



## Title: Energy efficiency through energy diagnosis

**Authors:** LEZAMA-ZÁRRAGA, Francisco Román, SHIH, Meng Yen, CHAN-GONZALEZ, Jorge de Jesús and SALAZAR-UITZ, Ricardo Rubén

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2022-01  
BCIERMMI Classification (2022): 261022-0001

Pages: 15  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

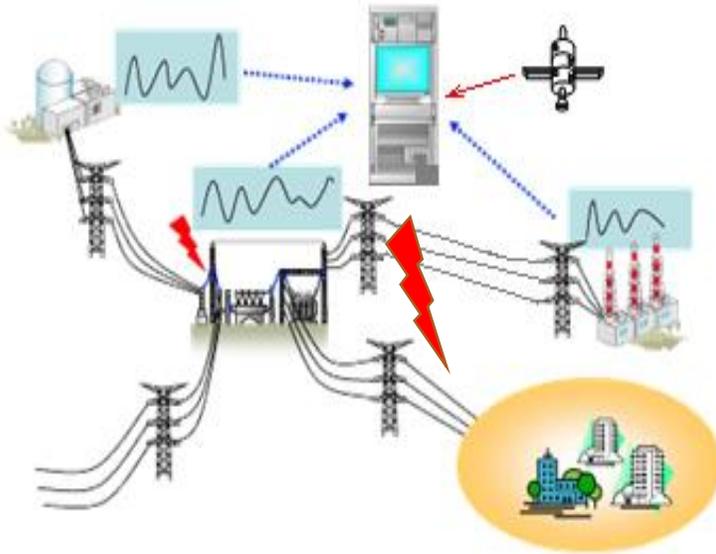
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua



ECORFAN®

# Introducción

## Sistema Eléctrico Nacional (SEN)



Art. 112 del Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica:

“Todas las instalaciones eléctricas destinadas al uso de la energía eléctrica deberán cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables. La Secretaría de Energía (SENER) podrá efectuar las inspecciones para verificar el cumplimiento”

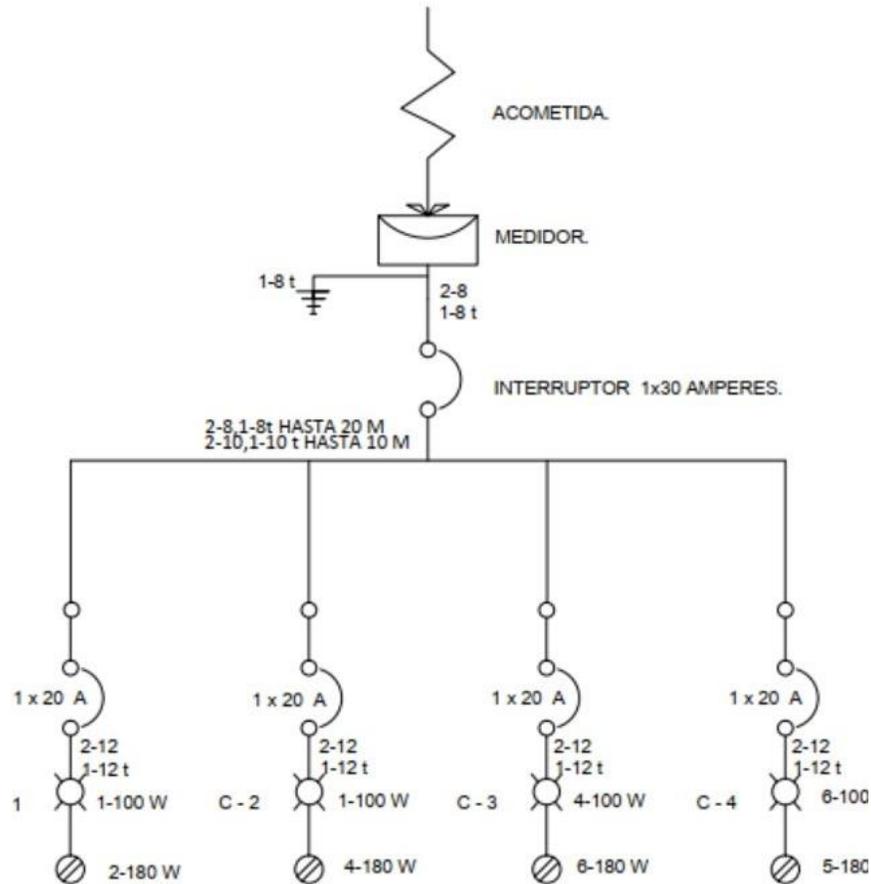
Procedimiento de Evaluación de Conformidad (PEC) de la NOM-001-SEDE-2012

Salvaguardar la seguridad de las personas y sus bienes (Diario Oficial de la Federación, noviembre 2017).



