3/4"	1.024"	0.075	3.612
1"	1.285"	0.085	5.134
1-1/4"	1.630"	0.085	6.616
1-1/2"	1.875"	0.095	8.070
2"	2.352"	0.140	10.739
2 1/2"	2.847"	0.140	18.670
3"	3.466"	0.140	22.923
4"	4.456"	0.140	29.677

Fuente : Promotores Eléctricos S.A.

- Tubería conduit Flexible

Ofrece protección al momento de hacer una instalación en sistemas de bombas, ventiladores industriales, molinos y cintas transportadoras. Provee una alta resistencia a la hermeticidad con los conectores adecuados.

**Tabla 03**

*Dimensiones normalizadas de tubería conduit flexible*

Diámetro	Diámetro Interno Min/Max (mm)	Diámetro Externo Min/Max (mm)	Radio de Curvatura Min (mm)
3/8"	12.3/12.8	17.5/18.0	50
1/2"	15.8/16.3	20.8/21.3	65
3/4"	20.7/21.2	26.2/26.7	75
1"	26.4/26.8	32.7/33.4	100
1-1/4"	35.05/35.4	41.4/42.2	120
1-1/2"	40.1/40.6	47.4/48.3	140
2"	61.3/51.9	59.4/60.3	180
2-1/2"	63.0/63.6	72.1/73.0	240
3"	78.0/78.8	87.9/88.9	300
4"	101.6/102.6	113.2/114.3	350

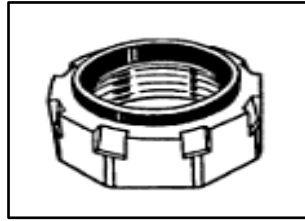
Fuente : Manufacturas electricas S.A.

- Tipos de Accesorios para tubería conduit

- Conectores rectos

Su función es facilitar la conexión entre tubería conduit y caja condulet y garantizar la hermeticidad de la instalación.

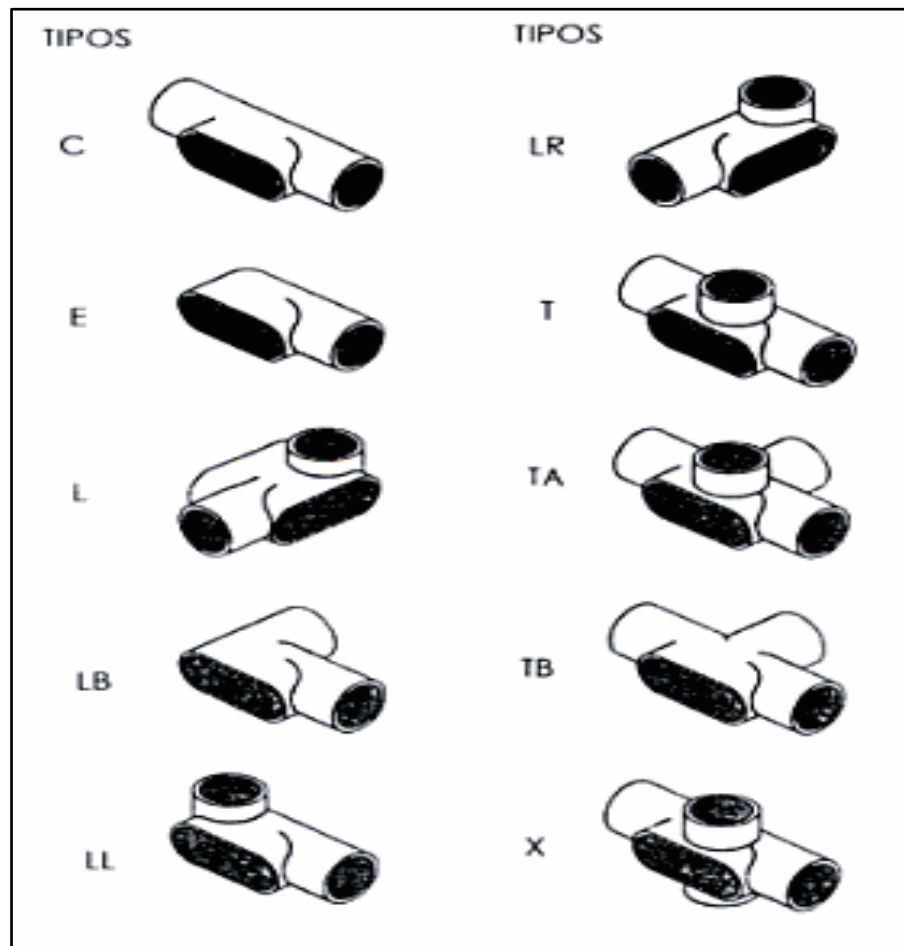




**Figura 06.** Conector recto de tubería conduit

-Cajas conduit

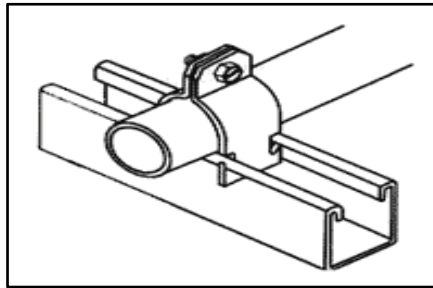
Proporcionan acceso a la canalización a través de una cubierta. Se seleccionan de acuerdo al dimensionamiento de la ruta trazada.



**Figura 07.** Tipos de cajas conduit

-Soportes de tubería conduit

Se utilizan para fijar la tubería conduit, se colocan cada 2.4 metros, el principio de fabricación es en función:



**Figura 08** .Soporte de tubería conduit

-Abrazaderas unistrut:

Permite la fijación de los 3 tipos de tubería conduit.

**Tabla 04**  
*Catálogo de abrazaderas unistrut*

Tamaño del conduit	Tamaño de diámetro exterior		Espesor		Peso por cien	
	Pulg	Pulg	mm	Gage	mm	lbs
3/8	0.675	17.1	16	1.5	10	4.5
1/2	0.840	21.3	16	1.5	11	5.0
3/4	1.050	26.7	14	1.9	15	6.8
1	1.315	33.4	14	1.9	17	7.7
1 1/4	1.660	42.2	14	1.9	19	8.6
1 1/2	1.900	48.3	12	2.7	29	13.2
2	2.375	60.3	12	2.7	34	15.4
2 1/2	2.875	73.0	12	2.7	40	18.1
3	3.500	88.9	12	2.7	47	21.3
3 1/2	4.000	101.6	11	3	62	28.1
4	4.500	114.3	11	3	67	30.4
5	5.563	141.3	11	3	80	36.3
6	6.625	168.3	10	3.4	102	46.3
8	8.625	219.1	10	3.4	130	59.0

Fuente : Manufacturas eléctricas S.A.

## 2.2.7. Normatividad de instalaciones eléctricas según código nacional de electricidad (CNE) utilización (2006)

### 2.2.7.1. Color de conductores (sección 030-036)

- Los conductores con aislamiento para tierra a tierra deben:
  - Tener un acabado externo continuo, ya sea verde o verde con una o más franjas amarillas.
  
- Cuando se requiera emplear un código de colores para los conductores de un circuito, debe emplearse el siguiente código para circuitos trifásicos:
  - 1 conductor rojo (para fase A o fase R)
  - 1 conductor negro (para fase B o fase S)
  - 1 conductor azul (para fase C o fase T)
  - 1 conductor blanco o gris natural (cuando se requiera conductor neutro)

### 2.2.7.2. Caída de Tensión (sección 050-102)

- Los conductores de los alimentadores y circuitos derivados deben ser dimensionados para:
  - La caída de tensión no sea mayor del 2,5%.

-La caída de tensión total máxima en el alimentador y los circuitos derivados hasta la salida o punto de utilización más alejado, no exceda del 4%.

### 2.2.7.3. Dimensionamiento del conductor de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna (sección 060-812)

La sección del conductor de puesta a tierra debe ser:

- No menor que aquella dada en la tabla 05 (Tabla 17 del CNE) para un sistema de corriente alterna o para un conductor común de puesta a tierra.

**Tabla 05**

*Conductores de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna*

Capacidad de conducción del Conductor de acometida de mayor sección o el equivalente para conductores múltiples (A)	Sección del conductor de cobre de puesta a tierra (mm <sup>2</sup> )
100 o menos	10
101 a 125	16
126 a 165	25
166 a 200	25
201 a 260	35
261 a 355	50
356 a 475	70
Sobre 475	95

Fuente: Código Nacional de Electricidad (Tabla 17)

- No menor que aquella dada en la Tabla 02 (Tabla 17 del CNE), aplicable a una canalización de acometida, a la cubierta metálica o

armadura del cable de acometida y al equipo de conexión, donde el sistema de corriente alterna no está puesto a tierra en el lugar.

**Tabla 06**

*Conductores de puesta a tierra para canalizaciones*

Capacidad de conducción del conductor de mayor sección de la acometida o el equivalente para conductores múltiples que no excedan [A]	Dimensión del conductor de puesta a tierra		
	Sección cobre (mm <sup>2</sup> )	Diámetro de la tubería metálica pesada (mm)	Diámetro de la tubería metálica liviana (mm)
60	10	20	25
100	10	25	35
200	16	35	40
400	25	65	65
600	50	80	105
800	50	105	105
sobre 800	70	155	-

Fuente: Código Nacional de Electricidad (Tabla 18)

#### 2.2.7.4. Utilización de bandejas para cables (sección 070-1402)

- El uso de tuberías eléctricas metálicas en tendidos visibles o no deben ser usadas:
  - En donde puedan estar expuestas a daños mecánicos ya sea durante su instalación como después de ella.
  - En cualquier lugar peligroso.
  - En donde estén expuestas a vapores corrosivos.
  - En lugares mojados.
  - En instalaciones directamente enterradas

#### 2.2.7.5. Soportes de bandejas para cables (sección 070-1404)

- Las tuberías eléctricas metálicas deben ser instaladas como un sistema completo, y deben ser firmemente aseguradas en su lugar a distancias no mayores de 1 m de cada caja de salida, caja de paso, tablero, derivación o unión.

#### 2.2.7.6. Mínimo tamaño de Tuberías para cables (sección 070-1406)

- El diámetro interior de las tuberías eléctricas metálicas no debe ser menor que el correspondiente a una tubería de 15 mm de diámetro nominal.

#### 2.2.7.7. Conexiones y acoplamientos tuberías (sección 070-1410)

En donde se requiera acoplar tramos de tuberías eléctricas metálicas o conectarlas a cajas, uniones o tableros, los acopladores deben ser:

- Del tipo impermeable al agua, para instalaciones a la intemperie
- Del tipo estándar, impermeable al concreto o impermeable al agua, para instalaciones en lugares ordinarios, o empotrados bajo tarrajeo con yeso o cemento, o en bloques de pared de mampostería.

#### 2.2.7.8. Radio de Curvatura en las Tuberías (sección 070-1412)

- Las curvas en una tubería metálica deben ser realizadas de manera de no causarle daño a la tubería ni reducir su diámetro interno.

### 2.2.7.9. Conductores en Conductos (070-1014)

- El máximo número de conductores de la misma sección permitido dentro de un conducto, debe ser determinado a partir de la Tabla 06 para los tipos de conductores ahí listados.

**Tabla 07**  
*Dimensión de tubería pesada o liviana*

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Dimensión de la tubería pesada o liviana												
	15 (mm)	20 (mm)	25 (mm)	35 (mm)	40 (mm)	55 (mm)	65 (mm)	80 (mm)	90 (mm)	105 (mm)	115 (mm)	130 (mm)	155 (mm)
2.5	8	15	25	43	59	139	200	200	200	200	200	200	200
4	6	11	19	33	45	106	164	200	200	200	200	200	200
6	5	8	14	24	33	78	121	162	162	200	200	200	200
10	2	4	7	13	18	43	67	90	90	116	146	183	200
16	1	2	4	8	11	26	40	54	54	70	88	110	159
25	12	1	3	6	8	19	30	40	40	52	65	82	118
35	1	1	2	4	6	14	22	29	29	38	47	60	86
50		1	1	3	4	10	15	20	20	26	33	42	60
70		1	1	1	3	7	11	15	15	19	24	30	43
95			1	1	2	6	9	12	12	16	20	25	37
120			1	1	1	5	8	10	10	13	17	21	31
150			1	1	1	4	6	8	8	11	13	17	25
185				1	1	1	5	6	6	8	10	13	19
240				1	1	1	4	6	6	7	9	12	17
500				1	1	1	3	53	5	6	8	10	14
750						1	1	3	3	4	5	6	9
1000						1	1	2	2	3	4	5	7

Fuente: Código Nacional de Electricidad (Tabla 06)

### 2.2.7.10. Métodos de Instalación (sección 070-2202)

- Las bandejas para cables deben ser instaladas como un sistema completo, utilizando accesorios u otros medios.

- La máxima carga de diseño y la separación entre los elementos de soporte de las bandejas no deben exceder los valores especificados en la tabla 08 (Tabla 42 del CNE).

**Tabla 08**

*Carga de diseño según la separación de soportes*

Clase de bandeja	Carga de diseño según la separación de soportes en ( kg/m)						
	Separación de soportes						
	1.5m	2 m	2.5 m	3 m	4 m	5 m	6 m
A	99	621	45	37			
C1	259	164	119	97			
D1				179	133	82	67
E				299	189	137	112

Fuente: Código Nacional de Electricidad (Tabla 42)

- Las bandejas para cables no deben atravesar paredes y deben estar separadas 150 mm entre ellas.

