

LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA  
INDUSTRIA PETROLERA COLOMBIANA

NÉSTOR RAÚL ORTEGA HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA  
2016

LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA  
INDUSTRIA PETROLERA COLOMBIANA

NÉSTOR RAÚL ORTEGA HERNÁNDEZ

Monografía para optar por el título de  
Gerencia en Hidrocarburos

Director  
DIRECTOR: HERMANN RAÚL VARGAS TORRES  
Ingeniero Electricista

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA  
2016

## CONTENIDO

	PÁG.
1. TERMINOLOGÍA IMPORTANTE PARA CLASIFICAR UN ÁREA PELIGROSA .....	14
2. RIESGOS EN LAS INSTALACIONES PETROLERAS .....	15
3. NORMAS AMERICANAS (NFPA).....	17
3.1. GRADOS DE PROTECCIÓN NEMA .....	19
4. NORMAS EUROPEAS .....	21
5. DIFERENCIAS ENTRE LAS NORMAS AMERICANAS Y EUROPEAS .....	23
6. NORMAS COLOMBIANAS .....	25
7. COMPARATIVO ECONÓMICO DE DOS PROYECTOS QUE APLICAN DIFERENTES NORMAS .....	28
8. CONCLUSIONES .....	36

## LISTA DE TABLAS

	PÁG
Tabla 1. Grados de protección con respecto a cuerpos extraños y objetos sólidos.....	18
Tabla 2. Grados de protección con respecto al ingreso perjudicial del agua .....	18
Tabla 3. Grado de protección de resistencia al impacto .....	18
Tabla 4. Grados de protección IP .....	19
Tabla 5. Zonas según el nivel de riesgo en Normas Americanas y Europeas .....	19
Tabla 6. Tabla de aproximación entre cerramientos NEMA e IEC.....	20
Tabla 7. Presupuesto de banco de ductos eléctrico con normas de la operadora nacional. ....	24
Tabla 8. Presupuesto de banco de ductos eléctrico con normas de una compañía canadiense .....	27
Tabla 9. Cuadro comparativo de los dos presupuestos, con normas ECOPETROL y normas de compañía canadiense. ....	31

## RESUMEN

**TITULO:** LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA INDUSTRIA PETROLERA COLOMBIANA<sup>1</sup>

**AUTOR:** NÉSTOR RAÚL ORTEGA HERNÁNDEZ<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** ÁREA CLASIFICADA, NORMAS AMERICANAS, NORMAS EUROPEAS, NORMAS COLOMBIANAS, NORMAS DE ECOPETROL

### DESCRIPCIÓN:

En Colombia para todas las instalaciones eléctricas se tiene la norma ICONTEC NTC2050 o Código Eléctrico Colombiano, en la cual se encuentra las normas para las “áreas clasificadas”; sin embargo no es puntual para instalaciones donde se extrae, procese almacene o transporte productos peligrosos como los derivados del petróleo y gas.

Los diseñadores de instalaciones eléctricas petroleras en colombiana, se apoyan en las normas internacionales, para el diseño de una instalación petrolera, se mezclan las normas europeas (IEC) con las normas americanas (NFPA, IEEE) y muchas veces se mal interpretan.

En repetidas ocasiones al combinar las dos normas, o al aplicar una particularidad de la norma que no está presente en la geografía colombiana, hace que los costos de las instalaciones y los equipos se incrementen, llevando a que un proyecto no sea viable.

El objetivo de esta monografía, es llevar a que la industria petrolera colombiana tenga sus propios lineamientos, tomando las normas internacionales y

---

<sup>1</sup> Monografía

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Petróleos. Especialización en Gerencia de Hidrocarburos, Director Hermann Raúl Vargas Torres, Ingeniero electricista

adaptándolas a las condiciones de las regiones donde se encuentran estas instalaciones en el territorio colombiano, llevando a reducir costos y por lo tanto a hacer viables los proyectos en el sector de los hidrocarburos.

Colombia al igual como lo hacen otros países de la zona como Brasil y México, debería tener sus propias normas para la industria petrolera. Y ECOPETROL como la mayor empresa operadora de Colombia y que tiene parte de su capital del estado, debería tener normas actualizadas y de amplia difusión, tal como lo hacen las empresas de energía colombianas como EPM y CODENSA.

## ABSTRACT

TITLE: GUIDELINES FOR DESIGN ELECTRICAL INSTALLATIONS IN THE COLOMBIAN PETROLEUM INDUSTRY<sup>3</sup>

AUTHOR: NÉSTOR RAÚL ORTEGA HERNÁNDEZ<sup>4</sup>

KEYWORDS: AREA CLASSIFIED, AMERICAN STANDARDS, EUROPEAN STANDARDS, COLOMBIAN STANDARDS, ECOPETROL STANDARDS.

### DESCRIPTION:

In Colombia for all electrical installations have the standards ICONTEC NTC2050 or Colombian Electrical Code, in which the standards for "hazardous areas" is; but it is not timely for installations where it is extracted, processed, stored or transported hazardous products such as oil and gas .