ECORFAN®

# Introducción



El PEC en su numeral 7.2 para instalaciones mayores a 100 kW se requiere cumplir con ciertos estudios y documentos:

1. El diagrama unifilar
2. La relación de cargas
3. Lista de materiales
4. Equipo utilizado

CUADRO DE CARGAS												
CIRCUITO	UBICACIÓN	LUMINARIA 100 W	TOMAS GENERALES 180 W	TOMAS ESPECIALES 3500 W	Fase 1 Corriente (A)	Fase 2 Corriente (A)	Fase 3 Corriente (A)	POTENCIA TOTAL (W)	LONGITUD salida más lejana	CONDUCTOR AWG	$\Delta E < 5\%$	PROTECCIÓN AMPERIOS
1	Luminarias alcobas, patio cuarto de estudio	10			8.3			1,000	16	14	1.84%	20
2	Luminarias sala comedor, cocina, zona de ropas cuarto de servicio	9				7.5		900	21.27	14	2.20%	20
3	Tomas cocina, zona de ropas, cuarto de servicio, sala comedor		10		15.0			1,800	27.16	12	3.54%	20
4	Tomas alcobas, cuarto de estudio, patio		10			15.0		1,800	26.16	12	3.41%	20
5	Toma estufa cocina			1	14.6	14.6	0.0	3,500	8	10	1.28%	40
	TOTAL	19	20	1	37.9	37.1	0.0	9,000				



# Introducción

ECORFAN®

## PROCEDIMIENTO EN LA INSPECCIÓN DE LA UVIE





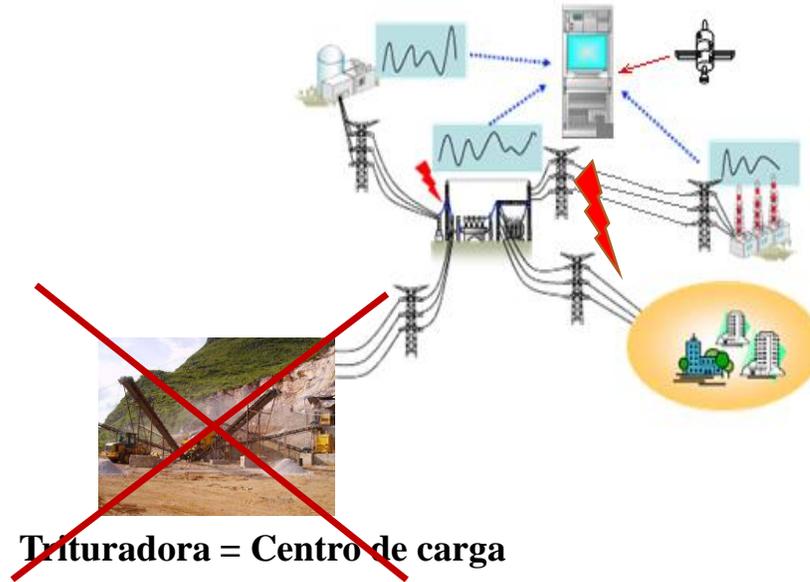
ECORFAN®

# Planteamiento del problema



- No existe el diagrama unifilar
- No tenemos el cuadro de cargas
- Multas por incumplimientos de la NOM-001-SEDE-2012

## Sistema Eléctrico Nacional



- Energía eléctrica de mala calidad
- Pérdidas de energía
- Reducción de vida útil de conductores y equipos
- Incremento en la facturación por alto consumo de energía y bajo Factor de Potencia.