#### 2.2.7.11. Uniones y empalmes en bandejas portacables (sección 070-2206)

Cuando se efectúen uniones y empalmes en los alimentadores o circuitos derivados dentro de una bandeja para cables, tales conexiones deben estar aisladas y ser accesibles.

#### 2.2.7.12. Provisiones para Enlaces Equipotenciales (sección 070-2210)

- Cuando los soportes metálicos de una bandeja para cables, se fijan mediante pernos que queden en contacto con la estructura metálica de la edificación, se considera que la bandeja está conectada a tierra.



- Cuando no se cumpla la condición de la subregla anterior, la bandeja de cables metálica debe ser adecuadamente enlazada a intervalos que no excedan los 15 m, y la dimensión del conductor para el enlace equipotencial debe ser calculada en base a la capacidad del dispositivo de sobrecorriente del circuito contenido en la bandeja, de acuerdo a los requerimientos de la Regla 060-814

#### 2.2.7.13. Enlaces a tierra (sección 060-814)

- Cuando se permite utilizar la cubierta metálica de un cable o la canalización metálica de un circuito, como conductor de enlace equipotencial de los equipos, es importante tener en consideración que éstos deben tener la sección adecuada para este propósito.

**Tabla 09**

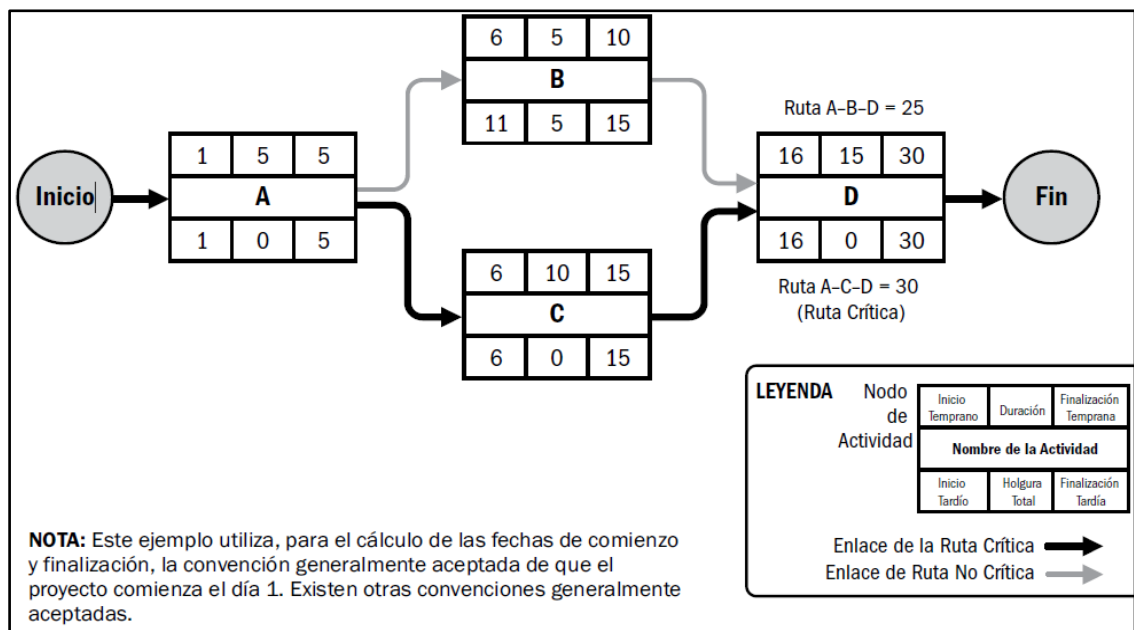
*Sección de conductores para enlaces equipotenciales de canalizaciones*

Máxima capacidad o ajuste de dispositivos de sobrecorriente de los circuitos protegidos (A)	Mínima sección del conductor requerido (mm <sup>2</sup> )
20	2.5
30	4
40	6
60	6
100	10
200	16
300	25
400	25
500	35
600	50
800	50
1000	70
1200	95
1600	120
2000	150
2500	185

Fuente: Código Nacional de Electricidad (Tabla 16)

### 2.2.8. Método de la ruta crítica (CPM)

El método de la ruta crítica se utiliza para estimar la duración mínima del proyecto y determinar el nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos dentro del cronograma. Esta técnica de análisis de la red del cronograma calcula las fechas de inicio y finalización, tempranas y tardías, para todas las actividades, sin tener en cuenta las limitaciones de recursos, y realiza un análisis que recorre hacia adelante y hacia atrás toda la red del cronograma como muestra el Figura 6. (Project Management Institute, 2013, Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos p. 175)



**Figura 09.** Ejemplo de ruta crítica

Leyenda:

- Duración = Tiempo esperado (PERT)
- Inicio temprano del primer nodo = 0
- Finalización temprana = Inicio temprano + Duración

- Inicio temprano a partir del segundo nodo = finalización temprana del nodo anterior

- Finalización tardía del último nodo = finalización temprana del último nodo

- Inicio tardío = Finalización tardía – duración

- Holgura = inicio tardío – inicio temprano = Finalización tardía - finalización temprana

En este ejemplo el camino más largo incluye las actividades A, C y D, y por lo tanto la secuencia A-C-D constituye la ruta crítica. La ruta crítica es la secuencia de actividades que representa el camino más largo a través de un proyecto y determina la menor duración posible del mismo. Las fechas de inicio y fin tempranas y tardías resultantes no constituyen necesariamente el cronograma del proyecto, sino que más bien indican los períodos dentro de los cuales se podrían llevar a cabo las actividades, teniendo en cuenta los parámetros introducidos en el modelo de programación para duraciones de las actividades, relaciones lógicas, adelantos, retrasos y otras restricciones conocidas.

#### 2.2.6. Estimación por Tres Valores (PERT)

El método PERT utiliza tres estimaciones para definir un rango aproximado de duración de una actividad:

- Más probable ( $tM$ ). Esta estimación se basa en la duración de la actividad, en función de los recursos que probablemente le sean asignados, de su productividad, de las expectativas realistas de disponibilidad para la actividad.

- Optimista ( $tO$ ). Estima la duración de la actividad sobre la base del análisis del mejor escenario posible para esa actividad.

- Pesimista ( $tP$ ). Estima la duración de la actividad sobre la base del análisis del peor escenario posible para esa actividad.

Se puede calcular la duración esperada,  $tE$ , mediante el uso de una fórmula, en función de la distribución asumida de los valores dentro del rango de las tres estimaciones. La fórmula es la siguiente:

$$tE = (tO + 4tM + tP) / 6 \dots\dots\dots(1)$$

### 2.3. Marco conceptual

Bandeja de cables: Canalización que consiste en planchas unidas entre sí, construida de tal forma que cuando ha sido completamente instalada, los conductores y cables aislados pueden ser fácilmente instalados .

Capacidad de corriente: La corriente que un conductor puede llevar en forma continua bajo las condiciones de utilización, sin exceder su temperatura nominal.

Cable NYY: Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra.

Cable apantallado: El apantallamiento se utiliza para reducir los efectos de las interferencias electromagnéticas o ruido eléctrico, que pueden deteriorar las prestaciones de transmisión en algunos ambientes.

Cable termopar: Para medición de temperaturas en procesos de fabricación controlados mediante termopares. Los compuestos de aislamiento y cubiertas deberán ser elegidos con relación a la mayor temperatura ambiente posible alrededor de la conexión del termopar.

Circuito de control: Circuito que lleva señales eléctricas que dan mando a los dispositivos de control, pero no lleva la corriente o potencia que el dispositivo controla.

Conductor: Alambre, cable u otra forma de metal, instalado con la finalidad de transportar corriente eléctrica desde una pieza o equipo eléctrico hacia otro o hacia tierra.

Conductor de puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar el equipo de conexión o el sistema, al electrodo de puesta a tierra.

Conductor de enlace equipotencial: Conductor que conecta las partes metálicas no conductoras de corriente de los equipos eléctricos, de las canalizaciones y de las cajas, con el conductor de tierra del sistema.

Contactador: Componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de control.

Cortadora: Al final de la línea, una cuchilla corta la placa endurecida en varias longitudes.

Drywall: El termino drywall se refiere a una plancha de yeso utilizada en la construcción techos y paredes.

Electroválvula: Una electroválvula es la combinación de dos partes fundamentales, un solenoide (bobina) y un cuerpo de válvula con 2 o 3 vías que sirve para abrir o cerrar el paso de un fluido a través de una señal eléctrica.

Enlace equipotencial: Conexión de baja impedancia permanente de partes metálicas normalmente no energizadas, para formar una vía eléctricamente conductiva que asegure continuidad eléctrica y descargue cualquier corriente que sea aplicada.

Etapas de mezclado: En el mezclador, se añade agua de nuevo al estuco para formar una pasta, y a esta se le añade espuma para lograr un yeso más ligero.

Etapa de formación: La línea de formación comienza con dos grandes rollos de papel. La suspensión se vierte sobre la lámina inferior de papel y esta es cubierta inmediatamente por otra lámina de revestimiento desde el otro rollo. Este proceso atraviesa un par placas o rodillos que determinan el espesor de la placa.

Faja transportadora: La plancha de yeso pasa por una faja de transportadora. Durante este viaje, el agua rehidrata el estuco, haciendo que se endurezca.

Guardamotors: El guardamotor es un dispositivo que permite reunir todas las necesidades de un arranque directo en un solo aparato.

Horno de secado: En este horno se completa el proceso de secado, dejando la placa de yeso prácticamente libre de humedad.

Instalación eléctrica: Instalación de alambrado y accesorios en un terreno, edificación o predio, desde el punto o puntos donde el concesionario u otra entidad suministra la energía eléctrica hasta los puntos donde esta energía pueda ser utilizada por algún equipo.

Interruptor automático de disparo instantáneo: Interruptor automático diseñado para abrir solamente bajo condiciones de cortocircuito.

Máquinas herramientas de corte de metal: Dispositivos de accionamiento mecánico, no portátiles, utilizados con la finalidad de quitar o eliminar metales en forma de viruta.

Máquinas herramientas para trabajar metales: Dispositivos de accionamiento mecánico, no portátiles, utilizados para prensar, forjar, estampar, martillar, perforar o cortar metales.

Mecanismo de elevación: Maquinaria y equipos utilizados para la elevación y descenso de la cabina o plataforma del ascensor.

Materias primas: En las canteras o minas se extrae yeso de alta calidad y es transportado por buques de carga, ferrocarril o camión.

Megóhmetro: Los megóhmetros son un tipo especial de ohmímetros que se emplean para medir resistencias muy altas.

Metodología: Un sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y normas utilizado por quienes trabajan en una disciplina.

Método Lean: se aplica principalmente en empresas tecnológicas con una gran capacidad de crecimiento en poco tiempo, y sus dos premisas principales es el desarrollo de la empresa, basado en la reducción al máximo de los costes.

Método de la ruta crítica (CPM): Un método utilizado para estimar la mínima duración del proyecto y determinar el nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos dentro del cronograma.

Mesa de transferencia: Las placas ya cortadas se voltean y luego se introducen en el horno de secado.



Programador lógico programable (PLC): El PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales que se ejecutan en un ambiente industrial.

Relé térmico: Un relé térmico está diseñado para la protección de motores contra sobrecargas, fallo de alguna fase y diferencias de carga entre fases.

Rotulador y apilador de placas: Las placas de yeso son recortadas en medidas exactamente iguales y rotuladas. Después son embaladas de dos en dos con las partes frontales frente a frente para protegerlas y así se apilan para su traslado al almacén para ser enviadas a los distribuidores.

Sensor de nivel: Es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente.

Sensor de proximidad inductivo: Son sensores estándar para la detección de metales y se utilizan ampliamente en aplicaciones de automoción y robótica.

Sensor térmico pt100: Son un tipo específico de sensor rtd (detector de temperatura por resistencia). La característica más importante de los elementos pt100 es que están fabricados con platino con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °c y es con diferencia el tipo más común de sensor rtd.

Selectores: El selector es un conmutador con dos o más posiciones estables, en las que permanece tras su accionamiento. Los selectores son similares a

los interruptores y conmutadores en cuanto a funcionamiento, aunque para su actuación suelen llevar un botón, palanca o llave giratoria.

Sistema de molienda: La función del proceso de molienda es reducir el tamaño de los trozos de yeso hasta convertirlos en un polvo extremadamente fino para obtener un mejor proceso de fraguado.

Sistema de calcinación: El yeso en polvo se calienta en grandes hornos para eliminar la mayor parte del agua presente.

Silo de Almacenamiento: Se alimenta el yeso calcinado, llamado estuco, desde un silo de almacenamiento a la mezcladora mediante un tornillo de transferencia.

Tablero de distribución o de control: Conjunto de paneles de gran tamaño, en el que se montan, por delante o por la parte posterior, o por ambos, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección.

Técnica de revisión y evaluación de programas (PERT): Una técnica de estimación que aplica un promedio ponderado de estimaciones optimistas, pesimistas y más probables.

Trituradora: Las grandes rocas se trituran en trozos pequeños. En algunas plantas, la roca triturada se somete a un proceso de secado superficial antes de ir al proceso de molienda.