The designers of oil electrical installations in Colombian, are based on international standards for the design of an oil facility , European standards (IEC ) are mixed with American standards ( NFPA , IEEE ) and often misinterpret

Repeatedly by combining the two standards, or by applying a standard feature of which is not present in the Colombian geography, it makes the costs of facilities and equipment will increase, leading to a project not feasible.

---

<sup>3</sup> Monograph

<sup>4</sup> Physicochemical Faculty of Engineering . Petroleums school . Specialization in Management of Hydrocarbons , Director Hermann Raul Vargas Torres, Electrical Engineer

The aim of this monograph is to bring to the Colombian oil industry has its own guidelines, taking international standards and adapted to the conditions of the regions where these facilities in Colombian territory, leading to lower costs and therefore to make viable projects in the oil and gas sector.

Colombia as well as other countries in the region such as Brazil and Mexico, should have their own standards for the oil industry. And ECOPETROL as the largest operating company in Colombia and has part of its state capital, should be updated standards and widely available, as do Colombian energy companies as EPM and CODENSA.

## INTRODUCCIÓN

En instalaciones petroleras, se tienen áreas en las cuales se llevan a cabo operaciones de transporte, manejo, procesamiento y almacenamiento de productos inflamables; esto conlleva la presencia de gases o vapores que, en concentraciones con el aire, forman mezclas inflamables representando un riesgo potencial de ignición causada por un arco, una chispa o una superficie caliente.

Estos sitios donde se puede formar una atmósfera explosiva son llamados “áreas clasificadas”

En estas áreas el uso inadecuado de la energía eléctrica puede causar una explosión causando una lesión, muerte o daños a las instalaciones o al medio ambiente.

Debido a los accidentes presentados se crearon normas para las áreas clasificadas, las dos normas más importantes usadas para el diseño y construcción de las construcciones eléctricas son: La normatividad americana o de Estados Unidos (NFPA) y la normatividad europea (IEC).

Sin embargo las normas americanas tienen algunas diferencias con las normas europeas. En Colombia, al inicio de la industria petrolera, se trabajaba con las normas americanas debido a que las empresas que empezaron a construir instalaciones para la extracción y el tratamiento del crudo eran de origen americano, en la actualidad se encuentran trabajando en Colombia varias empresas europeas o de origen europeo y han traído consigo las normas europeas o internacionales, por lo tanto en Colombia se manejan las dos normas, muchas veces en un proyecto se aplica una parte con norma americana y otra con norma europea, o se combinan.

En repetidas ocasiones al combinar las dos normas, o al aplicar una norma para una particularidad que no está presente en la geografía colombiana hace que los costos en la instalación y los equipos se incrementen, debido a que un material o

equipo puede costar de 3 a 5 veces más para un área muy peligrosa a otra no tan peligrosa o normal.

En Colombia para todas las instalaciones eléctricas se tiene la norma ICONTEC NTC2050 o Código Eléctrico Colombiano, en la cual se encuentra la normatividad para las “áreas clasificadas”; pero no es puntual para instalaciones donde se extrae, procese almacene o transporte productos peligrosos como los derivados del petróleo y gas.

Los diseñadores se basan en las normas internacionales combinando las normas europeas con las normas americanas y muchas veces mal interpretándolas.

Así como las empresas de distribución y comercialización de energía han creado sus normas, basados en las normas internacionales, en la norma NTC2050 y en el RETIE. Estos han creado las normas técnicas de construcción, que detallan las características constructivas que deben cumplir sus instalaciones eléctricas. Con esto han unificado los criterios para la construcción de las instalaciones eléctricas.

Al igual se debería hacer con las instalaciones eléctricas para las áreas petroleras. La mayor operadora del país ECOPETROL debería tener codificadas sus propias normas para todas sus instalaciones eléctricas del país. Aunque ECOPETROL tiene varias normas no son de amplia difusión y no abarcan todas las instalaciones y detalles, debería tener sus propias normas con detalles y típicos codificados para evitar las disparidades en la ejecución de sus obras.

En repetidas ocasiones al combinar las dos normatividades, o al aplicar una normatividad para una particularidad que no está presente en la geografía colombiana hace que los costos en la instalación y los equipos se incrementen, debido a que un material o equipo puede costar de tres a cinco veces más para un área muy peligrosa (con atmósferas explosivas) a otra no tan peligrosa.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> León, Instalaciones Especiales, REME INTERNACIONAL SAS, eme@telecorp.net , Bogotá, Septiembre 23 de 2011

Esto lleva a que el tiempo de diseño sea más extenso, el proyecto en sí puede resultar mucho más costoso y se pueden encontrar diseños con bastantes diferencias para una misma aplicación. Por ejemplo las instalaciones eléctricas de una estación que se usa para tratar el crudo en Castilla Meta, puede ser muy diferente a una estación en campo Rubiales, Meta.

Para las instalaciones eléctricas residenciales e industriales, Colombia tiene unos lineamientos que establecen las mínimas características que deben tener sus redes, estos lineamientos pueden variar según las zonas. Los operadores de red (Ej. Electrificadora de Santander, CODENSA, EPM, CEDENAR) tienen sus propios lineamientos, para que sus instalaciones según su aplicación sean muy similares.