ECORFAN®

# Metodología

Para este proyecto se empleó la siguiente metodología:

1. Preparación de herramientas, equipo de medición y del personal que realizará las mediciones y el levantamiento en campo.
2. Levantamiento físico en las instalaciones en baja tensión y en la subestación con ayuda de los planos eléctricos y diagrama unifilar, identificando cada uno de los conductores, canalizaciones, protecciones, tableros de distribución, circuitos derivados y equipos.
3. Instalar el equipo analizador de redes para almacenar los parámetros eléctricos de interés para nuestro estudio.
4. Analizar la información obtenida del levantamiento y de las mediciones con ayuda de hojas de cálculo que cuadro de cargas para realizar los balanceos por fase.
5. Definir las propuestas de mejora, a través de un informe, y si hay oportunidad ejecutar estas propuestas para comparar con las condiciones anteriores.
6. Comparar condiciones actuales contra las anteriores para verificar si las instalaciones eléctricas operan y se utilizan de manera eficiente.



**Procedimiento para que otras empresas industriales apliquen la eficiencia energética.**



ECORFAN®

# % Desbalance de carga entre las tres fases

Carga	kW fase A	kW fase B	kW fase C	kW total
<b>TAB 1, MARCA SQUARE D, MOD. JG250M81B, 460/318.94 V</b>				
Motor de inducción jaula de ardilla, trifásico, 460 V., 60 Hz, de 100 HP (quebradora)	24.866	24.866	24.866	74.6
Motor de inducción jaula de ardilla, trifásico, 460 V., 60 Hz, de 20 HP (banda transportadora)	4.97	4.97	4.97	14.92
Motor de inducción jaula de ardilla, trifásico, 460 V., 60 Hz, de 10 HP (criba)	2.49	2.49	2.49	7.46
Motor de inducción jaula de ardilla, trifásico, 460 V., 60 Hz, de 5 HP (motor de posicionamiento)	1.24	1.24	1.24	3.73
<b>TAB 2, MARCA SQUARE D, QO312L125GRB, 220/127 V</b>				
Circuito de alumbrado C-1 (20 luminarias de 2x38 W c/u)	1.672			1.672
Circuito de alumbrado C-3 (20 luminarias de 2x38W c/u)		1.672		1.672
Circuito de contactos C-2 (12 contactos de 162 W c/u)	1.944			1.944
Circuito de contactos C-4 (12 contactos de 162W c/u)		1.944		1.944
Minisplit de 12,000 BTU C-57	0.58		0.58	0.58
Minisplit de 12,000 BTU C-68	0.58		0.58	0.58
Total de kW por Fase	38.342	37.182	34.726	110.262
		Potencia total instalada		<b>110.262</b>

Original:

$$\% \text{ Desbalance} = \frac{kW_{mayor} - kW_{menor}}{kW_{mayor}} * 100$$

$$\% \text{ Desbalance} = \frac{38.342 \text{ kW} - 34.726 \text{ kW}}{38.342 \text{ kW}} * 100 = 9.43$$



ECORFAN®

# % Desbalance de carga entre las tres fases

Carga	kW fase A	kW fase B	kW fase C	kW total
<b>TAB 1, MARCA SQUARE D, MOD. JG250M81B, 460/318.94 V</b>				
Motor de inducción jaula de ardilla, trifásico, 460 V., 60 Hz, de 100 HP (quebradora)	24.866	24.866	24.866	74.6
Motor de inducción jaula de ardilla, trifásico, 460 V., 60 Hz, de 20 HP (banda transportadora)	4.97	4.97	4.97	14.92
Motor de inducción jaula de ardilla, trifásico, 460 V., 60 Hz, de 10 HP (criba)	2.49	2.49	2.49	7.46
Motor de inducción jaula de ardilla, trifásico, 460 V., 60 Hz, de 5 HP (motor de posicionamiento)	1.24	1.24	1.24	3.73
<b>TAB 2, MARCA SQUARE D, QO312L125GRB, 220/127 V</b>				
Circuito de alumbrado C-1 (20 luminarias de 2x38 W c/u)	1.672			1.672
Circuito de alumbrado C-11 (20 luminarias de 2x38W c/u)			1.672	1.672
Circuito de contactos C-2 (12 contactos de 162 W c/u)	1.944			1.944
Circuito de contactos C-10 (12 contactos de 162W c/u)		1.944		1.944
Minisplit de 12,000 BTU C-57	0.58		0.58	0.58
Minisplit de 12,000 BTU C-46		0.58	0.58	0.58
Total de kW por Fase	37.762	36.090	36.398	110.262
	Potencia total instalada			<b>110.262</b>

Propuesta para reducir el % desbalance cambiando algunas cargas monofásicas a otra fase.