Trituración es el nombre de los diferentes métodos de procesamiento de materiales. El triturado es también el nombre del proceso para reducir el tamaño de las partículas de una sustancia por la molienda.

Tornillo de transferencia: Este tornillo es el encargado de realizar el transporte de las materias sólidas, este tornillo puede adoptar diferentes formas dependiendo de una serie de factores. Teniendo en cuenta una serie de variantes como son el diámetro, paso, material, etc.

Tubería eléctrica metálica: Tubería de metal que tiene sección transversal circular en la que se tienden conductores y que tiene paredes más delgadas que el conducto metálico rígido y un diámetro exterior diferente que el conducto rígido.

Variadores de C.A.: Un variador de C.A. es un dispositivo utilizado para controlar la velocidad de rotación de un motor de C.A. o de inducción. Este tipo de motores también se conocen como motores asíncronos o en jaula de ardilla

## **CAPÍTULO III:**

### **DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA**

#### 3.1. Metodología propuesta

La metodología propuesta para la instalación eléctrica segura y garantizada del sistema de molienda del acelerador de fraguado en una planta productora de drywall en Lima.

Cada fase se subdivide en las siguientes tareas:

##### 3.1.1. Fase de planificación

3.1.1.1. Recepción de ingeniería base

3.1.1.2. Metrado

3.1.1.3. Dimensionamiento y selección de materiales

- Dimensionamiento y selección de conductores eléctricos
  - Capacidad de transporte de corriente de los conductores principales
    - Cálculo de corriente nominal del conductor
    - Cálculo de máxima demanda
    - Cálculo de corriente nominal total
    - Corriente de diseño para conductores eléctricos
    - Selección del conductor
    - Verificación de conductor
  - Capacidad de transporte de corriente de conductores de los motores
    - Cálculo de corriente nominal del conductor
    - Corriente de diseño para conductores eléctricos
    - Selección del conductor
    - Cálculo de corriente de arranque
    - Verificación de conductor
  - Selección de conductores de control e instrumentación
- Selección de conductor a tierra
- Selección de equipos de canalización
  - Metrado de Tuberías
  - Selección de accesorios de tuberías conduit
  - Selección de bandejas
  - Criterios de selección

- Aterramiento de bandeja

#### 3.1.1.4. Logística de materiales

- Criterios de selección de proveedores

- Precio
- Calidad
- Pago
- Entrega
- Servicio de post venta

- Presupuesto detallado

#### 3.1.2. Fase de ejecución.

##### 3.1.2.1. Megado de motores y cables.

- Procedimiento de megado de motores eléctricos.
- Procedimiento megado de cables de fuerza y control.

##### 3.1.2.2. Montaje de tablero autosoportado

- Procedimiento de montaje de tablero autosoportado

##### 3.1.2.3. Montaje de soportes y bandejas metálicas porta cables

- Procedimiento de montaje de bandejas portacables

##### 3.1.2.4. Montaje de tubería conduit

- Procedimiento de habilitación de tuberías
- Procedimientos de instalación de tubería conduit

##### 3.1.2.5. Montaje de selectores

- Procedimientos de montaje de selectores

##### 3.1.2.6. Tendido de cables

- Procedimientos de tendido de cables

#### 3.1.2.7. Conexionado de motores eléctricos

#### 3.1.2.8. Conexionado de instrumentos

- Sensor de temperatura pt100
- Electroválvula
- Sensor de proximidad inductivo
- Sensor de nivel tipo sonda

#### 3.1.2.9. Conexionado de tablero autosoportado

- Procedimientos de conexionado de tablero autosoportado

#### 3.1.3. Fase de entrega

##### 3.1.3.1. Pruebas de funcionamiento

- Prueba de continuidad

##### 3.1.3.2. Informe final

- Cuadro resumen
- Protocolo de megado

#### 3.1.1. Fase de planificación

Los esfuerzos que se realizan a fin de cumplir objetivos y hacer realidad diversos propósitos se enmarcan dentro de una planificación. Este proceso exige respetar una serie de pasos que se fijan en un primer momento, para lo cual aquellos que elaboran una planificación emplean diferentes herramientas y expresiones.

#### 3.1.1.1. Recepción de ingeniería base

El proyecto es elaborado por empresas extranjeras según requerimientos de la empresa que solicita el servicio (instalación de sistema de molienda para acelerador de fraguado), el contenido es evaluado por el cliente para posteriormente ser aprobado y adquirido.

#### 3.1.1.2. Metrado

En todo proyecto se necesita cuantificar con una muy buena aproximación, la extensión del trabajo y por ende, el recurso a utilizar (mano de obra, materiales, herramientas), una forma de hacerlo es a través del metrado.

Para la ejecución del metrado es necesario contar con los planos del proyecto, en donde están representados los recorridos de los conductores y de sus canalizaciones (bandejas y tuberías) de acuerdo al espacio físico de la planta.

- Dimensionamiento y selección de materiales

- Capacidad de transporte de corriente de los conductores principales

Elaborar un cuadro de cargas con la información de los motores eléctricos recibidos en la recibida ver modelo de cuadro de cargas anexo 01 p.83 y aplicar los siguientes cálculos en su respectivo orden.



- Calculo de corriente nominal del conductor

$$I_{nom} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times F.P.} \dots\dots\dots (2)$$

$I_{nom}$  = Corriente nominal (amperios).

P = Potencia activa (kilowatts).

F.P.= Factor de potencia.

V=Tensión nominal (voltios)

- Calculo de máxima demanda

$$M.D. = F.D. \times P_{inst} \dots\dots\dots (3)$$

M.D.=Máxima demanda.

F.D.=Factor de demanda

$P_{inst}$  = Potencia instalada.

- Calculo de corriente nominal total

$$I_{nom} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times F.P.} \dots\dots\dots (4)$$

$I_{total}$  = Corriente nominal (amperios)

$P_{total}$  = Potencia activa (kilowatts)

V=Tensión nominal (voltios)

F.P.T.= Factor de potencia total

$$F. P. T. = \frac{\sum F.P.}{\text{número de factores sumados}} \dots\dots\dots (5)$$

- Corriente de diseño para conductores eléctricos

$$I_{dis} = 1.25 \times I_{nom} \dots \dots \dots (6)$$

$I_{dis}$  = Corriente de diseño (amperios)

$I_{nom}$  = Corriente nominal (amperios)

- Selección del conductor

Se busca en el catálogo un conductor que cumpla con la corriente de diseño y tener en cuenta el color de los conductores según CNE sección 030-036.

**Tabla 10**  
*Catálogo de conductores eléctrico NYY unipolares*

Sección N° x mm <sup>2</sup>	N° hilos	Espesores		Diámetro previsto	Peso (kg/km)	Capacidad de corriente (*)		
		Aislamiento	Cubierta			Enterrado	Aire	Ducto
1 x 1,5	1	0.8	1.4	5.8	50	29	22	23
1 x 2,5	1	0.8	1.4	6.1	62	42	32	34
1 x 4	1	1	1.4	7	86	55	43	44
1 x 6	1	1	1.4	7.5	109	72	54	58
1 x 10	1	1	1.4	8.3	154	95	74	77
1 x 16	7	1	1.4	9.8	230	127	100	102
1 x 25	7	1.2	1.4	11.5	341	163	131	132
1 x 35	7	1.2	1.4	12.6	445	195	161	157
1 x 50	19	1.4	1.4	14.3	583	230	196	186
1 x 70	19	1.4	1.6	16.5	815	282	250	222
1 x 95	19	1.6	1.6	18.7	1101	336	306	265
1 x 120	37	1.6	1.8	20.7	1368	382	356	301
1 x 150	37	1.8	1.8	22.6	1662	428	408	338
1 x 185	37	2	1.8	24.8	2057	483	470	367
1 x 240	61	2.2	2	28.2	2678	561	565	426
1 x 300	61	2.4	2	31	3316	636	646	480
1 x 400	61	2.6	2.2	34.7	4213	730	790	555
1 x 500	61	2.8	2.2	38.2	5243	823	895	567

(\*) En formación tripolar en contacto

Fuente : Nexans Indeco

**Tabla 11**  
**Catálogo de conductores eléctrico NYY tripolares y tetrapolares**

Sección N° x mm <sup>2</sup>	N° hilos	Espesores		Diámetro previsto Mm	Peso (kg/km)	Capacidad de corriente (*)		
		Aislamiento Mm	Cubierta Mm			Enterrado A	Aire A	Ducto A
4 x 1,5	1	0.8	1.8	12.3	218	26	18	21
4 x 2,5	1	0.8	1.8	13.3	277	34	24	27
4 x 4	1	1	1.8	15.4	389	44	32	35
4 x 6	1	1	1.8	16.6	493	56	41	45
4 x 10	1	1	1.8	18.5	690	75	57	60
4 x 16	7	1	1.8	22.1	1038	99	76	80
4 x 25	7	1.2	1.8	26.2	1544	128	101	103
4 x 35	7	1.2	1.8	29.3	2035	155	125	125
4 x 50	19	1.4	2	34.1	2729	184	151	149
4 x 70	19	1.4	2.2	38.4	3707	226	192	180
4 x 95	19	1.6	2.4	44.6	5078	272	232	217
4 x 120	37	1.6	2.6	48.8	6241	310	269	248
3 x 25/16	7	1.2	1.8	23.6	1354	128	101	103
3 x 35/16	7	1.2	1.8	26.1	1710	155	125	125
3 x 50/25	19	1.4	2	30.4	2335	184	151	149
3 x 70/35	19	1.4	2.2	34.9	3219	226	192	180
3 x 95/50	19	1.6	2.4	40.5	4392	272	232	217
3 x 120/70	37	1.6	2.4	44.1	5463	310	269	248
3 x 150/70	37	1.8	2.6	48.9	6551	348	309	278
3 x 185/95	37	2	2.8	54.4	8266	394	353	311
3x240/120	61	2.2	3	61.6	10671	458	415	361
3x300/150	61	2.4	3.2	68.4	13255	518	460	409

(\*) En formación tripolar en contacto

Fuente : Nexans Indeco

- Verificación de conductor

El conductor seleccionado debe cumplir:

▪ Cálculo de caída de tensión de  $I_{nominal}$

$$\% \Delta U = \frac{kv \times I_{nom} \times l \times F.P.}{V \times S} \dots \dots \dots (7)$$

S= Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

L= Distancia hasta la carga (m).

$I_{nom}$  = Corriente nominal del conductor (Amperios).

F.P. =  $\cos\theta$  = Factor de potencia del motor.

$\% \Delta U$  = Caída de tensión en porcentaje dividido entre 100.

V = Tensión nominal de la red de alimentación (Voltios).

$K_v = 0.0357$  para circuitos monofásicos.

$K_v = 0.0309$  para circuitos trifásicos.

Debe cumplir:  $\% \Delta U < 2.5 \%$  Según el CNE 050-102

- o Capacidad de transporte de corriente de los conductores para motores

La selección de un conductor se debe considerar que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente.

- Cálculo de corriente nominal del conductor

$$I_{nom} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times F.P. \times E.F.} \dots\dots\dots (8)$$

$I_{nom}$  = Corriente nominal (amperios).

P = Potencia activa (kilowatts).

F.P. = Factor de potencia.

V = Tensión nominal (voltios)

E.F. = Eficiencia

- Corriente de diseño para conductores eléctricos

Usar ecuación... (6)

- Selección del conductor

Se busca en el catálogo un conductor que cumpla con la corriente de diseño.

**Tabla 12**

*Catálogo N°1 de conductores eléctrico NYY (80°)-C FB*

Nro. Fases	Sección	Diámetro conductor	Min. Espes. Aislam.	Diam. Nom. Exterior	Peso aprox.	Amperaje aire 30°C
	Mm <sup>2</sup>	Mm	Mm	Mm	(kg/km)	A
3	10	4.29	1	16.5	491	50
4	1.5	1.52	0.8	10.5	149	14
4	2.5	1.97	0.8	11.6	199	19
4	4	2.49	1	13.8	195	26
4	6	3.05	1	15.2	387	30
5	1.5	1.52	0.8	11.4	181	14
6	2.5	1.97	0.8	13.7	287	19
7	1.5	1.52	0.8	12.3	221	12
7	2.5	1.97	0.8	13.7	304	16
7	4	2.49	1	16.4	454	22
10	2.5	1.97	0.8	17.3	434	14
12	1.5	1.52	0.8	16.1	357	10
12	2.5	1.97	0.8	17.9	494	14
19	1.5	1.52	0.8	18.8	519	9
19	2.5	1.97	0.8	20.9	724	13

Fuente : Nexans Indeco

**Tabla 13**

*Catálogo N°2 de conductores eléctrico NYY (80°)-C FB*

Nro. Fases	Sección	Diámetro conductor	Min. Espes. Aislam.	Diam. Nom. Exterior	Peso aprox.	Amperaje aire 30°C
	Mm <sup>2</sup>	Mm	Mm	Mm	(kg/km)	A
2	1.5	1.52	0.8	10.3	137	18
2	6	3.05	1.0	14.2	302	40
2	10	4.29	1.0	16.7	447	54
3	1.5	1.52	0.8	9.6	125	16
3	2.5	1.97	0.8	10.5	165	23
3	4	2.49	1.0	12.6	244	31

Fuente : Nexans Indeco

Si el sistema de accionamiento del motor tiene un variador de velocidad el cable de seleccionado debe ser apantallado ( blindado) para prevenir las interferencia electromagnéticas.