En las instalaciones petroleras no se aplica una única norma nacional, por ejemplo las instalaciones eléctricas de los campos de ECOPETROL, difieren bastante de las instalaciones de Pacific Rubiales y Mansarrovar Energy y otros. Inclusive los lineamientos difieren entre los diferentes campos que tiene ECOPETROL, el sector de Barrancabermeja difiere de los del Meta y de Casanare.

Debido a esto la propuesta es plantear la posibilidad de tener los mismos lineamientos en toda Colombia para las instalaciones eléctricas petroleras; que las instalaciones de las estaciones de ECOPETROL sean similares a las de Pacific, OXY , Mansarrovar Energy y de otras que han entrado al país<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> H. A. Chu, Instituto de Investigaciones Eléctricas Reforma 113, Col. Palmira Cuernavaca, Mor. 62490, México “Seguridad Eléctrica en Instalaciones Petroleras”

## 1. TERMINOLOGÍA IMPORTANTE PARA CLASIFICAR UN ÁREA PELIGROSA

Área clasificada: Lugar donde puede existir riesgo de incendio o explosión debido a la presencia normal o anormal de vapores o gases inflamables, polvos o fibras combustibles e inflamables.

Flash Point (punto de inflamación) F.P.: Temperatura mínima en la que un líquido desprende suficiente vapor que mezclado con el aire produce una mezcla inflamable.

Líquido inflamable (clase I): Cualquier líquido cuyo punto de inflamación es inferior a 37,8°C.

Líquido combustible Clase II: Líquido cuyo 37,8°C < F.P. < 60°C

Líquido combustible Clase IIIA: Líquido cuyo 60°C < F.P. < 93°C

Líquido combustible Clase IIIB: líquido cuyo F.P. > 93°C

Mezcla inflamable: Combinación de gas o vapor con aire capaz de ser iniciada por una fuente de calor.

Temperatura de auto ignición: Temperatura mínima requerida, en condiciones normales, para iniciar la combustión de una mezcla de un elemento peligroso con aire, en condiciones específicas,

Intervalo de seguridad experimental máximo (MESG): Máxima separación que debe haber entre dos superficies metálicas paralelas de un encerramiento o dispositivo, para que una explosión en el interior no se transmita al medio que lo rodea de manera que pueda generar una reacción en cadena debido a la presencia de una mezcla de gas o vapor – aire circundante.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, Norma NTC 2050, 1ª. Actualización, 25 de noviembre de 1998, ICONTEC

## **2. RIESGOS EN LAS INSTALACIONES PETROLERAS**

En instalaciones petroleras, tanto marinas como terrestres, se tienen áreas en las cuales se llevan a cabo operaciones de transporte, manejo, procesamiento y almacenamiento de productos inflamables; esto conlleva la presencia de gases o vapores que, en concentraciones con el aire, forman mezclas inflamables representando un riesgo potencial de ignición causada por un arco, una chispa o una superficie caliente.

Por esta razón se debe incluir dentro de un programa de evaluación de riesgos, para este tipo de instalaciones, la clasificación de áreas peligrosas.

Las localidades o espacios donde se puede formar una atmósfera explosiva son llamadas “áreas clasificadas”. Una vez que estas áreas son identificadas, se pueden documentar las especificaciones técnicas para los equipos eléctricos y electrónicos allí ubicados y el desarrollo de procedimientos operacionales específicos para la seguridad del personal.

Hay otras fuentes eléctricas de ignición que se deben considerar en el análisis de riesgos además de las chispas eléctricas de la conmutación, descargas eléctricas por fricción o descargas electrostáticas.

Los sistemas eléctricos de las instalaciones petroleras costa afuera y terrestres siguen normas de seguridad muy similares; sin embargo, son instalaciones que tienen ambientes especiales.

Hay otros aspectos que valen la pena revisar y discutir en materia de seguridad eléctrica aplicada a cada tipo de instalación, como por ejemplo la puesta a tierra del sistema y del equipo, la protección contra arco eléctrico, el sistema de protección contra descargas atmosféricas, la prevención y control de la electricidad estática. Estos son factores de riesgo claves que afectan la seguridad eléctrica en instalaciones ubicadas en áreas clasificadas.

La seguridad eléctrica en áreas peligrosas es un proceso que incluye la clasificación, especificación, instalación y mantenimiento, esta debe ser implementada utilizando un enfoque sistémico. Las consecuencias de una ignición en un área clasificada son severas, por lo que es apropiado que estudiemos los factores de riesgo en este tipo de áreas.

Es importante darse cuenta de que no hay un sistema absolutamente seguro, siempre hay factores presentes que introducen algún riesgo de falla en el sistema y las probabilidades asociadas con estos riesgos.

El análisis de probabilidad de riesgo es fundamental para la seguridad eléctrica en áreas peligrosas.

En algunas áreas, la probabilidad de que una concentración de producto inflamable y una fuente de ignición se presenten simultáneamente es muy baja, pero se debe garantizar que estos sistemas están diseñados, instalados y mantenidos de forma apropiada.