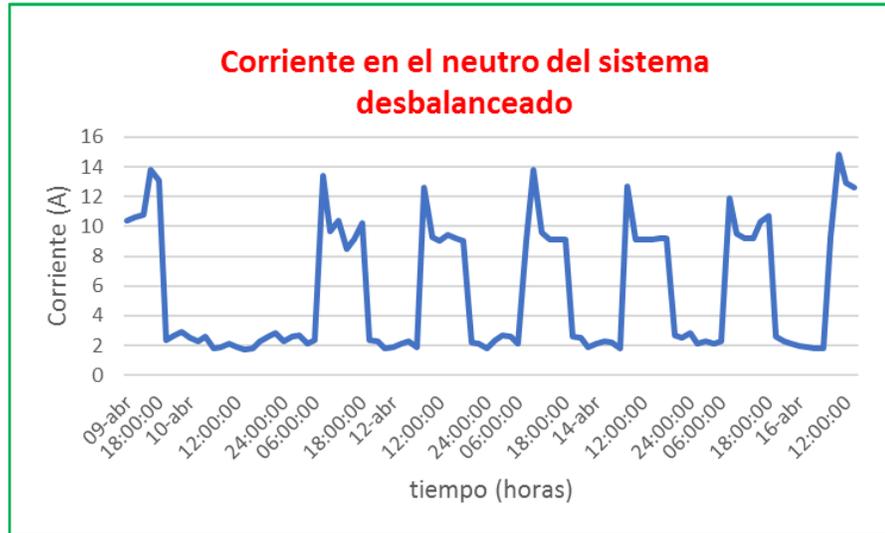
$$\% \text{ Desbalance} = \frac{37.762 \text{ kW} - 36.090 \text{ kW}}{37.763 \text{ kW}} * 100 = 4.42$$

**Este % desbalance < 5%, es aceptado por la NOM-001-SEDE-2012.**

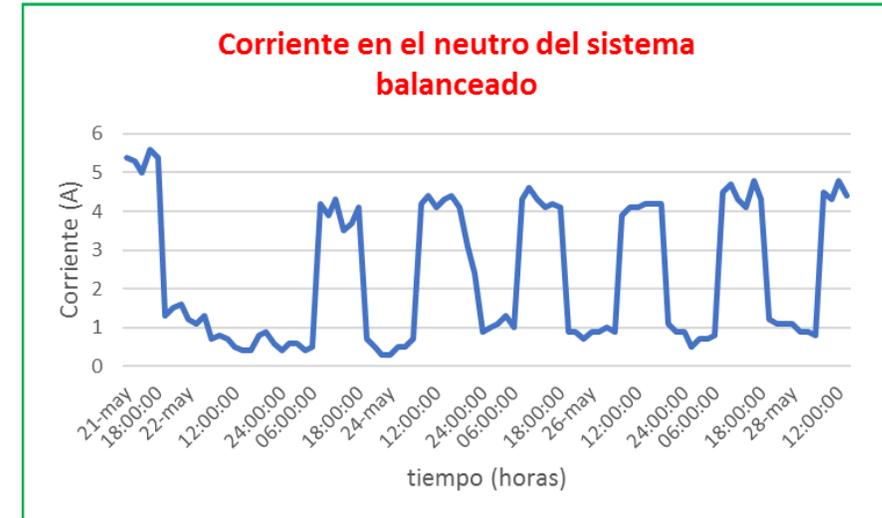


ECORFAN®

# Corrientes en el neutro



**Gráfica 2.** Valores de corriente en el sistema eléctrico cuando se encuentra desbalanceado de la Planta Quebradora. *Elaboración propia.*