**Tabla 14***Catálogo N°1 de conductores eléctricos apantallados*

Número de conductores y sección	Diámetro Ext. Aprox.	Índice de cobre	Peso Aprox.
Mm <sup>2</sup>	Mm	(kg/km)	(kg/km)
5 G 2.5	14.6	200.0	326
7 G 2.5	15.9	288.0	444
4 G 4	15.1	237.0	403
5 G 4	16.5	328.0	478
4 G 6	16.6	318.0	521
5 G 6	18.2	441.0	624
3 G 10	18.9	414.0	690
4 G 10	21.1	558.0	743
5 G 10	23.1	714.0	1,004
3 G 16	21.7	607.0	910
4 G 16	23.9	804.0	1,164
5 G 16	26.8	1,05.0	1,812
3 G 25	26.6	936.0	1,330
4 G 25	29.4	1,289.0	1,903
5 G 25	32.6	1,446.0	2,374
3 G 35	29.4	1,258.0	1,370
4 G 35	32.4	1,693.0	2,489
5 G 35	36	1,975.0	2,771
3 G 50	35.1	1,748.0	2,590
4 G 50	38.8	2,342.0	3,362

Fuente: Lapp Cable Works

**Tabla 15***Catálogo N°2 de conductores eléctricos apantallados*

Número de conductores y sección	Diámetro exterior aprox	Índice de cobre	Peso
mm <sup>2</sup>	mm	(kg/km)	(kg/km)
2 G 0.5	7.0	41.0	75
3 G 0.5	7.3	46.0	83
4 G 0.5	7.9	55.0	99
5 G 0.5	8.4	66.0	112
7 G 0.5	8.9	80.0	132
2 G 0.75	7.4	46.0	86
3 G 0.75	7.9	57.0	100
4 G 0.75	8.4	64.0	115
5 G 0.75	8.9	77.0	130
7 G 0.75	9.7	102.0	161
2 G 1	7.9	56.0	98
3 G 1	8.2	65.0	111
4 G 1	8.7	78.0	130
5 G 1	9.5	89.0	153
7 G 1	10.2	113.0	185

Fuente: Lapp Cable Works

**Tabla 16**

*Catálogo de motores WEG*

Norma	Frecuencia	Voltaje nominal	Polos	Potencia		Ip / In	Peso	Factor de Servicio	Rotación nominal	Eficiencia (%)			Factor de Potencia			Corriente nominal
				HP	kW					50%	75%	100%	50%	75%	100%	
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	1	0.75	7.6	18.5 kg	1.25	1755 rpm	80	84	85.5	0.6	0.72	0.79	2.92/1.69/1.46 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	1.5	1.1	7.6	22.0 kg	1.25	1755 rpm	82.5	85.5	86.5	0.6	0.73	0.8	4.18/2.42/2.09 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	2	1.5	7.7	23.0 kg	1.25	1755 rpm	84	86	86.5	0.59	0.72	0.8	5.68/3.29/2.84 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	3	2.2	7.6	33.0 kg	1.25	1740 rpm	86.6	88.2	89.5	0.59	0.72	0.79	8.16/4.72/4.08 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	4	3	7.8	42.0 kg	1.25	1760 rpm	87.2	89	89.5	0.58	0.7	0.79	11.1/6.45/5.57 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	5	3.7	7.6	44.0 kg	1.25	1755 rpm	88.1	89.3	89.5	0.61	0.74	0.8	13.6/7.85/6.78 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	6	4.5	7	44.0 kg	1.25	1745 rpm	88.7	89.5	89.5	0.61	0.74	0.8	16.5/9.55/8.25 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	10	7.5	8.2	72.0 kg	1.25	1765 rpm	90.8	91.6	92	0.66	0.78	0.84	25.4/14.7/12.7 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	15	11	7	112 kg	1.25	1765 rpm	90.6	92.4	92.7	0.63	0.75	0.81	38.4/22.2/19.2 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	20	15	7.7	133 kg	1.25	1775 rpm	91.6	93.2	93.4	0.64	0.75	0.82	51.4/29.8/25.7 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	30	22	7.2	176 kg	1.25	1775 rpm	93	93.8	94	0.68	0.78	0.83	74.0/42.8/37.0 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	40	30	6.6	215 kg	1.25	1775 rpm	93.6	94.2	94.4	0.7	0.79	0.84	99.2/57.4/49.6 A
IEC	60 Hz	220/380/440V	4	50	37	6.4	243 kg	1.25	1775 rpm	94	94.5	94.6	0.7	0.8	0.84	122/70.7/61.1 A

Fuente : WEG

- Cálculo de corriente de arranque

$$I_{arr} = F.C. \times I_{nom} \dots\dots\dots (9)$$

$I_{nom}$  = Corriente nominal (amperios).

$I_{arr}$  = Corriente de arranque (amperios).

F.C. = Factor de conversión catálogo.

Para hallar la corriente de arranque vemos la tabla 16 ubicamos la potencia, RPM y número de polos y buscamos el factor  $I_p/I_{nom}$ . Ubicar factor de catálogo

$$\text{Factor de catálogo} = F.C. = \frac{I_p}{I_{nom}} \dots\dots\dots (10)$$

- Verificación de conductor

La caída de tensión debe ser < 10% entre el arrancador y el motor durante el arranque.

▪ Cálculo de caída de tensión de  $I_{nominal}$ , usar ecuación..... (7)

Debe cumplir:  $\% \Delta U < 2.5 \%$  Según el CNE 050-102

▪ Cálculo de caída de tensión de  $I_{arranque}$

$$\% \Delta U = \frac{k_v \times I_{arr} \times l \times F.P.}{V \times S} \dots\dots\dots (11)$$

S = Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ ).

L = Distancia hasta la carga (m).



$I_{arr}$  = Corriente de arranque del conductor (Amperios).

F.P. =  $\cos\theta$  = Factor de potencia del motor.

$\% \Delta U$  = Caída de tensión en porcentaje dividido entre 100.

V = Tensión nominal de la red de alimentación (Voltios).

$K_v = 0.0357$  para circuitos monofásicos.

$K_v = 0.0309$  para circuitos trifásicos.

El conductor seleccionado debe cumplir:  $\% \Delta U < 10 \%$

- Selección de conductores de control e instrumentación

Las secciones de los cables de entradas y salidas del PLC y están normalizadas de acuerdo a su manual de instrucciones, de esta manera para el cableado de sensores, contactores, pulsadores de emergencia y relés se utilizarán cables de sección 1,5 mm<sup>2</sup>. En el caso de sensores de temperatura para estos casos se usa cables termopar.

**Tabla 17**  
*Conductores Termopar*

Temopar	Tipo DIN / IEC	Número de conductores y sección	Dimensiones exteriores aprox	Peso aprox.
		mm <sup>2</sup>	mm	
Cables prolongadores y cables de compensación con 0.5 mm <sup>2</sup> , respectivamente				
Fe/CuNi	DIN	2 x 0.5	5.4	45
Fe/CuNi	IEC	3 x 0.5	5.4	45
NiCr/Ni	DIN	4 x 0.5	5.4	45
NiCr/Ni	IEC	5 x 0.5	5.4	45
Fe/CuNi	DIN	6 x 0.5	6.4 x 4.4	51
Fe/CuNi	IEC	7 x 0.5	6.4 x 4.5	51
NiCr/Ni	DIN	8 x 0.5	6.4 x 4.6	51
NiCr/Ni	IEC	9 x 0.5	6.4 x 4.7	51

Fuente: Lapp Cable Works

- Selección de conductor a tierra

Tener en cuenta CNE 060-812, se selecciona a partir de las siguientes tablas 05 y 06 según la corriente de diseño.

- Selección de equipos de canalización

- Selección de tuberías conduit

Se calcula a partir de la tabla 07 según la sección y número de conductores seleccionados. Tener en cuenta CNE 070-1406.

- Metrado de Tuberías

Las tuberías Conduit serán utilizadas para la instalación de los conductores, entre las bandejas y los equipos.

- Selección de accesorios de tuberías Conduit

El criterio de selección es de acuerdo al espacio físico de la planta, dimensionamiento de tuberías y ruta trazada del proyecto, para un mayor alcance de los tipos de tuberías, accesorios y soportes revisar Tubería conduit marco teórico p.11-16.

- Selección de bandejas

Tener en cuenta las normas del CNE 070-1402, 070-1404,070-1406,070-1410,070-1412

- Criterios de selección

Se debe cumplir que la suma de los diámetros de todos los cables a ser instalados no debe superar el ancho de la bandeja y los mismos estarán dispuestos en una sola capa (ver cuadro anexo 02 p. 80). Para mayor precisión recomienda utilizar las tablas 14-15 y 17 de características dimensionales de los cables a ser instalados.

Para evitar problemas de interferencia de señales, los conductores de fuerza y control van por canalizaciones separadas. La separación entre bandejas es de 150 mm según CNE 070-2202.

- Aterramiento de bandeja

El sistema de bandejas deberá ser conectado al sistema de conexión a tierra de la instalación. Teniéndose en cuenta el CNE 060-814 y la tabla 09.

#### 3.1.1.4. Logística de materiales

- Criterios de selección de proveedores

Lo primero que se fija una empresa al momento de evaluar un proveedor es el precio y la calidad de sus productos o servicios; sin embargo, existen otros criterios o factores además del precio y la calidad, que se deben tomar en cuenta al momento de decidirse por un determinado proveedor. Los cuáles son:

- Precio

Ubicar proveedores con precios razonables, que sean acordes a la calidad del producto o servicio que ofrecen.

- Calidad

Para evaluar la calidad del producto, se debe tomar en cuenta los materiales o componentes del producto, sus características, sus atributos, su durabilidad, etc.

- Pago

Se debe evaluar las formas de pago que ofrece el proveedor. Evaluar las condiciones o el plazo del pago.

- Entrega

Se evalúa la oportunidad de entrega y también se evalúa la rapidez o los plazos de entrega.

- Servicio de post venta

Se evalúa principalmente las garantías que el proveedor pueda brindar, qué garantías otorga y cuál es el periodo de éstas.

- Presupuesto detallado

Se entiende por presupuesto detallado, a la presentación ordenada y desglosada. Mediante una planilla que contiene todos los trabajos que sean

necesarios para la ejecución de la obra, los que se calculan y evalúan sobre la base del proyecto.

### 3.1.2. Fase de ejecución.

#### 3.1.2.1. Megado de motores y cables.

- Procedimiento de Megado de motores eléctricos.

Revisar el Anexo 06 Instructivo 02 p.84.

- Procedimiento megado de cables de fuerza y control.

Revisar el Anexo 07 Instructivo 03 p.85.

Revisar el Anexo 08 Instructivo 04. p.86.

#### 3.1.2.2. Montaje de tableros autosoportado

- Procedimiento de montaje de tableros autosoportado

Revisar el Anexo 09 Instructivo 05 p.87.

#### 3.1.2.3. Montaje de soportes y bandejas metálicas porta cables

- Procedimiento de montaje de bandejas portacables

Revisar el Anexo 10 Instructivo 06 p.88.

#### 3.1.2.4. Montaje de tubería conduit

- Procedimiento de habilitación de tuberías

Revisar el Anexo 11 Instructivo 07 p. 89.

- Procedimientos de instalación de tubería conduit

Revisar el Anexo 12 Instructivo 08 p. 90.

#### 3.1.2.5. Montaje de selectores de fuerza y control

- Procedimientos de montaje de selectores

Revisar el Anexo 13 Instructivo 09 p.91.

#### 3.1.2.6. Tendido de cables

- Procedimientos de Tendido de cables

Revisar el Anexo 15 Instructivo 10 p.93.

#### 3.1.2.7. Conexión de motores eléctricos

Al efectuar la conexión de los motores se debe prestar especial atención a los cables suministrados en la caja de conexiones. Las tuercas de los tornillos se han de apretar firmemente sin hacer uso de fuerza.

El tipo de conexión deber ser de acuerdo a la tensión de funcionamiento mostrada en el siguiente cuadro.

