

# “ESTUDIOS ELÉCTRICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO DE TRANSFERENCIA INTERNACIONAL DE CARGA DEL ECUADOR EN EL PUERTO DE MANTA ”

Martin Andrade R. <sup>(1)</sup> Jonathan Moncada <sup>(2)</sup> Fernando Vaca <sup>(3)</sup>  
Facultad de Ingeniería Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
martin.andrade34@hotmail.com

## Resumen

*La Comisión Especial Interinstitucional Proyecto Puerto Transferencia Internacional Carga En Puerto Manta (CEIPPTICEPM) presidida por el alcalde de la ciudad de Manta, contrató a una empresa de origen Mexicana especializada en puertos denominada PREDESAEC para llevar adelante los estudios mencionados.*

*Una vez definida por PREDESAEC las diversas áreas que van a constituir el nuevo puerto de la ciudad de Manta, se dividieron de la siguiente forma:*

*Área de muelles: inicialmente con 5 grúas tipo QC con una demanda de 2.2 MVA cada una.  
Área de Reefers : capacidad de almacenamiento de 660 contenedores refrigerados  
Área de talleres  
Área de almacenamiento de contenedores.  
Áreas de oficinas administrativas  
Vías de circulación  
Área para la subestación.*

*Definidas las áreas, se planteó la necesidad de establecer las demandas para cada una de las áreas a servir y la manera más económica de la distribución de la energía. Por su alta demanda fue necesaria la instalación de una subestación de 69/13.8 KV.*

*Se definieron que las mayores demandas que son las grúas tendrán alimentadores por cada par de grúas y patio de reefers serían servidos por alimentadores individuales.*

*Para las demás áreas se establecieron centros de distribución de carga en las cercanías.*

**Palabras Claves:** Reefers, Padmounted

## Abstract

*The Interagency Task Commission Draft International Cargo Transfer Port In Puerto Manta (CEIPPTICEPM) chaired by the mayor of the city of Manta, hired a Mexican company specializing in home ports called PREDESAEC to carry out these studies.*

*Once defined by PREDESAEC the various areas that will constitute the new port city of Manta, were divided as follows:*

*Dock area initially 5 cranes QC guy with a demand off 2.2 MVA each.  
Area Reefers: storage capacity of 660 refrigerated containers  
Workshop area  
Container storage area.  
Areas of administrative offices  
Roads  
Substation area.*

*Defined areas, the need for the demands for each of the areas to serve and the most economical way of energy distribution was raised. High demand for installing a substation 69 / 13.8 KV was required.*

*They defined that higher demands are cranes have feeders for each pair of cranes and yard reefers would be served by individual feeders.*

*For other areas load distribution centers were established nearby.*

**Keywords:** Reefers, Padmounted

## 1. Introducción

El gobierno nacional en el ánimo de fomentar el desarrollo del puerto de Manta cuyo puerto de aguas profundas no cumple con las condiciones para la llegada de buques modernos de gran capacidad denominados Post-Panamax.

Es por esto que se creó la Comisión Especial Interinstitucional para el Proyecto del Puerto de Transferencia Internacional de Carga En el Puerto de Manta, (CEIPTICEPM) presidida por el alcalde de la ciudad de Manta para contratar el diseño del nuevo puerto.

Esta comisión contrató a la compañía PREDESAEC, compañía mexicana de amplia experiencia internacional en puertos para llevar a cabo dicho estudio y esta a su vez a CEYM S.A. para realizar el diseño eléctrico.

## 2. Aspectos generales

Planteada la ubicación de los equipos y su distribución dentro del puerto, así como sus demandas individuales se establecieron los siguientes aspectos generales:

El puerto es considerado un área estratégica y la confiabilidad del servicio eléctrico es una prioridad.

Las áreas a servirse se dividieron de la siguiente forma:

- Área de muelles con 5 grúas tipo Quay Crane de 2.2 MVA cada una en la primera etapa.
- Área de Reefers con un total de 660 contenedores refrigerados.
- Área de talleres y oficinas
- Área de iluminación de patios de almacenamiento y vías.
- Área de subestación.