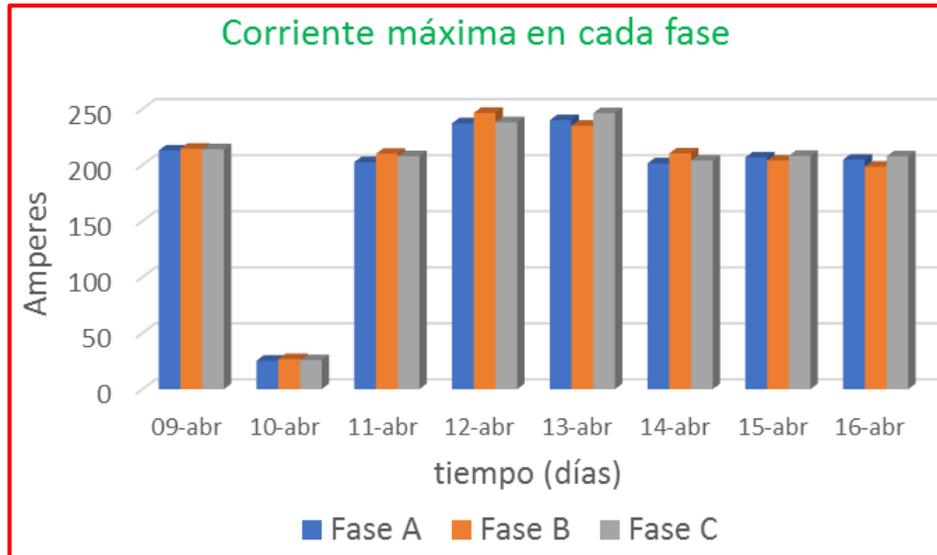


**Gráfica 3.** Valores de corriente en el sistema eléctrico cuando se encuentra balanceado de la Planta Quebradora. *Elaboración propia.*



ECORFAN®

# Anomalías en el Tablero 1



**Gráfica 4.** Consumo por fase y total durante los días de medición en el sistema eléctrico de la Planta Quebradora cuando se encuentra desbalanceado. *Elaboración propia*

Circuito alimentador del tablero TAB 1: son 3F+N del calibre **THHW 2/0 AWG** y de acuerdo con la tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 tiene una **ampacidad máxima de 195 Amperes** a una temperatura de operación de 90° C y el conductor de puesta a tierra es calibre 8 AWG desnudo. Debido a que la temperatura ambiente es de 38° C ocurre que dicho conductor disminuye su capacidad de conducir corriente.

**El conductor sufre deterioro en su aislamiento y se disminuye su vida útil, puede provocar una falla importante.**

**Cambiar el ITM de 3P-250 A. sino tendremos disparos indeseables.**



ECORFAN®

# Corrección de las anomalías en el Tablero 1

Calculamos la I corregida, tomando los siguientes factores de la tabla 310-15(b)(2)(a) de la NOM-001-SEDE-2012, obtenemos el F.C.T. = Factor de corrección por temperatura = 0.91; se toma un F.D. = Factor de demanda = 1.0 y el F.C.A. = Factor de corrección por agrupamiento = 1.0 debido a que sólo tenemos 3 conductores portadores de corriente.

$$I_{corr} = \frac{I_{nom}(F.D.)}{(F.C.T.)(F.C.A.)} = \frac{245.9A(1)}{(0.91)(1)} = 270.91 A$$

De acuerdo a la tabla de ampacidad de conductores, tenemos un alimentador con temperatura de operación de 90° C **THHW calibre 250 MCM**, con una **ampacidad de 290 Amperes** y una sección transversal de 127 mm<sup>2</sup>.

Criterio de caída de tensión:

$$\%e = \frac{2\sqrt{3} L I_{nom}}{s V_f} = \frac{2\sqrt{3}(14m.)(245.94 A)}{(127 mm^2)(480V)} = 0.195\% < 3\%$$

**cumple con la NOM-001-SEDE-2012**



ECORFAN®

# Corrección de las anomalías en el Tablero 1

---

Se procede ahora a calcular la protección del circuito alimentador del tablero TAB 1:

$$I_{protección} = 125\% I_{pcmotor\ mayor} + \Sigma I_{pcotros\ motores} + \Sigma I_{misceláneos}$$