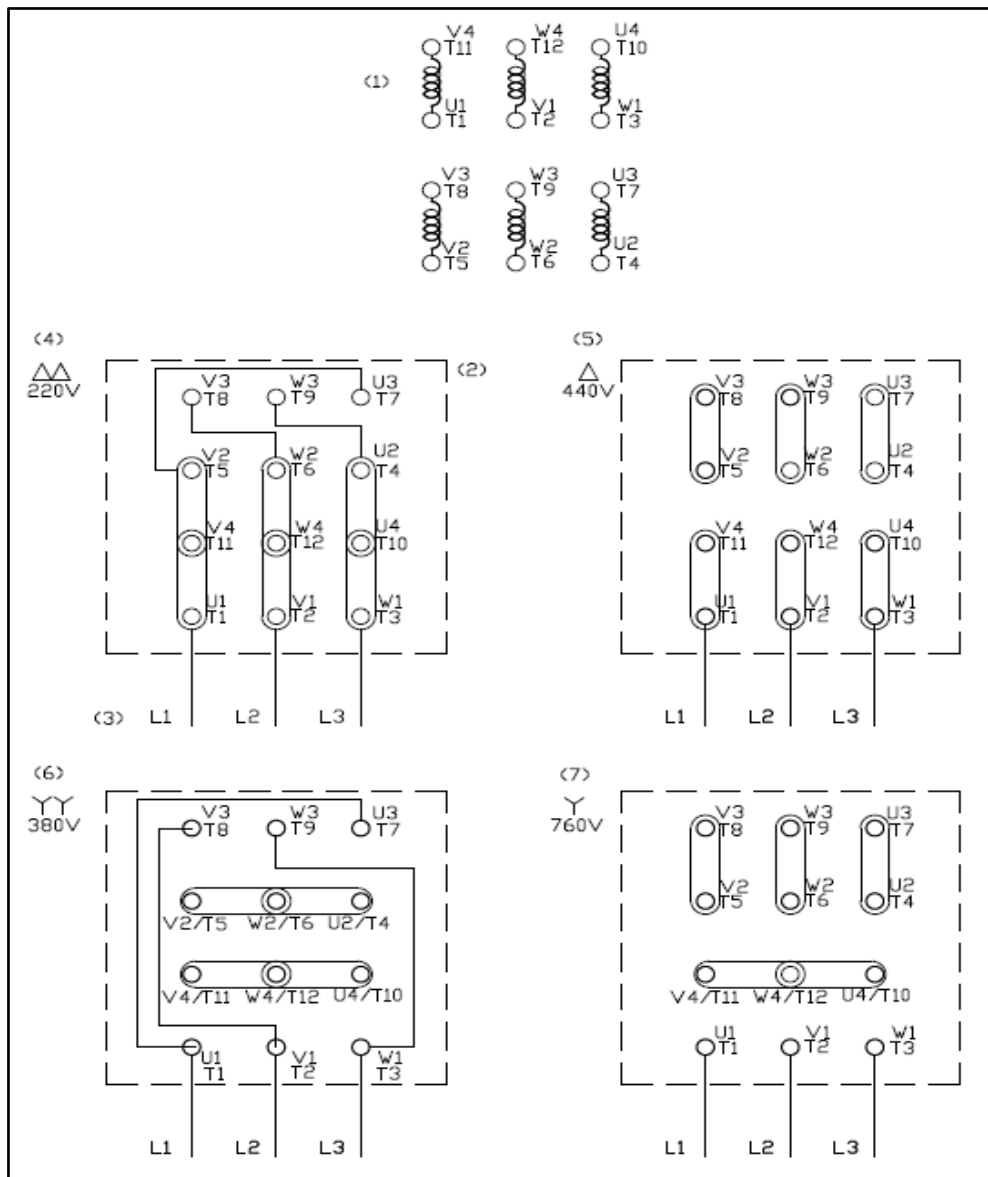


Figura 10. Tipos de conexiones.

- (1) Devanado del motor
- (2) Placa de bornes del motor
- (3) Cables de alimentación
- (4) Conexión  $\Delta\Delta$
- (5) Conexión  $\Delta$
- (6) Conexión YY
- (7) Conexión Y

### 3.1.2.8. Conexión de instrumentos

- Sensor de temperatura PT100

- Con 2 hilos

El modo más sencillo de conexión (pero menos recomendado) es con solo dos cables. En este caso las resistencias de los cables que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable.

- Con 3 hilos

El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

- Con 4 hilos

El método de 4 hilos es el más preciso de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.

- Electroválvula

- Con 3 hilos

Las conexiones eléctricas/neumáticas del accionamiento se realizan según instrucciones del manual de equipo, el más común es el modo de conexión de 3 hilos desde el PLC hasta a la válvula.

- Sensor de proximidad inductivo



- Con 2 hilos

Se alimenta y conecta la carga en serie, de manera que funcionan como un contacto normalmente abierto o normalmente cerrado dependiendo del sensor.

- Con 3 hilos

En los sensores de proximidad que tienen tres hilos encontramos que dos hilos para la alimentación del sensor y un tercer hilo que tiene como misión la salida del sensor indicando si el sensor está detectando o no.

- Sensor de nivel Tipo sonda

- Con 3 hilos

El modo de conexión del sensor de nivel será con 3 hilos según instrucciones del manual de equipo.

#### 3.1.2.9. Conexión de tablero autosoportado

Revisar el Anexo 14 Instructivo 10.

#### 3.1.3. Fase de entrega

##### 3.1.3.1. Pruebas de funcionamiento

- Prueba de continuidad

Revisar el Anexo 15 Instructivo 11.

### 3.1.3.2. Informe final

Se elabora un informe con una tabla resumen donde se entrega Los metrados de los cables tendidos con sus respectivos protocolos.

- Cuadro resumen

Este cuadro debe mostrar la configuración final de los conductores. El resultado del megado, el metrado especificando su inicio y destino revisar el Anexo 16 p.94.

- Protocolo de megado

Revisar el Anexo 17 p95. el protocolo repetir para cada tramo de cable tendido y motor megado

## 3.2. Simulación de metodología

### 3.1.1. Fase de planificación

#### 3.1.1.1. Recepción de ingeniería base

La ingeniería base de un sistema de molienda para BMA con una tasa de salida menor a 6 kg / min en una planta está compuesta por:

- Planos:

- Planos mecánicos y eléctricos.

- Equipos:

-Molino de bolas.

-Tornillo de transferencia de yeso #1, #2, #3.

-Silo de almacenamiento de yeso.

-Colector de polvo.

-Dispensador de azúcar.

- Sensores:

- Sensor de temperatura del molino de bolas (PT100).

- sensor de nivel tipo sonda del silo de almacenamiento de yeso

- Sensores de proximidad inductivos de tornillos de transferencia de yeso #1, #2, #3

- Electroválvula de colector de polvo #1, #2

- Electroválvula de sistema de ventilación y refrigeración.

- Tablero autosoportado de distribución (componentes pre-conexionados)

- Motores (Ver Tabla 18)

### 3.1.1.2. Medrado

Revisar el Anexo 05 Instructivo 01.

**Tabla 18***Cuadro de datos*

ITEM	Descripción General	Instalada		Voltaje (V)	F.P.	Eficiencia	I nom (A)	F.D.	variador C.A.
		(HP)	(KW)						
1	Tornillo de transferencia de yeso #1	4	3	440	0.79	89.5	5.57	1	No Tiene
2	Tornillo de transferencia de yeso #2	3	2.2	440	0.79	89.5	4.08	1	No Tiene
3	Tornillo de transferencia de yeso #3	1	0.75	440	0.79	85.5	1.46	1	No Tiene
4	Colector de polvo del silo de yeso	2	1.5	440	0.8	86.5	2.84	1	No Tiene
5	Dispensador de yeso	1	0.75	440	0.79	85.5	1.46	1	Tiene
6	Dispensador de Aditivos	1	0.75	440	0.79	85.5	1.46	1	Tiene
7	Sistema de refrigeración	3	2.2	440	0.79	89.5	4.08	1	No Tiene
8	Molino de Bolas	50	37	440	0.84	94.4	61.23	1	Tiene

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.1.3. Dimensionamiento y selección de materiales

- Dimensionamiento y selección de conductores eléctricos

- Capacidad de transporte de corriente del conductor principal

**Tabla 19**

*Cuadro de cargas conductor principal*

ITEM	Descripción General	Instalada		Voltaje (V)	Factor de potencia	Eficiencia	I nom (A)	F.D.	M.D (KW)
		(HP)	(KW)						
1	Tornillo de transferencia de yeso #1	4	3	440	0.79	89.5	5.57	1	3
2	Tornillo de transferencia de yeso #2	3	2.2	440	0.79	89.5	4.08	1	2.2
3	Tornillo de transferencia de yeso #3	1	0.75	440	0.79	85.5	1.46	1	0.75
4	Colector de polvo del silo de yeso	2	1.5	440	0.8	86.5	2.84	1	1.5
5	Dispensador de yeso	1	0.75	440	0.79	85.5	1.46	1	0.75
6	Dispensador de Aditivos	1	0.75	440	0.79	85.5	1.46	1	0.75
7	Sistema de refrigeración	3	2.2	440	0.79	89.5	4.08	1	2.2
8	Molino de Bolas	50	37	440	0.84	94.4	61.23	1	37
Cálculo de máxima demanda aplicar formula ...(3)						Total MD		48.15	
Cálculo de Corriente Nominal del conductor aplicar formula ...(4)						Inom (A)		78.98	
Corriente de diseño para conductores eléctricos aplicar formula ...(6)						Idiseño (A)		98.72	
Metrado del conductor.						Longitud (metros)		20	
Selección del conductor.						Conductor elegido		35	
Factor de potencia total ...(5)						Factor de potencia total		0.25	
Verificación de conductor...(7)						%ΔU < 2,5 % (Inom)		0.53	
Conductor Alimentador Principal, configuración final : 3x35mm <sup>2</sup> NYY +1x10 mm <sup>2</sup> NYY - Conduit IMC Ø 25 mm									

Fuente: Elaboración Propia

La potencia consumida por el PLC es inferior a 1kw, esta potencia está contemplada en la previsión de cargas.

La sección del cable de alimentación hacia la fuente para el sistema de control será de 4x1.5 mm<sup>2</sup>.

o Capacidad de transporte de corriente de conductores de los motores

**Tabla 20**

*Cuadro de cargas cables de fuerza*

Motor	Potencia		Voltaje (V)	F.P.	Efc.	Inom (A) ... (8)	Ip / In ... (10)	Iarr (A) ... (9)	Conductor elegido	Sección mm2	Long. metros	%ΔU < 2,5 % Inom ... (7)	%ΔU < 10 % Iarr ... (8)	Sección Conductor a tierra mm2	Ø tubería conduit IMC	Configuración final
	HP	KW														
Tornillo de transferencia de yeso #1	4	3	440	0.79	89.5	5.57	7.80	43.43	NY Y	4	100	0.77	6.02	4	15 mm	4x4mm2 NY Y - Conduit IMC Ø 15 mm
Tornillo de transferencia de yeso #2	3	2.2	440	0.79	89.5	4.08	7.60	31.03	NY Y	2.5	100	0.91	6.89	2.5	15 mm	4x2.5mm2 NY Y - Conduit IMC Ø 15 mm
Tornillo de transferencia de yeso #3	1	0.75	440	0.79	85.5	1.46	7.6	11.07	NY Y	1.5	100	0.54	4.10	1.5	15 mm	4x1.5mm2 NY Y - Conduit IMC Ø 15 mm
Colector de polvo del silo de yeso	2	1.5	440	0.8	86.5	2.84	7.8	22.19	NY Y	2.5	100	0.64	4.99	2.5	15 mm	4x2.5mm2 NY Y - Conduit IMC Ø 15 mm
Dispensador de yeso	1	0.75	440	0.79	85.5	1.46	7.6	11.07	NY Y	1.5	100	0.54	4.10	1.5	15 mm	4x1.5mm2 Apantallado - Conduit IMC Ø 15 mm
Dispensador de Aditivos	1	0.75	440	0.79	85.5	1.46	7.6	11.07	NY Y	1.5	100	0.54	4.10	1.5	15 mm	4x1.5mm2 Apantallado - Conduit IMC Ø 15 mm
Sistema de refrigeración	3	2.2	440	0.79	89.5	4.08	7.6	31.03	NY Y	2.5	100	0.91	6.89	2.5	15 mm	4x2.5mm2 NY Y - Conduit IMC Ø 15 mm
Molino de Bolas	50	37	440	0.84	94.4	61.23	6.4	391.85	NY Y	35	100	1.03	6.60	10	40 mm	4x35mm2 Apantallado - Conduit IMC Ø 40 mm

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 05 indica que cargas menores o igual de 100 amperios, se tiene que seleccionar conductores de 10 mm2 como conductor a tierra, la tabla 20 nos muestra cargas menores a 100 amperios, por lo que seleccionamos conductores tetrapolares, para facilitar el tendido de cables.

○ Selección de conductores de control e instrumentación

**Tabla 21**

*Cuadro de cargas cables de control*

Equipo	PLC Voltaje	Conductor			Ø Tubería	Configuración final	
		N° de hilos	Tipo	Sección mm2			
Tornillo de transferencia de yeso #1	24VDC	5	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm	
Tornillo de transferencia de yeso #2	24VDC	5	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm	
Tornillo de transferencia de yeso #3	24VDC	5	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm	
Selector On/Off - Manual/O/Automático	Colector de polvo del silo de yeso	24VDC	5	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Dispensador de yeso	24VDC	5	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Dispensador de aditivos	24VDC	5	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Sistema de refrigeración	24VDC	5	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
Molino de Bolas	24VDC	5	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm	
Sensores	Válvula solenoide de colector de polvo #1	24VDC	3	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Válvula solenoide de colector de polvo #2	24VDC	3	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Válvula solenoide de sistema de ventilación	24VDC	3	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Válvula solenoide de sistema de refrigeración	24VDC	3	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Sensor de giro de tornillo de transferencia de yeso #1.	24VDC	3	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Sensor de giro de tornillo de transferencia de yeso #2.	24VDC	3	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Sensor de giro de tornillo de transferencia de yeso #3.	24VDC	3	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Sensor de nivel tipo sonda	24VDC	3	NYY(80°)-C FB	1.5	15 mm	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm
	Sensor de temperatura del molino de bolas	24VDC	4	TERMOPAR	0.5	15 mm	4x0.5mm2 TERMOPAR - Conduit IMC Ø 15 mm

Fuente: Elaboración propia

- Selección de equipos de canalización

- Metrado de Tuberías

El metrado de tuberías se elaborara de acuerdos a los planos y el espacio físico de la planta.