## 3. Diseño eléctrico del área de muelles

En el área de muelles se instalarán 5 grúas pórtico en la etapa 1, con una demanda de 2.2 MVA cada una.

Para suplir la demanda del área de muelles se estableció un centro de distribución de carga denominado “Cto. De Grúas” servido por 3 alimentadores en media tensión (un alimentador por cada par de grúas).

Cada una de las grúas está servida por una celda disyuntor para su protección.

El conjunto de celdas que brinda el servicio en media tensión a las grúas se complementó con celdas seccionadoras y remonte para brindar mayor

confiabilidad al conjunto, permitiendo que en caso de falla de uno de los alimentadores, ninguna grúa quede sin servicio. Esta disposición se muestra en el diagrama unifilar correspondiente.

Otra particularidad de la instalación eléctrica de las grúas, es su dependencia de la puesta a tierra. Por esta razón son servidas por un conductor concéntrico con 3 conductores de fuerza, un conductor de tierra, un conductor piloto y un conductor de fibra óptica para comunicaciones. El conductor piloto se conecta al “Ground check relay” que es el encargado de la desconexión de la celda respectiva en caso de desconexión del conductor de tierra.

## 4. Diseño eléctrico del área de reefers

Se contempla la implementación de un patio de contenedores refrigerados para una capacidad de 660 contenedores refrigerados que están divididos en tres fases:

Fase 1: Instalación de 60 tomas para contenedores refrigerados.

Fase 2: Instalación de 330 tomas adicionales.

Fase 3: Instalación de 270 tomas adicionales.

La carga total de patio de Reefers se la ha dividido en 4 transformadores: TR1-RF1, TR2-RF2 c/u de 2000 KVA y TR3-RF3, TR4-RF4 c/u de 1500KVA, 3Ø, 13.2 KV/480 V, 60 Hz, sumergidos en aceite y alimentados con voltaje de 13.8 KV que proviene de la Subestación de 69 KV para cada una de las fases.

## 5. Diseño eléctrico de área de talleres y oficinas

El estudio contratado no incluía diseños de distribución de oficinas ni talleres, por lo que se estimó la demanda de las oficinas y talleres. Dichas demandas se establecieron en transformadores tipo padmounted de 200 KVA para oficinas y 300 KVA para talleres.

## 6. Diseño eléctrico de áreas de patios de almacenamiento y vías

Para alimentar todos los transformadores de iluminación, oficinas y talleres, se crearon 2 centros de distribución de carga denominados 1 y 2.

Para aumentar la confiabilidad del sistema se creó un alimentador de interconexión, para que en caso de fallo de uno de los alimentadores a cualquiera de los 2 centros de carga se alimentaría desde el otro.

Los alimentadores a cada uno de los centros de carga serán con 3# 4/0 AWG 15 KV y un conductor # 2 AWG THHN para tierra. El alimentador de interconexión tendrá el mismo calibre.

Todos los alimentadores que parten de estos centros de distribución a cada uno de los transformadores serán 3#2 AWG 15 KV +T#4 AWG.

Las celdas de protección de los alimentadores serán celdas modulares metálicas que usan hexafluoruro de azufre (SF6) como elemento aislante y agente de corte. La disposición de dichas celdas está descrita en el diagrama unifilar general.

## 7. Diseño de iluminación de vías y patios de almacenamiento

El proyecto contempla la iluminación artificial del puerto, para lo cual se utilizan torres de Iluminación metálicas tipo High Mast de 30m de altura para patios de almacenamiento, postes de hormigón de 18m para parqueaderos y 11m de altura para vías de circulación.

Los resultados del programa de iluminación se describen a continuación:

**Tabla 1.** Niveles de iluminancia

Niveles de iluminancia en zonas operación		
Área	Prom (luxes)	Prom. Seg. (luxes)
Vías	10	5
Parqueadero	20	10
Accesos	50	10
Embarcadero	20	10
Patios	20	10
Área de trabajo	50	10

## 8. Diseño de la subestación 69 KV

El Como lineamiento general CNEL Regional MANABI ha establecido que la línea de 69 KV a diseñarse y construirse para proporcionar servicio eléctrico a esta nueva subestación, partirá desde una posición de salida en la subestación Manta 4 ó en su defecto desde la subestación Manta 1.