$$I_{protección} = 1.25 (124 A) + 56.6A + 65.3A = 276.9 A$$

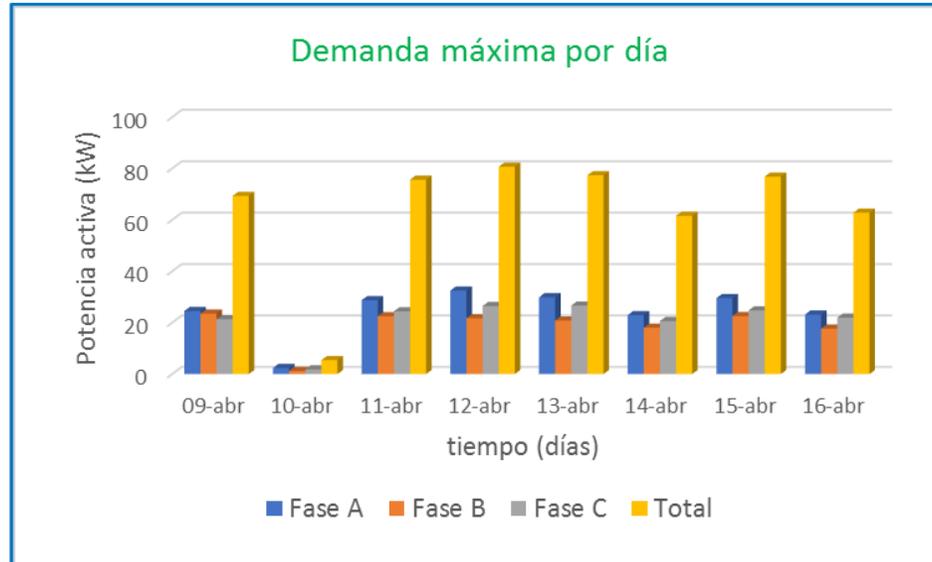
**Se requieren un interruptor termomagnético de 3P-300 Amperes.**

El conductor de puesta a tierra se obtiene de la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012 y se obtiene el conductor calibre **4 AWG de cobre desnudo.**

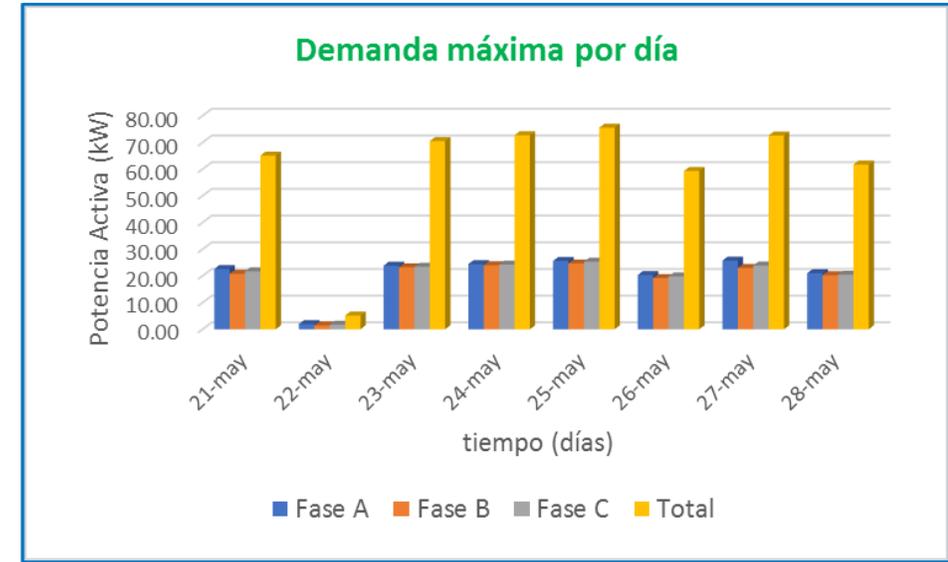


ECORFAN®

# Análisis de la demanda (kW)



**Gráfica 5.** Demanda por fase y total de la Planta Quebradora durante la medición antes del balanceo de cargas. *Elaboración propia.*