Durante la producción, procesamiento, transporte y almacenamiento de materiales inflamables, se pueden producir escapes de gases, o vapores y formar mezclas explosivas de gas, que en contacto con el oxígeno de la atmósfera se tiene el riesgo de una ignición accidental y la explosión de estas mezclas de gas.

Entre las posibles fuentes de ignición se encuentran:

Superficies calientes, llamas y gases calientes, chispas de origen mecánico, arcos y chispas eléctricas, corrientes eléctricas parásitas, electricidad estática, rayo y ondas electromagnéticas de radiofrecuencia de  $10^4$  Hz a  $3 \times 10^{12}$  Hz entre otros.

Por esta razón, la seguridad de las personas, maquinarias e instalaciones en las áreas de alto riesgo depende en un grado considerable del conocimiento y el estricto cumplimiento de las normas de seguridad<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> H. A. Chu, Instituto de Investigaciones Eléctricas Reforma 113, Col. Palmira Cuernavaca, Mor. 62490, México "Seguridad Eléctrica en Instalaciones Petroleras"

### **3. NORMAS AMERICANAS (NFPA)**

Las normas americanas son las más difundidas y las que más se conocen en nuestro país, esto debido a que la mayor parte de tecnologías y de mano de obra calificada necesaria para el desarrollo industrial, provenía de los Estados Unidos.

Cuando Estados Unidos empezó su industrialización, la gente comenzó a trabajar en espacios más reducidos a los que eran costumbre. En un espacio reducido había gran cantidad de personal trabajando, también se empezó a trabajar junto a las primeras máquinas, con todo esto llegaron también los primeros accidentes graves, aunque había muchas lesiones menores a lo que los patronos no prestaban mucha atención, ya que un lesionado era rápidamente reemplazado por un trabajador sano sin muchas responsabilidades para la empresa. Lo que más repercutió en los empresarios y sobre todo a las grandes compañías de seguros, fue las grandes pérdidas económicas, ya que la mayoría de estos accidentes ocasionaron grandes incendios. Muchos de estos incendios no solo afectaban a la edificación donde se originaba el incendio, sino también a las edificaciones contiguas, hubo incendios de manzanas completas.

Las más afectadas por los incendios fueron las compañías de seguros, a raíz de esta problemática, las compañías de seguros se reunieron y en 1986 crearon la NFPA “National Fire Protection Association” Asociación Nacional de Estados Unidos para protección contra el fuego, el principal propósito de las aseguradoras era normalizar el nuevo y creciente mercado de sistemas de extinción de incendio basado en rociadores automáticos (sprinklers en inglés). Con la NFPA se dan las pautas necesarias para incluir en los diseños de edificios y fábricas la incorporación de estos rociadores.

En sus inicios la NFPA la componían exclusivamente compañías de seguros, con el pasar de los años se fueron vinculando el sector industrial, bomberos y otras organizaciones, que participan activamente en el desarrollo de Normas y Códigos.

Hoy en día la NFPA supervisa el desarrollo y mantenimiento de más de 300 códigos y normas, en las que se encuentra la NFPA 70 que es el Código Eléctrico Nacional NEC, la NFPA 70B que son Prácticas Recomendadas de Mantenimiento para Equipo Eléctrico, la NFPA 70E que es Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo.

La normatividad americana es bastante robusta y cada vez más exigente, debido a los múltiples accidentes que se han presentado a lo largo de la historia, cada vez que ocurre un nuevo incidente, se analizan, se revisan y se actualizan las normas.

La NFPA tiene un capítulo en Colombia en el que continuamente se están revisando los estándares y se verifica su aplicación, así mismo en Colombia el Código Eléctrico Colombiano Norma NTC 2050 toma la mayoría de su normativa del NEC; en los capítulos 5 6 y 7 de la NTC 2050 se refieren a los lugares peligrosos que aplican para la industria petrolera<sup>9</sup>.

En el artículo 500 del NEC se definen las clases de áreas, según los materiales que allí están presentes. Para esto se definen tres clases de áreas:

Clase I: Gases o vapores

Clase II: Polvo

Clase III: Fibras

En Estados Unidos en 1926, se unen la Associated Manufacturers of Electrical Supplies (Fabricantes de suministros eléctricos asociados) y Electric Power Club (Club de Potencia Eléctrica) y se crea la “National Electrical Manufacturers Association (NEMA), que es la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos

Este organismo NEMA ha realizado una gran cantidad de estándares industriales comunes usados en el campo de la electricidad, y ha establecido una amplia gama de estándares para encapsulados de equipos eléctricos, llamados Grados de Protección NEMA.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> COLABORADORES DE WIKIPEDIA. “Asociación Nacional de Protección contra el fuego” [en línea]. En: Wikipedia la Enciclopedia Libre, 2016 [fecha de consulta: 28 de abril de 2016]. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Asociación\\_Nacional\\_de\\_Protección\\_contra\\_el\\_Fuego](https://es.wikipedia.org/wiki/Asociación_Nacional_de_Protección_contra_el_Fuego)