Se ha procedido a realizar el diseño de la SUBESTACION bajo el siguiente esquema:

La subestación será del tipo abierta para exterior por lo que todo el equipamiento deberá ser fabricado para uso a la intemperie, con excepción del switchgear y tableros de control y protección para

13.8 KV que estarán instalados en el interior del respectivo cuarto de control.

Estará conformada por una estructura metálica galvanizada empernada (pórtico) de llegada de 69 KV, un interruptor principal frente muerto, una estructura metálica galvanizada empernada (cuadro) de 69 KV, dos estructuras galvanizadas empernadas de 69 KV para soporte de dos juegos de aisladores tipo poste, dos interruptores frente vivo que servirán de protección a dos transformadores de poder de 12/16 MVA respectivamente.

Sobre el pórtico principal a nivel de 69 KV a suministrarse e instalarse, se instalará principalmente: 1 seccionador para operación tripolar manual con cuchilla de puesta a tierra, 3 pararrayos, 3 transformadores de corriente, 3 cadenas de aisladores de retención y 9 aisladores tipo poste.

Las alturas y espaciamentos de diseño estarán de acuerdo a normas nacionales y a los reglamentos de seguridad para este tipo de instalaciones.

Todas las estructuras metálicas y los equipos de la subestación, estará debidamente puestos a tierra por medio de conductores conectados a la malla diseñada. La conexión a la malla de tierra deberá hacerse estrictamente en los puntos que cada equipo disponga para este fin. En el caso de las estructuras metálicas, el punto de conexión deberá ser empernado a las mismas.

Las estructuras metálicas deberán ser construidas de tal forma que no se presenten deformaciones permanentes en sus elementos. El cálculo estructural de estas estructuras estará realizado para soportar todas las cargas muertas, vivas, esfuerzos de cortocircuito.

Las dimensiones de las estructuras también estarán en función de las normas para distancias de seguridad de los conductores con respecto a estructuras metálicas.

Se determinó la instalación de un interruptor principal frente muerto para protección general de la subestación. Según requerimientos de la empresa eléctrica local y tomando en consideración la capacidad de la subestación, la barra de 69 KV se conformará con cables de cobre # 250 MCM. Las derivaciones a cada uno de los interruptores frente vivo se harán con cable de cobre # 250 MCM, pasando cada una de ellas primeramente por dos juegos de aisladores tipo poste (estación), los mismos que estarán asentados sobre pequeñas estructuras metálicas de soporte.

Se deberá utilizar aisladores y terminales adecuados para lograr la conformación de barras que se muestra en los planos de diseño.

Los aisladores tipo estación deberán tener base plana, para ser fijados por medio de 4 pernos de 5/8" dispuestos en un círculo de 3" de diámetro, y cumplir con la referencia técnica ANSI TR-216, color gris claro, 350 KV BIL, esfuerzo nominal 2,800 libras en cantiléver, 5000 libras en tensión, distancia de fuga 71 pulgadas de distancia de fuga.

Las cadenas de retención estarán formadas por 6 aisladores tipo disco de porcelana, Clase ANSI 52-3, de 10 pulgadas de diámetro, tipo "ball & socket", color gris No. 70. Como referencia se tienen los aisladores LAPP.

Las alimentaciones del lado primario a cada uno de los transformadores se harán con cable de cobre # 250 MCM.

Del lado secundario de cada uno de los transformadores partirán las acometidas aisladas 13,8 KV de manera subterránea hasta la celda principal de media tensión de cada uno de ellos, las mismas que estarán ubicadas en el interior del cuarto de celdas. Junto a cada una de las celdas principales (2) se instalarán:

- Celdas secundarias de las alimentadoras desde las cuales saldrán las respectivas acometidas individuales hacia los diferentes centros de cargas (11)
- Celda del medidor totalizador (1).
- Celda de protección del transformador auxiliar padmounted (1).
- Celdas de interconexión (2)
- Celda de entrada del sistema de generación (1).
- Celdas de reserva (2)

Adicionalmente, en el interior de la sala de control se instalará principalmente 1 banco de baterías ácido-plomo 48 V. D.C. y 1 cargador de baterías 48 V. D. C., 3 Tableros de Control y Protección correspondientes a la protección principal (TCP0) y la de los dos transformadores de poder (TCP1 Y TCP2), 1 Panel de Distribución (TDP) 208/120 V. C.A., 1 Panel de Distribución 48 V. D. C.