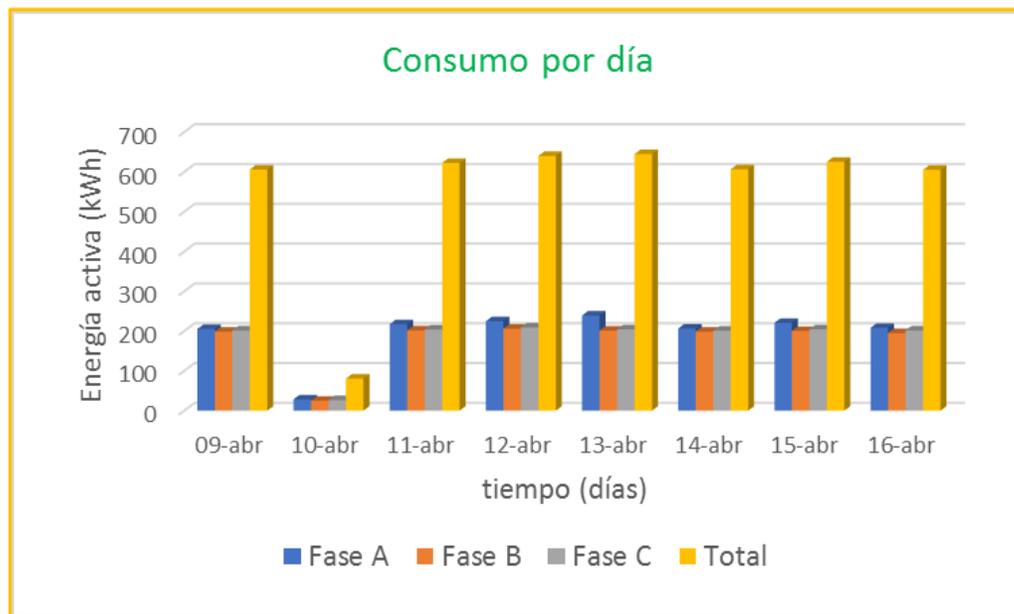


**Gráfica 6.** Demanda por fase y total de la Planta Quebradora durante la medición posterior a las modificaciones y al balanceo de cargas. *Elaboración propia.*

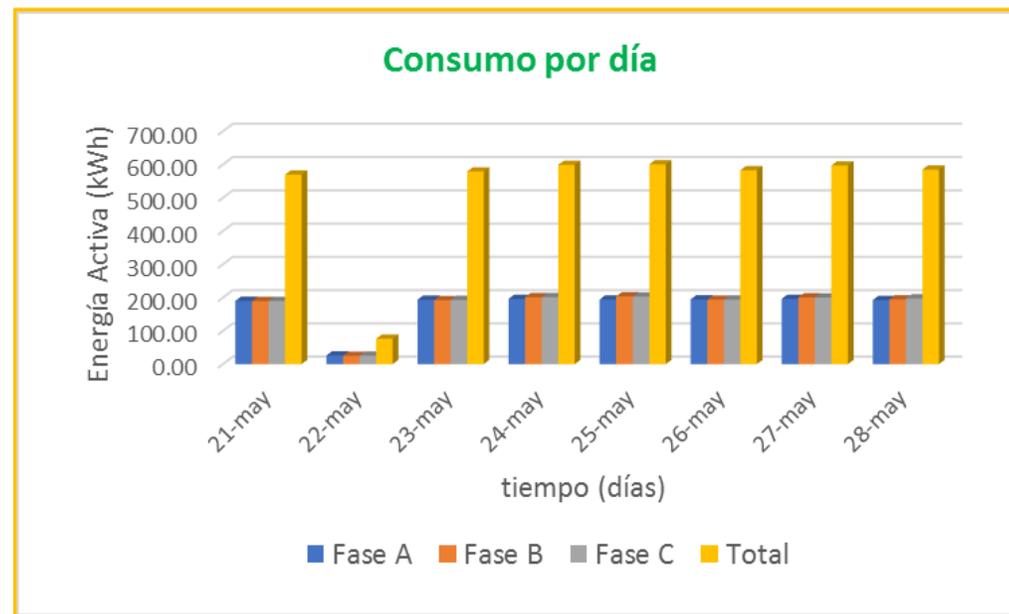


ECORFAN®

# Análisis del consumo (kWh)



**Gráfica 7.** Consumo por fase y total de la Planta Quebradora durante la medición antes del balanceo de cargas. *Elaboración propia.*