<sup>10</sup> COLABORADORES DE WIKIPEDIA. “National Electric Manufacturers Association” [en línea]. En: Wikipedia la Enciclopedia Libre, 2016 [fecha de consulta: 28 de abril de 2016]. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/National\\_Electrical\\_Manufacturers\\_Association](https://es.wikipedia.org/wiki/National_Electrical_Manufacturers_Association)

### 3.1 GRADOS DE PROTECCIÓN NEMA

Aplicaciones de propósito general:

Nema Tipo 1

- ✓ Para propósitos Generales, tipo interior

Nema Tipo 2

- ✓ Para propósitos generales a prueba de goteos

Nema Tipo 3

- ✓ Para propósitos generales tipo exterior, con protección contra la lluvia, granizo y polvo y hielo.

Nema Tipo 3X

- ✓ Para propósitos generales tipo exterior, con protección contra la lluvia, granizo, polvo y hielo. Además resistente a la corrosión

Nema 3R

- ✓ Para propósitos generales tipo exterior, con protección contra la lluvia, granizo y polvo. Además con válvula de drenaje.

Nema Tipo 3RX

- ✓ Para propósitos generales tipo exterior, con protección contra la lluvia, granizo, polvo y hielo. Además resistente a la corrosión y con válvula de drenaje

Nema Tipo 3S

- ✓ Para propósitos generales tipo exterior, con protección contra la lluvia, granizo y polvo. Además provisto con mecanismo externo que opera aún cuando esté lleno de hielo.

Nema Tipo 3S

- ✓ Para propósitos generales tipo exterior, con protección contra la lluvia, granizo y polvo. Además provisto con mecanismo externo que opera aún cuando esté lleno de hielo. También resistente a la corrosión

Nema 4

- ✓ Para propósitos generales tipo interior y exterior, con protección contra la lluvia, granizo y polvo, salpicaduras de agua, chorro directo de agua; Además no lo afecta la formación de hielo en el encapsulado.

Nema 4X

- ✓ Para propósitos generales tipo interior y exterior, con protección contra la lluvia, granizo y polvo, salpicaduras de agua, chorro directo de agua; Además no lo afecta la formación de hielo en el encapsulado. También resistente a la corrosión

Nema 5

- ✓ Para propósitos generales tipo interior y exterior, con protección total contra el polvo, caída de barro (basura) y goteo de líquidos no corrosivos.

Nema 6

- ✓ Para propósitos generales tipo interior y exterior, con protección contra la sumersión **temporal** en agua, a una profundidad limitada y no lo afecta la formación de hielo en el encapsulado
- Nema 6P
- ✓ Para propósitos generales tipo interior y exterior, con protección contra la sumersión **prolongada** en agua, a una profundidad limitada y no lo afecta la formación de hielo en el encapsulado
- Nema 11
- ✓ Resistente al ácido o a gases corrosivos – Sumergido en aceite
- Nema 12
- ✓ Para propósitos generales tipo interior, con protección total contra el polvo circulante, caída de barro (basura) y goteo de líquidos no corrosivos,
- Nema 12K
- ✓ Para propósitos generales tipo interior, con protección total contra el polvo circulante, caída de barro (basura) y goteo de líquidos no corrosivos. La caída puede ser por la cara superior, inferior o ambas caras.
- Nema 13
- ✓ Para propósitos generales tipo interior, con protección contra pelusas, polvo, pulverización de agua, aceite, y refrigerantes no corrosivos.
- 
- ✓ ENCAPSULADOS PARA ÁREAS CLASIFICADAS
- Nema 7 (A B C o D)
- ✓ Para propósitos en áreas clasificadas (peligrosas) tipo interior, Clase I, División 1, grupos A, B, C, o D, tal como las define el NEC (National Electric Code)
- Nema 8 (A B C o D)
- ✓ Para propósitos en áreas clasificadas (peligrosas) tipo interior y exterior, Clase I, División 1, grupos A, B, C, o D, tal como las define el NEC (National Electric Code)
- Nema 9 (E F o G)
- ✓ Para propósitos en áreas clasificadas (peligrosas) tipo interior y exterior, Clase II, División 1, grupos E, F y G, tal como las define el NEC (National Electric Code).
- Nema 10
- ✓ Para propósitos en minería, siguiendo los requerimientos de MSA (Mine Safety and Health Administration) 30 C.F.R., Part 18.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> NEC 2011, Code Review, A Guide for use of Electrical Products in Hazardous Locations, Appleton, 2012

## 4. NORMAS EUROPEAS

Paralelamente en Europa se han venido desarrollando normas para la protección de personas, equipos e instalaciones, similares a las americanas.

La IEC (*International Electrotechnical Commission*), Comisión Electrotécnica internacional, fue fundada en 1906 en Europa, su primera sede fue en Londres y en 1948 se trasladó a Ginebra. Su propósito es integrar un conjunto de normas en principio de varios países europeos, hoy en día tiene 60 miembros plenos y 23 asociados alrededor de todo el mundo.