Los equipos a instalarse en la subestación serán obligatoriamente nuevos y de primera calidad.

## 9. Cálculo de la demanda

El cálculo de la demanda total incluidas las 3 etapas se resume de la siguiente manera:

**Tabla 2.** Cálculo de la demanda

Descripción	CALCULO TOTAL DE LA DEMANDA					
	Cant.	Un.	Dem (KVA)	Dem (MVA)	Fac. Dem	Total (MVA)
Grúas	11	U	2.200	24.2	1.0	24.2
Reefers	660	U	12.5	8.25	0.72	5.94
Edificios	1	Gb	3.224	3.22	0.80	2.58
Alumbrado	1	Gb	608	0.61	1.00	0.61
<b>TOTAL</b>				<b>36.28</b>	<b>0.88</b>	<b>33.33</b>

Con una demanda estimada total de 33.33 MVA y considerando un factor de coincidencia de 0.8 tendremos una demanda total de 26.6 MVA.

Por lo tanto se deberán instalar 2 transformadores de 12/16 MVA 67/13.8 KV

## 10. Conclusiones

1. Todas las conclusiones están plasmadas en el diagrama unifilar general, y en los detalles de conexiones y equipos presentadas en los planos, adicionalmente puesto que se consideran los puertos como áreas estratégicas se debe mejorar la confiabilidad del servicio, por lo que se aumentó en cada una de las áreas un enlace entre celdas para mejorar la confiabilidad en el servicio permitiendo, en caso de falla restaurar la continuidad del funcionamiento solamente con una transferencia entre celdas.
2. Puesto que la construcción será por etapas, en la etapa inicial se instalará solo un transformador de 12/16 MVA y en la etapa posterior el segundo.
3. Para la iluminación se respetarán las normas IESNA **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para puertos, que se detallan a continuación:

**Tabla 3.** Normas IESNA

Normas IESNA para puertos			
Zona	Unidad	Norma IESNA	referencia
Muelles	luxes	50	[ 2 ]
Patios	luxes	5	[ 2 ]
Bodegas	luxes	100	[ 1 ]
Vías circulación	luxes	9	[ 4 ]
Accesos (garitas)	luxes	100	[ 3 ]
Parqueaderos	luxes	10	[ 3 ]

## 11. Recomendaciones

1. Para el área de muelles (grúas) las recomendaciones se resumen en el uso de 3 alimentadores por cada par de grúas y la disposición de celdas mostrada en planos para mayor confiabilidad del sistema.
2. Por la misma razón se recomienda el uso de conectores tipo “CAVOTEC” que permiten la desconexión de la grúa y reconexión en otro alimentador en caso de falla.
3. La instalación de una malla de tierra unida a los rieles de grúa para mayor protección en caso de descargas atmosféricas.
4. Para servicios generales como iluminación, patio CFS, talleres y oficinas se recomienda la disposición de celdas y un alimentador de unión tal como se muestra en planos, que brinda mayor confiabilidad del sistema.
5. Se recomienda el uso de torres de iluminación de 30 m para patios de contenedores, y postes de hormigón de 18m para parqueaderos de carros y camiones y de 12 m para iluminación de vías.

## 12. Referencias

- [1] Lighting Handbook 8th Edition, Illuminating engineering society of North America, 460, Fig 11.1.
- [2] Lighting Handbook 8th Edition, Illuminating engineering society of North America, 651, Fig 20-16.
- [3] Lighting Handbook 8th Edition, Illuminating engineering society of North America, 900, Fig 33.6.
- [4] Lighting Handbook 8th Edition, Illuminating engineering society of North America, 772, Fig 24.23.
- [5] Lighting Handbook 8th Edition, Illuminating engineering society of North America, 759, Fig 24.8.