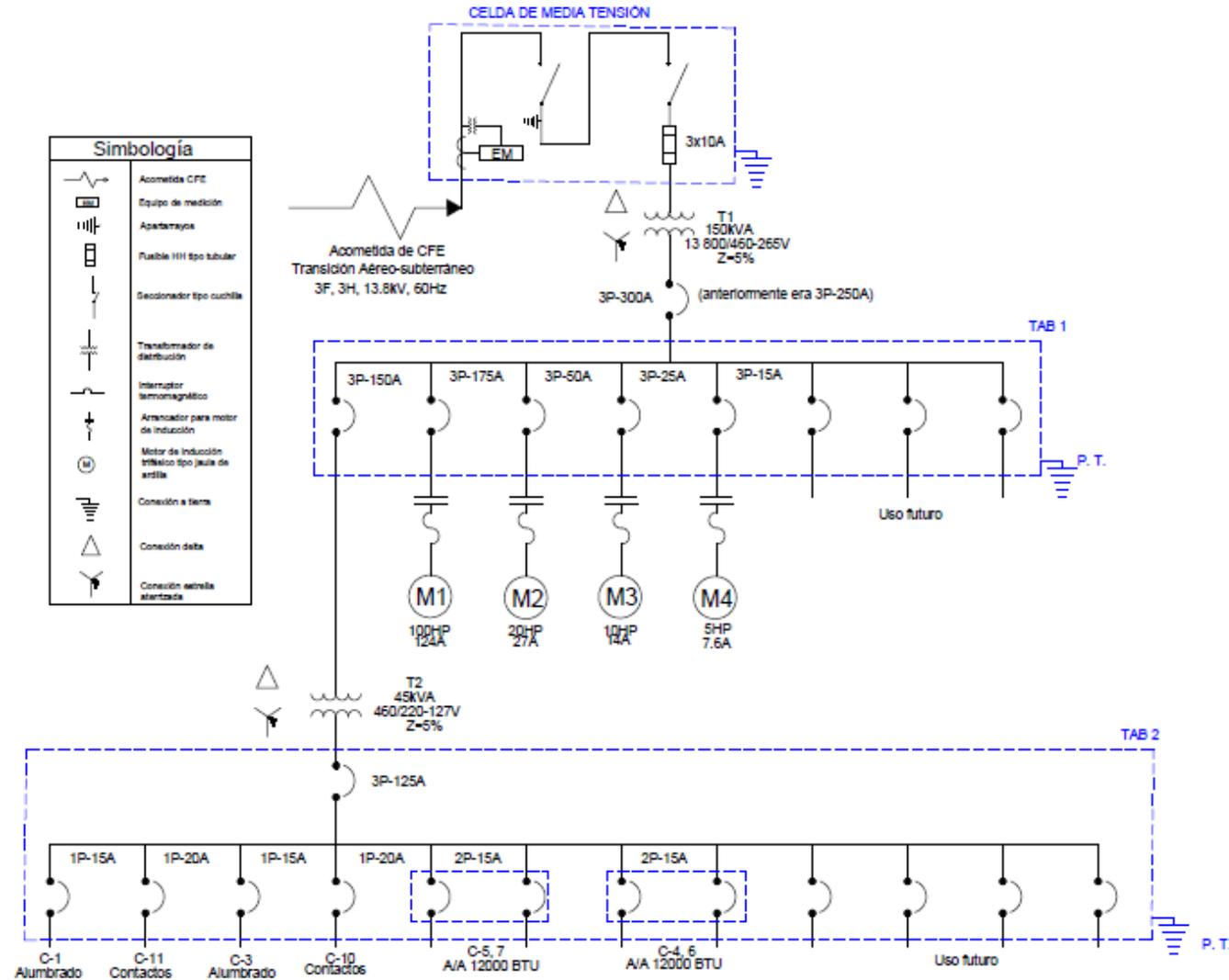


**Gráfica 8.** Consumo total y por fase de la Quebradora durante la medición posterior a las modificaciones. *Elaboración propia.*



ECORFAN®

# Diagrama unifilar actual





ECORFAN®

# Conclusiones

---

- ✓ El estudio desarrollado en una Planta Quebradora de piedras y minerales proporciona una metodología para la implementación de un estudio de eficiencia energética a través del diagnóstico energético en empresas del sector industrial y así dar cumplimiento al Procedimiento de Evaluación de Conformidad (PEC) de la NOM-001-SEDE-2012.
- ✓ El diagrama unifilar, los cálculos y las mejoras realizadas aportaron resultados importantes y concluyentes que demuestran la eficiencia del sistema trifásico en baja tensión y la posibilidad de que este modelo pueda ser implementado en empresas del sector industrial.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/booklets](http://www.ecorfan.org/booklets))