Numerosas normas se desarrollan conjuntamente con la Organización Internacional de Normalización (*International Organization for Standardization*, ISO) normas ISO/IEC.

En la IEC el nivel de riesgo para vapores de gases está dado por:

- ✓ Zona 0 Riesgo permanente
- ✓ Zona 1 Riesgo Frecuente
- ✓ Zona 2 Riesgo esporádico

Y para polvos combustibles o inestables:

- ✓ Zona 20 Riesgo permanente
- ✓ Zona 21 Riesgo Frecuente
- ✓ Zona 22 Riesgo esporádico

Grados de protección IEC

Los grados de protección en IEC (IEC529) para áreas industriales se dan con dos dígitos y algunas veces tres dígitos de la siguiente manera:

El primer dígito corresponde a los grados de protección con respecto a cuerpos extraños y objetos sólidos

Tabla 1. Grados de protección con respecto a cuerpos extraños y objetos sólidos

0	Sin Protección
1	Protección contra objetos sólidos con Ø 50 mm y superior
2	Protección contra objetos sólidos con Ø 12.5 mm y superior
3	Protección contra objetos sólidos con Ø 2.5 mm y superior
4	Protección contra objetos sólidos con Ø 1.0 mm y superior
5	Protección contra polvo a una presión de 200 mm de columna de agua
6	Protección total contra polvo

El segundo dígito corresponde a grado de protección con respecto al ingreso perjudicial de agua

Tabla 2. Grados de protección con respecto al ingreso perjudicial del agua

0	Sin protección
1	Protección contra caídas verticales de agua
2	Protección contra caídas verticales de gotas de agua para una inclinación máxima de 15°
3	Protección contra salpicaduras de agua de un ángulo hasta 60° en ambos lados
4	Protección contra salpicaduras de agua en todas direcciones
5	Protección contra chorros de agua a baja presión en todas las direcciones
6	Protección contra agua que por momentos inunda el equipo por ejemplo mares embravecidos
7	Protección contra inmersión temporal
8	Protección contra inmersión prolongada

El tercer dígito lo usan algunos países como Francia, los cuales son para indicar la resistencia al impacto

Tabla 3. Grado de protección de resistencia al impacto

3ª CIFRA IP	1	2	3	5	7	9
<b>ENERGÍA de IMPACTO (julios)</b>	0,225	0,375	0,500	2,0	6,0	20,0
<b>MASA que IMPACTA (gramos)</b>	150	250	250	500	1500	5000
<b>DISTANCIA (cm)</b>	15	15	20	40	40	40

Para los cerramientos, los grados de protección más comunes se tienen en la siguiente tabla

Tabla 4. Grados de protección IP

1° Cifra – Protección contra cuerpos solidos de diámetro mayor a:	2° cifra – Protección contra la entrada perjudicial de agua								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP 00								
1	IP 10	IP 11	IP 12						
2	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23					
3	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34				
4	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46		
5	IP 50				IP 54	IP 55	IP 56		
6	IP 60					IP 65	IP 66	IP 67	IP 68

<sup>12</sup>

## 5. DIFERENCIAS ENTRE LAS NORMAS AMERICANAS Y EUROPEAS

Para definir las zonas según el nivel de riesgo. En las normas americanas se clasifican como clase y división y en las normas europeas se clasifican como Clase y Zona.

Tabla 5. Zonas según el nivel de riesgo en Normas Americanas y Europeas

		NORMA EUROPEA	NORMA AMERICANA
Clase	Grupo	Nivel de Riesgo Zona	Nivel de Riesgo División
I-Vapores y gases inflamables	A, B, C, D	Zona 0: Permanente Zona 1: Frecuente Zona 2: Esporádico	División 1: Peligro Bajo Condiciones Normales. Riesgo máximo  División 2: Peligro esporádico Riesgo moderado
II-Polvos combustibles o Inestables	E, F, G	Zona 20: Permanente Zona 21: Frecuente Zona 22: Esporádico	
III- Fibras	No se clasifica		

<sup>12</sup> H. A. Chu, Instituto de Investigaciones Eléctricas Reforma 113, Col. Palmira Cuernavaca, Mor. 62490, México “Seguridad Eléctrica en Instalaciones Petroleras”

En las normas americanas se tiene, Clase I División 1 o División 2; Clase II División 1 o División 2 y Clase III División 1 o División 2

En las normas europeas tenemos Clase I Zona 0 Zona 1 ó Zona 2; Clase II Zona 20 Zona 21 ó Zona 22 y Clase III Zona 20 Zona 21 y Zona 22

Para los diferentes tipos de cerramientos algunos fabricantes de materiales hacen una aproximación entre las normas NEMA (americana) e IEC (europea).