- Selección de accesorios de tuberías Conduit

Se debe considerar las medidas nominales de las tuberías seleccionadas en la tabla 20 y 21.

**Tabla 22**  
*Modelo de selección de accesorios*

Accesorios	Medidas Nominales						
	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Conectores rectos							
Abrazaderas unistrut							
Riel unistrut							
Cajas Condulet tipo T							
Cajas Condulet tipo LB							
Cajas Condulet tipo LR							
Cajas Condulet tipo C							
Cajas Condulet tipo E							
Cajas Condulet tipo L							
Cajas Condulet tipo LL							
Cajas Condulet tipo TA							
Cajas Condulet tipo TB							
Cajas Condulet tipo X							

Fuente: Elaboración Propia



● Selección de bandejas

○ Criterios de selección

**Tabla 23**

*Bandeja para cables de fuerza*

	CIRCUITO	N° de Cables	Tipo de conductor	Diámetro de conductores	Ancho de bandeja	Peso de conductor Kg/Km
Cables de fuerza	Tornillo de transferencia de yeso #1	4	4x4mm2 NYY	2.49	3.19	199
	Tornillo de transferencia de yeso #2	4	4x2.5mm2 NYY	1.97	1.97	295
	Tornillo de transferencia de yeso #3	4	4x1.5mm2 NYY	1.52	1.52	149
	Colector de polvo del silo de yeso	4	4x2.5mm2 NYY	1.97	1.97	295
	Dispensador de yeso	4	4x1.5mm2 Apantallado	1.52	1.52	149
	Dispensador de azúcar	4	4x1.5mm2 Apantallado	1.52	1.52	149
	Sistema de refrigeración	4	4x2.5mm2 NYY	1.97	1.97	295
	Molino de Bolas	4	4x35mm2 Apantallado	28.4	28.4	1979
				Ancho mínimo	42.06	
				20 % reserva	8.412	
Ancho de Bandeja recomendado: 500 mm, soportes cada 3 metros, conductor de cobre desnudo de 10 mm2.				Ancho calculado	50.472	
				Peso total de bandeja Kg/Km		3510
				Peso total de bandeja Kg/m		3.51

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24*****Bandeja para cables de control***

		CIRCUITO	N° de Cables	Tipo de conductor	Suma de diámetro de conductores	Ancho de bandeja	Peso de conductor Kg/Km
Cables de control	Selector On/Off - Manual/0/Automático	Tornillo de transferencia de yeso #1	5	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	181
		Tornillo de transferencia de yeso #2	5	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	181
		Tornillo de transferencia de yeso #3	5	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	181
		Colector de polvo del silo de yeso	5	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	181
		Dispensador de yeso	5	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	181
		Dispensador de azúcar	5	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	181
		Sistema de refrigeración	5	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	181
		Molino de Bolas	5	5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	181
	Sensores	Válvula solenoide de colector de polvo #2	3	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	125
		Válvula solenoide de sistema de ventilación	3	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	125
		Válvula solenoide de sistema de refrigeración	3	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	125
		Sensor de proximidad inductivo de tornillo de transferencia de yeso #1.	3	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	125
		Sensor de proximidad inductivo de tornillo de transferencia de yeso #2.	3	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	125
		Sensor de proximidad inductivo de tornillo de transferencia de yeso #3.	3	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	125
		Sensor de nivel tipo sonda	3	3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB	1.52	1.52	125
		Sensor de temperatura del molino de bolas	4	4x0.5mm2 TERMOPAR	1.52	1.52	125
		Ancho de Bandeja recomendado: 200 mm, soportes cada 3 metros. Conductor de cobre desnudo de 10 mm2.					Ancho mínimo
20 % reserva	2.432						
Ancho calculado	14.592						
Peso total de bandeja Kg/Km	2448						
Peso total de bandeja Kg/m	2.448						

Fuente: Elaboración Propia

El metrado final de bandeja porta cable tipo escalerilla de acuerdo a la ruta trazada para el tramo de la troncal las derivaciones se harán con tubería conducir.

Las bandejas seleccionadas son las siguientes:

Bandeja metálica tipo escalerilla de 200x100x2400

Bandeja metálica tipo escalerilla de 500x100x2400

De acuerdo a la ruta trazada en el planteamiento del proyecto y al espacio físico de distribución de la planta necesitaremos diferentes tipos de soportes.

**Tabla 25**

*Metrado tipos de soporte*

Tipo de soporte	Perfil de bandejas	
	200x100x2400	500x100x2400
Soporte para perfil en techo		
Soporte para perfil colgante		
Soporte para perfil suspensión		
Soporte para perfil fijación en pared		

Fuente: Elaboración Propia

Metrado de accesorios de instalación de acuerdo al espacio físico de distribución de la planta.

**Tabla 26**

*Metrado Accesorios*

Tipo de soporte	Perfil de bandejas	
	200x100x2400	500x100x2400
Tramo recto		
Curva 45°		
Curva 90°		
Unión TE 90°		
Reducciones Centrales		
Placa de Unión		
Placa de Unión Articulada		
Pernos		
Tuercas		

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.1.1.4. Logística de materiales

- Criterios de selección de proveedores

Tener en cuenta: Precio, calidad, pago, entrega, servicio de post venta

- Presupuesto detallado

Ver anexo 04 modelo de presupuesto detallado p. 82.

#### 3.1.2. Fase de ejecución.

##### 3.1.2.1. Megado de motores y cables.

- Procedimiento de megado de motores eléctricos.

Aplicar el instructivo 02 (anexo 06 p.84).

- Procedimiento megado de cables de fuerza y control.

Aplicar el instructivo 03 (anexo 07 p.85).

Aplicar el Instructivo 04 (anexo 08 p.86).

##### 3.1.2.2. Montaje de tableros autosoportado

- Procedimiento de montaje de tableros autosoportado

Aplicar el instructivo 05 (anexo 09 p.87).

##### 3.1.2.3. Montaje de soportes y bandejas metálicas porta cables

- Procedimiento de montaje de bandejas portacables

Aplicar el instructivo 06 (anexo 10 p.88).

#### 3.1.2.4. Montaje de tubería conduit

- Procedimiento de habilitación de tuberías

Aplicar el Instructivo 07 (anexo 11 p.89).

- Procedimientos de instalación de tubería conduit

Aplicar el Instructivo 08 (anexo 12 p.90).

#### 3.1.2.4. Montaje de selectores de fuerza y control

- Procedimientos de montaje de selectores

Aplicar el Instructivo 09 (anexo 13 p.91).

#### 3.1.2.5. Tendido de cables

- Procedimientos de Tendido de cables

Aplicar el Instructivo 11 (anexo 15 p.93).

#### 3.1.2.5. Conexión de motores eléctricos

El tipo de conexión deber ser de acuerdo a la tensión de funcionamiento.

Los motores trabajan 440 voltios.

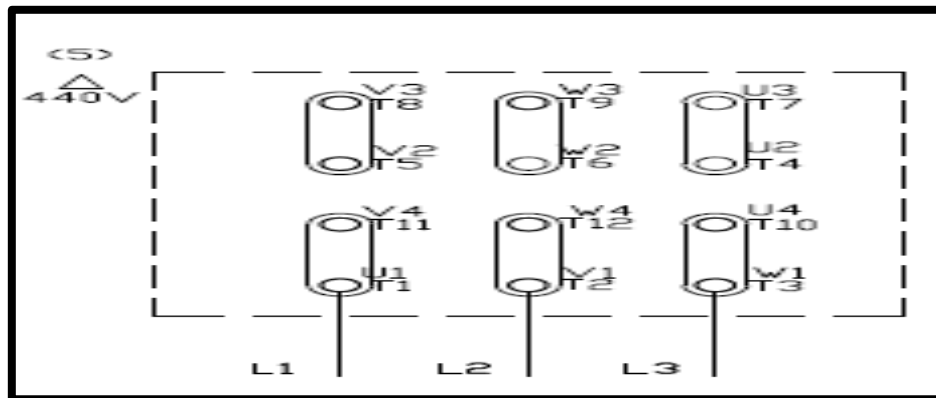


Figura 11. Conexión  $\Delta$

- Conexión de instrumentos

Aplicar la metodología planteada a para sus respectivos casos

- Sensor de temperatura PT100
- Electroválvula
- Sensor de proximidad inductivo
- Sensor de nivel Tipo sonda

### 3.1.2.9. Conexión de tablero autosoportado

Aplicar el Instructivo 10 (anexo 14 p.92).

### 3.1.3. Fase de entrega

#### 3.1.3.1. Pruebas de funcionamiento

- Prueba de continuidad

Revisar el Anexo 17 p.95.

### 3.1.3.2. Informe final

#### ●Cuadro resumen

**Tabla 27**

*Tabla resumen Cables de fuerza*

Conductor	Megado	Metrado	Fuente	Destino
4x4mm2 NYY-Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del tornillo de transferencia de yeso #1
4x4mm2 NY-Conduit IMC Ø 15 mm			Selector on/off del tornillo de transferencia de yeso #1	Motor de tornillo de transferencia de yeso #1
4x2.5mm2 NYY-Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del tornillo de transferencia de yeso #2
4x2.5mm2 NYY-Conduit IMC Ø 15 mm			Selector on/off del tornillo de transferencia de yeso #2	Motor de tornillo de transferencia de yeso #2
4x1.5mm2 NYY-Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del tornillo de transferencia de yeso #3
4x1.5mm2 NYY-Conduit IMC Ø 15 mm			Selector on/off del tornillo de transferencia de yeso #3	Motor de tornillo de transferencia de yeso #3
4x2.5mm2 NYY-Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del colector de polvo del silo de yeso
4x2.5mm2 NYY-Conduit IMC Ø 15 mm			Selector on/off del colector de polvo del silo de yeso	Motor del colector de polvo del silo de yeso
4x1.5mm2 Apantallado -Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del dispensador de yeso
4x1.5mm2 Apantallado -Conduit IMC Ø 15 mm			Selector on/off del dispensador de yeso	Motor del dispensador de yeso
4x1.5mm2 Apantallado -Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del dispensador de aditivos
4x1.5mm2 Apantallado -Conduit IMC Ø 15 mm			Selector on/off del dispensador de aditivos	Motor del dispensador de aditivos
4x2.5mm2 NYY-Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del sistema de refrigeración
4x2.5mm2 NYY - Conduit IMC Ø 15 mm			Selector on/off del sistema de refrigeración.	Motor del sistema de refrigeración
4x35mm2 Apantallado-Conduit IMC Ø 40 mm			Tablero autosoportado	Selector de molino de bolas
4x35mm2 Apantallado-Conduit IMC Ø 40 mm			Selector de molino de bolas.	Motor molino de bolas
3x3.5mm2 NYY+1x10 mm2 NYY-Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero de distribución principal 440 V	Tablero autosoportado
4x1.5mm2 NYY+1x10 mm2 NYY-Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero de distribución principal 110 V	Tablero autosoportado

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 28***Tabla resumen cables de control 1*

Conductor	Megado	Metrado	Fuente	Destino
5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off de tornillo de transferencia de yeso #1
				Selector manual /0/automático de tornillo de transferencia de yeso #1
5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off de tornillo de transferencia de yeso #2
				Selector manual /0/automático de tornillo de transferencia de yeso #2
5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off de tornillo de transferencia de yeso #3
				Selector manual /0/automático de tornillo de transferencia de yeso #3
5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del colector de polvo del silo de yeso
				Selector manual /0/automático del colector de polvo del silo de yeso
5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del dispensador de yeso
				Selector manual /0/automático del dispensador de yeso
5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del dispensador de aditivos
				Selector manual /0/automático del dispensador de aditivos
5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del molino de bolas
				Selector manual /0/automático del molino de bolas
5x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Selector on/off del sistema de refrigeración
				Selector manual /0/automático del sistema de refrigeración

Fuente: Elaboración Propia



**Tabla 29***Tabla resumen Cables de control 2*

Conductor	Megado	Metrado	Fuente	Destino
3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Sensor de nivel tipo sonda
3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Válvula solenoide de colector de polvo #1
3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Válvula solenoide de colector de polvo #2
3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Válvula solenoide de sistema de ventilación
3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Válvula solenoide de sistema de refrigeración
3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Sensor de proximidad inductivo de tornillo de transferencia de yeso #1.
3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Sensor de proximidad inductivo de tornillo de transferencia de yeso #2.
3x1.5mm2 NYY(80°)-C FB - Conduit IMC Ø 15 mm			Tablero autosoportado	Sensor de proximidad inductivo de tornillo de transferencia de yeso #3.
Cable termopar de 4 x 0.5mm2			Tablero autosoportado	Sensor de temperatura del molino de bolas

Fuente: Elaboración Propia

- Protocolo de megado

Aplicar el Anexo 18 p. 96 para cada uno de los motores y conductores eléctricos megados.