Tabla 6. Tabla de aproximación entre cerramientos NEMA e IEC

Aproximación entre cerramientos NEMA y cerramientos IEC	
SEGÚN NEMA	SEGÚN IEC
Norma Americana	Norma Europea
Nema 1	IP 20
Nema 2	IP 22
Nema 3	IP55
Nema 3X	IP 55
Nema 3R	IP 24
Nema 3RX	IP 24
Nema 3S	IP55
Nema 3SX	IP55
Nema 4	IP 56
Nema 4X	IP 56
Nema 5	IP 53
Nema 6 y 6P	IP 67
Nema 12 y 12k	IP 54
Nema 13	IP 54

Diferencias entre la norma europea para cerramientos IEC 529 vs la norma americana para cerramientos NEMA.

IEC 529 no especifica un grado de protección contra el riesgo de explosión o efectos producidos por la humedad (por ejemplo condensación), vapores corrosivos, hongos o insectos.

IEC529 no está probado para condiciones ambientales como corrosión, oxidación, aceite y líquidos refrigerantes.

Por esta razón, y debido a que las pruebas y evaluaciones para otras características son totalmente diferentes, el sistema de clasificación de protecciones según IEC 529 no puede ser exactamente comparada con los tipos de protección según NEMA.

La tabla de la aproximación entre los cerramientos NEMA e IEC, no se debe usar para clasificar los productos de una norma a otra, las pruebas que se realizan son diferentes.

Como se ha mencionado, por el manejo que se ha venido dando, sobre todo con la empresa estatal semiprivada ECOPETROL, en Colombia se aplican frecuentemente las normas americanas en la industria del petróleo, ya que cuando se creó ECOPETROL todo su personal trabajaba en una multinacional americana y por tanto heredaron sus normas<sup>13</sup>

## **6. NORMAS COLOMBIANAS**

En Colombia se tienen las normas NTC-2050 para las instalaciones eléctricas, estas normas se basan en las normas internacionales, sobre todo en las normas americanas (NEC). La norma NTC 2050 se aplica para todos los sistemas eléctricos, sin embargo en la sección de áreas clasificadas en el sector de hidrocarburos no es muy amplia, no se detallan aspectos relevantes de las instalaciones petroleras como pozos de extracción, oleoductos, estaciones de tratamiento de crudos o estaciones de bombeo.

---

<sup>13</sup> <sup>13</sup> NEC 2011, Code Review, A Guide for use of Electrical Products in Hazardous Locations, Appleton, 2012

ECOPETROL tiene un departamento amplio de diseño y ha emitido normas de construcción, basadas en las normas internacionales y nacionales que explican con bastante detalle. Estas normas se refieren a especificaciones técnicas y típicos de montaje.

Los típicos de montaje son muy importantes, debido a que aclaran la aplicabilidad de la norma. Estos se deberían extender a todas las aplicaciones en refinería, exploración, producción y transporte. Con los típicos y especificaciones se tiene una mayor uniformidad en las instalaciones y locaciones de todo el país, las normas y especificaciones realizadas por ECOPETROL se basan en la normatividad internacional aplicado a las condiciones ambientales y geográficas de Colombia.

ECOPETROL como el operador de casi todas las instalaciones petroleras del país debería imponer y divulgar más sus especificaciones y típicos para las instalaciones eléctricas petroleras al igual que lo hacen operadores de redes locales como CODENSA en Cundinamarca y Bogotá, donde se tienen normas con típicos y especificaciones de amplia divulgación. Cualquier persona puede consultar estas normas a través de internet y siempre estará aplicando la última versión, haciéndolo muy importante para el diseñador y constructor, ya que si se amplía la divulgación siempre se va a aplicar la última versión de la norma.

En Colombia se tienen varios tipos de instalaciones repetitivas, por ejemplo las estaciones de bombeo son muy similares, por tanto todas sus estaciones deberían tener los mismos principios en cuanto al tipo de materiales y equipos eléctricos usados para su construcción, sin embargo debido a que no hay típicos específicos se encuentran estaciones de bombeo con altas exigencias de materiales y equipos en áreas que no lo ameritan. En varias oportunidades se encuentran materiales para áreas clasificadas (ej. Clase 1 división 2) combinados con materiales para áreas no clasificadas. Por ejemplo instalan una conduleta tipo LB cuyo cerramiento es nema 4x (tipo exterior en ambientes contaminados) con un sello cortafuego que es para áreas clasificadas nema 4x mas nema 7. Esto lleva sobrecostos a las instalaciones.

También se encuentran instalaciones donde al cambiarse de un área clasificada (P.e.j Clase 1 división 2) a un área sana o no clasificada no se instalan sellos cortafuego para evitar la propagación de gases o también se encuentran típicos

con los sellos cortafuego muy cerca o pegados a los equipos en discrepancia con típicos donde después del sello va un flexible, unión, niple, universal, reducción.

Se ha encontrado también que los típicos de ECOPETROL en la última revisión disponible no se han tenido en cuenta las últimas variaciones o cambios de las normas internacionales, generalmente americanas.

## 7. COMPARATIVO ECONÓMICO DE DOS PROYECTOS QUE APLICAN DIFERENTES NORMAS

Se toma un proyecto que consta de las facilidades eléctricas, de instrumentación y control para un tanque de almacenamiento de crudo de 22000 barriles, este tanque tiene asociadas, además de sus motores agitadores y su instrumentación, válvulas motorizadas, Bombas tipo Booster, bombas de un tanque sumidero, trampa de recibo y medición del producto.