### 3.3. Revisión y consolidación de resultados

**Tabla 30**

*Lista de actividades*

<b>LISTA DE VERIFICACIÓN DE TAREAS</b>		Actividades Precedentes	Tiempo Optimistas (Días)	Tiempo Probable (Días)	Tiempo Pesimista (Días)	Distribución Esperada
3.1.1. Fase de planificación						
A	3.1.1.1. Recepción de ingeniería base (planos).		1	2	3	2
B	3.1.1.2. Metrado.	A	1	2	3	2
C	3.1.1.3. Dimensionamiento y selección de materiales.	A	1	2	3	2
D	3.1.1.4. Logística de materiales	B,C	1	2	3	2
3.1.2. Fase de ejecución.						
E	3.1.2.1. Megado de motores y cables.	D	1	2	3	2
F	3.1.2.2. Montaje de tableros autosoportado.	D	1	2	3	2
G	3.1.2.3. Montaje de soportes y bandejas metálicas porta cables.	F	6	7	8	7
H	3.1.2.4. Montaje de tubería conduit.	G	5	6	7	6
I	3.1.2.5. Montaje de selectores de fuerza y control.	E	2	3	4	3
J	3.1.2.6. Tendido de cables.	H,I	4	5	6	5
K	3.1.2.7. Conexionado de motores eléctricos.	J	1	2	3	2
L	3.1.2.8. Conexionado de instrumentos.	J	1	2	3	2
M	3.1.2.9. Conexionado de tablero autosoportado.	K,L	1	2	3	2
3.1.3. Fase de entrega.						
N	3.1.3.1. Pruebas de funcionamiento.	M	1	2	3	2
O	3.1.3.1. Informe final.	N	1	2	3	2

Fuente: Elaboración Propia

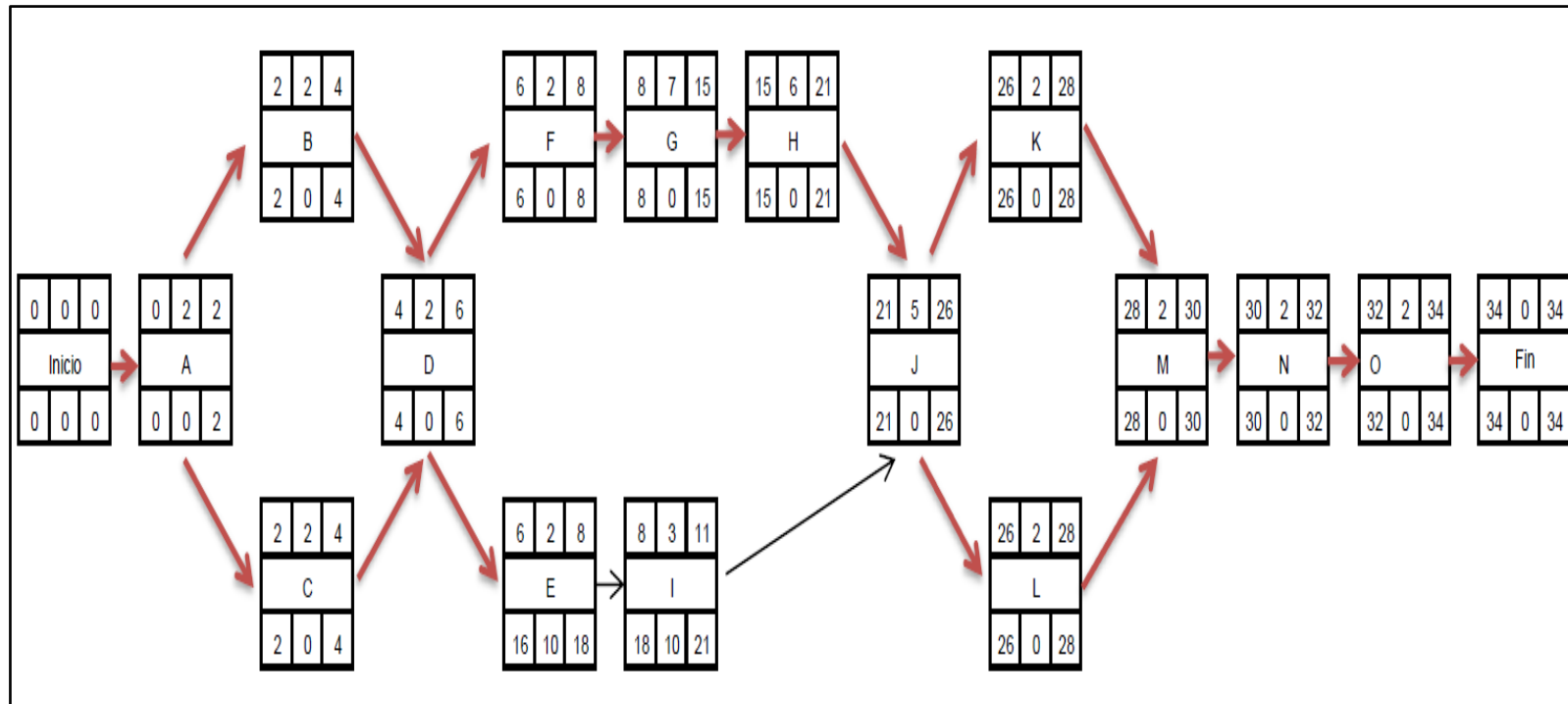


Figura 12. Red de actividades CPM

La ruta crítica (→) establecida es A-B-C-D-F-G-H-J--K-J-L-M-N-O-P

La ruta crítica, determina la duración para finalizar el proyecto, por lo tanto, son 34 los que se demorará días en terminarse.

## **CONCLUSIONES**

La metodología desarrollada aplica las normas del Código Nacional de Electricidad y de forma práctica y ordenada por lo que permite minimizar los errores garantizando la calidad y seguridad en la instalación eléctrica de un sistema de molienda para acelerador de fraguado.

La lista de verificación de actividades elaborada permite evitar omisiones en las actividades contempladas en la metodología garantizando de esta forma la calidad y seguridad de la instalación eléctrica de un sistema de molienda para acelerador de fraguado.

La ruta crítica estableció la importancia de la metodología propuesta demostrando que se debe respetar el orden de las actividades para una mejor toma de decisiones que tenga beneficio para el proyecto.

## **RECOMENDACIONES**

Se debe de pensar y organizar en buscar herramientas que ayuden en todos los proyectos en sus diferentes etapas de ejecución, con la finalidad de optimizar y mejorar la calidad.

La documentación en un proyecto es muy importante y sobre todo en proyectos eléctricos, este control de la información se lleva a cabo durante la ejecución de la puesta en marcha y la finalización del proyecto.

Poner en práctica la metodología planteada para obtener procesos que garanticen seguridad y eficiencia en las instalaciones eléctricas de los proceso de molienda.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **LIBROS**

Creus S. (2011), *Instrumentación industrial*, (8va edición). México. Editorial Alfaomega

Harper, G. (2004)

*Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctrica*, México. Editorial Limusa.

*Instalaciones y montaje electromecánico Antonio*, México. Editorial Limusa.

*Elementos de diseño de las instalaciones eléctricas industriales*

*México. Editorial Limusa.*

(2005) *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales México. Editorial Limusa.*

Project Management Institute (2013), *Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos, Quinta edición*. Project Management Institute.

Wildi T. (2007) *Maquinas Eléctricas y sistemas de potencia* (6<sup>ta</sup> edición), México. Editorial Pearson Educación.

### **DOCUMENTOS DEL GOBIERNO**

Ministerio de Energía y Minas (2006) *Código Nacional de Electricidad*, Tomo V – Utilización, Perú.

## ENLACES WEB:

WEG, *Guía práctico de capacitación técnico comercial catálogo*, consultado el 15 de Septiembre del 2015 de: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-practico-de-capacitacion-tecnico-comercial-50026117-catalogo-espanol.pdf>

WEG, W22 Motor eléctrico trifásico, consultado el 16 de Septiembre del 2015 de: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-latinoamericano-50024297-catalogo-espanol.pdf>

NEXANS INDECO, *Catalogo de cables NYY*, consultado el 10 de Agosto del 2015 de: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/02606015.pdf>

Schneider electric, *Guía de diseño de instalaciones eléctricas Según normas internacionales IEC* consultado el 12 de Agosto del 2015 de: <http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/pedagogiques/946/946-guia-instalaciones-electricas-2008-s.e.pdf>

Villacero Tuberia conduit consultado el 12 de Agosto del 2015 de: [http://www.villacero.com/images/pdf/esp/tuberia\\_conduit.pdf](http://www.villacero.com/images/pdf/esp/tuberia_conduit.pdf)

Nuban Bandejas portacable manual consultado el 14 de Agosto del 2015 de: <http://nuban.com.ar/bandejas-portacables/wp-content/uploads/2013/07/manual-nuban-20131.pdf>

# **ANEXOS**



Anexo 01 Modelo de cuadro de cargas

Item	Descripción General	Instalada		Voltaje (V)	Factor de potencia	Eficiencia	variador C.A.	Tipo de coordinación	Inom (A)	I arr (A)	F.D.	M.D (KW)
		(HP)	(KW)									
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
										Total KW		
										Inom (A)		
										Idiseño (A)		
										Iarr (A)		
										Longitud (metros)		
										20 % de reserva		
										Conductor elegido		
										Factor de potencia		
										% $\Delta U < 2,5 \%$ (Inom)		
Configuración final del cable												

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 02 Cuadro de selección de bandejas

	Circuito	N° de Cables	Tipo de conductor	Diámetro de conductores	Ancho de bandeja	Peso de conductor Kg/Km
Conductores						
Bandeja seleccionada				20 % reserva		
				Ancho calculado		
				Peso total de bandeja Kg/Km		
				Peso total de bandeja Kg/m		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 03 Cuadro de tareas para ruta critica

	<b>LISTA DE VERIFICACIÓN DE TAREAS</b>	Actividades Precedentes	Tiempo Optimistas (Días)	Tiempo Probable (Días)	Tiempo Pesimista (Días)	Distribución Esperada
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						
H						
I						
J						
K						
L						
M						
N						
O						
P						

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 04 Modelo de presupuesto detallado

Mano de Obra				
ITM	Descripción	H. H.	H. H S/.	Costo Parcial S/.
1	Megado de motores y cables.			
2	Montaje de tableros autoportado.			
3	Montaje de soportes y bandejas metálicas porta cables.			
4	Montaje de tubería conduit.			
5	Montaje de selectores de fuerza y control.			
6	Tendido de cables.			
7	Conexión de motores eléctricos.			
8	Conexión de instrumentos.			
9	Conexión de tablero autoportado.			
10	Pruebas de funcionamiento.			
<b>SubTotal N°1 (ST1)</b>				S/. 0.00
Materiales y/o Consumibles				
ITM	Descripción	Cantidad	Costo U.	Costo Parcial S/.
1	Cables de Fuerza apantallados			
2	Cables de Control			
3	Cables NYY de Fuerza			
4	Cables de Control			
5	Tuberías conduit IMC			
6	Tuberías conduit flexibles			
7	Bandejas Metálicas			
8	Riel Unistrut			
9	Accesorios de montaje e instalación			
<b>Subtotal N°2 (ST2)</b>				S/. 0.00
Utilización de Equipos y/o Instrumentos				
ITM	Descripción	Cantidad	Costo U.	Costo Parcial S/.
1	Pinza amperimétrica			
2	Megohmetro			
3	Andamios			
4	Escaleras Telescópicas			
<b>Subtotal N°3 (ST3)</b>				S/. 0.00
Otros				
ITM	Descripción	Cantidad	Costo U.	Costo Parcial S/.
1	Fabricación de Soportarías			
<b>Subtotal N°4 (ST4)</b>				S/. 0.00
Total Costos Directos				ST1+ST2+ST3+ST4
Gastos Generales y Utilidad				X
Costo Total				ST1+ST2+ST3 ST4+X

### Metrado de conductores de fuerza

#### 1. Conductores de fuerza

- La fuente (origen) del medido será el tablero autosoportado.
- El medido para el conductor de fuerza será en dos tramos:
  - Tramo 1 -.El conductor tendrá 3 fases R, S, T más 1 conductor a tierra según los colores planteados por el CNE desde el tablero de distribución principal hasta el selector de fuerza.
  - Tramo 2 -.El mismo conductor del tramo 1 del selector de fuerza hasta el motor.

#### 2. Conductores de control

La fuente (origen) del medido será el tablero de distribución principal.

- Selectores: El conductor será de 5 hilos los tramos (2hilos para el selector de fon/off más 3 hilos para el selector de Manual/0/automático desde el tablero de distribución principal hasta el selectores de fuerza y control.
- Sensores: El medido para el conductor de fuerza será en un solo tramo .El conductor de acuerdo a la sesión calculada será de 3 hilos los tramos (2 Hilos para el sensor + 1 conductor a tierra desde el tablero de distribución principal hasta la ubicación del sensor.

## Anexo 06 Instructivo 02

### Medición de resistencia de aislamiento de un motor respecto a sus fases (R, S, T) y masa.

1. Localizar el circuito que alimenta el motor y desactivarlo. Asegurar el interruptor termomagnético con un candado de bloqueo.
2. Retirar la cubierta de la caja de borneras usando un destornillador. Retirar los terminales del cable del motor e identificar las fases.
3. Colocar una de las puntas de prueba del megóhmetro en el extremo de una de las fases, y colocar la otra punta de prueba en cualquier lugar de la cubierta del motor para evaluar la continuidad de la puesta a tierra.
4. Encender el megóhmetro seleccionar la tensión de prueba acorde al equipo a probar, esperar 60 segundos y apuntar la medición. Evitar manipular el equipo durante la medición, riesgo de shock eléctrico.
5. Repetir el procedimiento para los siguientes casos  
  
Fase R → Masa  
  
Fase S → Masa  
  
Fase T → Masa
6. Conectar los terminales del cable del motor, cerrar la caja de borneras usando un destornillador.
7. Retirar cando de bloqueo.

## Anexo 07 Instructivo 03

### Medición de resistencia de aislamiento de un conductor entre fase y fase (R, S, T).

1. Localizar el circuito que alimenta el motor y desactivarlo. Asegurar el interruptor termomagnético con un candado de bloqueo.
2. Realizar la desconexión de ambos extremos del cable a medir e identificar las fases.
3. Colocar una de las puntas de prueba del megóhmetro en el extremo de una de las fases, y colocar la otra punta en otra fase.
4. Encender el megóhmetro seleccionar la tensión de prueba acorde al equipo a probar, esperar 60 segundos y apuntar la medición. Evitar manipular el equipo durante la medición, riesgo de shock eléctrico.
5. Repetir el procedimiento para los siguientes casos  
  
Fase R → Fase S  
  
Fase R → Fase T  
  
Fase S → Fase T
6. Conexionar cables.
7. Retirar cando de bloqueo.

## Anexo 08 Instructivo 04

Medición de resistencia de aislamiento de un conductor respecto a sus fases (R, S, T) y masa.

1. Localizar el circuito que alimenta el motor y desactivarlo. Asegurar el interruptor termomagnético con un candado de bloqueo.
2. Realizar la desconexión de ambos extremos del cable a medir e identificar las fases.
3. Colocar una de las puntas de prueba del megóhmetro en el extremo de una de las fases, y colocar la otra en el aislamiento del conductor.
4. Encender el megóhmetro seleccionar la tensión de prueba acorde al equipo a probar, esperar 60 segundos y apuntar la medición. Evitar manipular el equipo durante la medición, riesgo de shock eléctrico.
5. Repetir el procedimiento para los siguientes casos  
  
Fase R → Masa  
Fase S → Masa  
Fase T → Masa
6. Conexionar cables.
7. Retirar cando de bloqueo.



Procedimiento de montaje de tablero autoportado

1. Manejar el tablero con cuidado para evitar daños en sus componentes, en su estructura o en su acabado.
2. Manténgase el tablero en posición vertical a menos que se tenga instrucciones de manejarlo de otra forma.
3. Verificar de la capacidad de los recursos existentes para mover el peso del tablero.
4. Al recibir el tablero desempáquese cuidadosamente, con objeto de inspeccionarlo hasta determinar daños apreciables a primera vista y determinar que el embarque ha sido completo y correcto.
5. El uso de rodillos de tubo, ayudados con barretas, proveen un método simple para mover el tablero sobre un piso nivelado. Asegúrese la carga para evitar que esta se voltee.
6. Un montacargas provisto de brazo de levante puede ser un medio más conveniente para manejar el tablero puesto que da la posibilidad de colocarlo a diferentes niveles. Es necesario balancear la carga y asegurarla cuanto sea necesario durante su movimiento, sobre todo si el tablero tiene componentes pesados en la parte superior.

Procedimiento de montaje de bandejas portacables

1. Selección y preparación de soportes adecuados a la ruta según esquemas típicos y de especificación.
2. Instalación de los soportes, según el método requerido
3. Identificar y marcar correctamente las bandejas portacables para el sistema de fuerza, control e instrumentación.
4. Verificación de estado de cada tramo, debe estar libre de estrías, asperezas galvanizadas y soldaduras.
5. Revisión de los elementos de empalme (platinas, soportes, tornillos y tuercas para cada tramo), lo mismo que los accesorios (curvas, etc.).
6. Montaje de bandejas sobre los soportes verificando la nivelación y Aseguramiento de bandejas.
7. Los tramos de bandejas serán fijados a estructuras y/o soportes por medio de sujetadores diseñados para tal fin, según planos y típicos del montaje.
8. En la instalación de bandejas a diferentes niveles se debe dejar espacio adecuado para permitir acceso de los cables.
9. Efectuar las conexiones de puesta a tierra de las bandejas.

## Procedimiento de habilitación de tuberías

### 1. Corte

Para cortar el tubo conduit se utilizará una tronzadora. Use un esmeril o lima para quitar cualquier borde filoso que pudiera haber surgido a causa de la operación de cortado. Esto asegura que no se dañe el cable jalado a través del tubo conduit.

### 2. Roscado.

La tubería puede ser roscada con una herramienta llamado tarraja. Antes de torneear la guía del tubo, anote la secuencia en que se quitan los dados. Después de torneear, asegúrese de reemplazar los dados en la secuencia adecuada. Después de roscar use un rociador desengrasante para limpiar completamente las roscas y el interior del tubo.

### 3. Doblez

Cuando use una herramienta de doblez manual, seleccione la zapata en la medida inmediata superior para colocar el tubo. Para resultados óptimos, se recomienda la herramienta dobladora hidráulica, estos vienen con zapatas para tubos y soportan tubos de ½" hasta 4" de diámetro.

Procedimientos de instalación de tubería conduit

1. Una vez seleccionada la tubería conduit se revisan los hilos en los extremos del tramo de tubería para determinar si se requiere repasar las cuerdas de manera que exista mejor acoplamiento entre una tubería y una caja de conexiones y entre las tuberías.
2. Para la elaboración de niples largos y cortos se procederá a tomar medidas de la trayectoria y a presentar los tramos rectos.
3. Para la realización de las curvas necesarias estas se harán tomando en cuenta los radios mínimos permitidos para estos casos, se revisará la superficie interior del tubo para evitar daños al aislamiento, los extremos de cada tubo deberán ser escareados para evitar bordes cortantes ya que estos pueden dañar a los conductores al momento del cableado.
4. En el doblado del tubo se procederá a utilizar las herramientas adecuadas, de manera que no se produzcan grietas y que su diámetro interior no se reduzca apreciablemente lo que ocasionaría reducir al área transversal de la tubería conduit y al momento del cableado ocasionaría problemas muy serios o críticos
5. Se concluye el montaje y acoplamiento de las tuberías conduit, la soportaría empleada para este caso se habrá habilitado, instalado y alineado con anterioridad.

Procedimientos de montaje de selectores

- 1.El pedestal debe ser ubicado cerca del motor a controlar para tener una correcta visualización del estado del mismo.
2. El pedestal debe ser pintado con base y pintura epóxica anticorrosiva.
3. La base será empernada a la superficie instalar.
4. Los selectores serán empotrados a los pedestales
5. Las entradas y salidas de los selectores serán hermetizadas con conectores rectos que será acoplado a la tubería conduit.
- 6-. Se dejará un espacio de reserva para un futuro uso.

## Anexo 14 Instructivo 10

### Procedimiento para conexionado de tablero autosoportado

1. Para el ingreso de los conductores al tablero se debe colocar prensaestopas para evitar maltratar el conductor.
2. La conexión se realizará una vez que se verifique que el cable se encuentra debidamente tendido y que los valores de medición de aislación sean aceptables.
3. Para la conexión del alimentador principal se debe programar un pequeño corte para la conexión al tablero de distribución principal
4. Se revisará que el cable corresponda a lo solicitado en los documentos del proyecto (Planos Eléctricos de fuerza y control), es decir, clase de cable, calibre y cantidad de conductores asociados a cada circuito.
5. Se deberá rotular lo conductores y respetar el código de colores.

### Procedimientos de tendido de cables

1. Preparación de bandeja porta-cables. Antes de instalar el cable en la bandeja porta-cable, examinar las vías para garantizar que todas las zonas están libres de los obstáculos que pueden Interferir con la instalación del cable.
2. En recorrido recto horizontal, los cables se montan en rodillos o en la bandeja porta-cable, estos rodillos deben ser debidamente espaciados, dependen del tamaño y el peso del cable para evitar que este se pandee y arrastre en la bandeja porta-cable durante el templado.
3. Para tensar el cable en curvas horizontales y verticales, estos pasan por poleas o roldanas para mantener una curvatura mínima de flexión. Las poleas y roldanas deben ser de diámetro suficiente para evitar que se remuerda el cable entre las poleas, cada cable tendrá una curvatura mínima de flexión que debe mantenerse para evitar daños en el mismo.
4. Debido a la longitud de los cables y su peso, una gran cantidad de la fuerza se puede aplicar a las poleas en las curvas horizontales y verticales, por lo que las poleas deben estar ancladas a la estructura de acero y no a la bandeja porta-cable.
5. Los cables pueden ser fijados a la bandeja porta-cable por medio de cintillos, están, asegurar que el cable está confinado en el área de la bandeja porta-cable.

Pruebas de continuidad

1. Desconectar la alimentación eléctrica del circuito que se desea poner a prueba antes de realizar cualquier prueba.

2. Colocar el multímetro para que realice lecturas en ohmios.

3. Cuando las puntas de prueba no están tocando nada, deberá verse una lectura de infinito en el instrumento. Cuando las puntas se tocan entre sí se deberá ver un cambio en la lectura al valor de cero. Si el multímetro dispone de una señal de audio, también sonará al tocar las puntas entre sí, avisando que existe la continuidad.

4. Tocar un extremo de un hilo del conductor con la punta de prueba, hacer un puente provisional entre dos hilos diferentes y con el extremo de la otra punta de prueba tocar el segundo hilo. Si el circuito está "cerrado", el medidor leerá cero y deberías escuchar la señal acústica en el caso de que el instrumento posea esa característica. Si el circuito está "abierto", la lectura del medidor no cambiará.





## Anexo 18 Modelo de Protocolo de megado

PROTOCOLO DE MEGADO DE CABLES					
Cliente :		Proyecto:			
Material:		Fecha :			
Resultado de Mediciones.					
N°	Pruebas	Tensión de Prueba	Resistencia de aislamiento.		
1	Fase R → Masa				
2	Fase S → Masa				
3	Fase T → Masa				
4	Fase R → Fase S				
5	Fase R → Fase T				
6	Fase S → Fase T				
NOTA: El tiempo de aplicación del megóhmetro es de 60 Segundos. Instrumento Utilizado.					
Descripción	Marca	Certificado de calibración	Nro. de serie	Modelo	Capacidad
Valores mínimos de resistencia de aislamiento (segundo norma técnica peruana 370.304)					
Tensión nominal de circuito (VAC)		Tensión de ensayo en corriente continua (VCC)		Resistencia de aislamiento ( M-Ohmios)	
				≥0.5Megaohmios[MΩ].	

Profesional Responsable:

**Apellidos y Nombres:**

**Profesión :** Ingeniero Electricista /Mecánico Electricista

**CIP Nro. :**

## Anexo 19 Lista de verificación

Lista de verificación de tareas	✓
3.1.1. Fase de planificación	
3.1.1.1. Recepción de ingeniería base	
3.1.1.2. Metrado	
3.1.1.3. Dimensionamiento y selección de materiales	
• Dimensionamiento y selección de conductores eléctricos	
o Capacidad de transporte de corriente de los conductores principales	
- Cálculo de corriente nominal del conductor	
- Cálculo de máxima demanda	
- Cálculo de corriente nominal total	
- Corriente de diseño para conductores eléctricos	
- Selección del conductor	
- Verificación de conductor	
o Capacidad de transporte de corriente de conductores de los motores	
- Cálculo de corriente nominal del conductor	
- Corriente de diseño para conductores eléctricos	
- Selección del conductor	
- Cálculo de corriente de arranque	
- Verificación de conductor	
o Selección de conductores de control e instrumentación	
• Selección de conductor a tierra	
• Selección de equipos de canalización	
o Metrado de Tuberías	
o Selección de accesorios de tuberías conduit	
• Selección de bandejas	
o Criterios de selección	
o Aterramiento de bandeja	
3.1.1.4. Logística de materiales	
• Criterios de selección de proveedores	
• Presupuesto detallado	
3.1.1.5. Elaboración de ruta crítica	
3.1.2. Fase de ejecución.	
3.1.2.1. Megado de motores y cables.	
• Procedimiento de megado de motores eléctricos.	
• Procedimiento megado de cables de fuerza y control.	
3.1.2.2. Montaje de tableros autosoportado	
• Procedimiento de montaje de tableros autosoportado	
3.1.2.3. Montaje de soportes y bandejas metálicas porta cables	

• Procedimiento de montaje de bandejas portacables	
3.1.2.4. Montaje de tubería conduit	
• Procedimiento de habilitación de tuberías	
• Procedimientos de instalación de tubería conduit	
3.1.2.5. Montaje de selectores de fuerza y control	
• Procedimientos de montaje de selectores	
3.1.2.6. Tendido de cables	
• Procedimientos de tendido de cables	
3.1.2.7. Conexión de motores eléctricos	
3.1.2.8. Conexión de instrumentos	
o Sensor de temperatura pt100	
o Electroválvula	
o Sensor de proximidad inductivo	
o Sensor de nivel tipo sonda	
3.1.2.9. Conexión de tablero autosoportado	
• Procedimientos de conexión de tablero autosoportado	
3.1.3. Fase de entrega	
3.1.3.1. Pruebas de funcionamiento	
• Prueba de continuidad y de cortocircuito	
3.1.3.2. Informe final	
• Cuadro resumen	
• Protocolo de megado	