Se analizan las canalizaciones eléctricas (Banco de ductos), necesarios para la conducción de todos los cables eléctricos de instrumentación y control. Para este proyecto construido por la empresa estatal colombiana se utiliza para la construcción de los banco de ductos tubo conduit metálico extrapesado tipo RMC, la mayoría de banco de ductos son subterráneos, y se aflora al llegar a los equipos, motores o instrumentos. Para la instalación de los banco de ductos, primero se realiza una excavación longitudinal, luego dentro de esta excavación se colocan unos soportes en varilla y en estos soportes se instalan los tubos. Los soportes se utilizan para garantizar que los tubos tengan una separación cuando se aplique el concreto, este concreto recubre toda la tubería.

A continuación se anexa un presupuesto que se construyó con las normas de ECP.

Tabla 7. Presupuesto de banco de ductos eléctrico con normas de la operadora nacional.

No.	DESCRIPCIÓN	UNID	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
ÍTEM					
E154	Suministro Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 1"	m	13.450	20.400	274.380.000
E155	Suministro Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 2"	m	23.450	16.769	393.233.050
E156	Suministro Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 3"	m	52.860	4.570	241.570.200
E157	Suministro Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 4"	m	157.350	500	78.675.000

E158	Suministro Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 6"	m	325.982	153	49.875.246
E60	Instalación Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 1"	m	7.646	20.400	155.978.400
E61	Instalación Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 2"	m	12.642	16.769	211.993.698
E62	Instalación Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 3"	m	20.185	4.570	92.245.450
E63	Instalación Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 4"	m	45.728	500	22.864.000
E64	Instalación Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 6"	m	82.647	153	12.644.991
E178	Suministro Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 1"	un	10.816	1.500	16.224.000
E179	Suministro Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 2,"	un	47.120	1.020	48.062.400
E180	Suministro Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 3"	un	123.680	120	14.841.600
E181	Suministro Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 4"	un	205.440	40	8.217.600
E182	Suministro Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 6"	un	526.400	51	26.846.400
E102	Instalación Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 1"	un	35.088	1.500	52.632.000
E103	Instalación Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 2,"	un	41.872	1.020	42.709.440
E104	Instalación Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 3"	un	45.944	120	5.513.280
E105	Instalación Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 4"	un	86.232	40	3.449.280
E106	Instalación Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 6"	un	489.520	51	24.965.520
E117	Suministro Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 1"	un	6.065	900	5.458.500
E118	Suministro Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 2"	un	10.879	850	9.247.150
E119	Suministro Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 3"	un	27.043	350	9.465.050

E120	Suministro Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 4"	un	40.749	40	1.629.960
E121	Suministro Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 6"	un	127.342	40	5.093.680
E20	Instalación Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 1"	un	4.386	900	3.947.400
E21	Instalación Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 2"	un	4.555	850	3.871.750
E22	Instalación Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 3"	un	7.383	350	2.584.050
E23	Instalación Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 4"	un	10.779	40	431.160
E24	Instalación Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 6"	un	13.325	40	533.000
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>1.819.183.255</b>
	Administración	%	24		436.603.981
	Imprevistos	%	1		18.191.833
	Utilidades	%	4		72.767.330
	<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS</b>				<b>2.346.746.399</b>
	SUBTOTAL				
	IVA (Utilidad)	%	16		11.642.773
	<b>PRESUPUESTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN (CON IVA)</b>				<b>2.358.389.172</b>

Se toma el mismo proyecto y se le va a simular para construirlo con las normas que aplica una empresa Canadiense. Esta empresa aplica la norma que indica que la tubería subterránea y además revestida con concreto puede ser en PVC y 600 mm antes de aflorar se realiza la transición a tubería galvanizada.

Por lo tanto se tendrá tubería conduit PVC (Tipo DB para calibres menores a 3" y tipo doble pared para tuberías mayores o iguales a 3") enterrada y tubería conduit galvanizada en los afloramientos y aérea o a la vista.

En la norma NTC2050, en la sección 514. Gasolineras y estaciones de servicio, en el artículo 514-8. Alambrado subterráneo, en las excepciones dice lo siguiente:

*“2) Se permite usar tubo conduit rígido no metálico que cumpla lo establecido en la Sección 347 cuando esté enterrado a no menos de 0,60 m. Cuando se use tubo conduit rígido no metálico , en los últimos 0,60 m del tramo subterráneo hasta que salga del suelo o hasta el punto de conexión con la canalización sobre el suelo, se debe usar tubo conduit metálico rígido roscado (tipo Rigid) o tubo conduit intermedio (IMC) de acero roscado. Debe haber un conductor de tierra de los equipos que ofrezca continuidad eléctrica de toda la canalización y para la puesta a tierra de las partes metálicas no portadoras de corriente.”*

Analizándose técnicamente, no ofrece peligros, ya que material del tubo PVC que se usa es retardante a la llama y además está revestido por concreto y enterrado. Además el tubo PVC reduce la fricción y daña menos los conductores al instalarlos, es más impermeable debido que sus uniones mecánicas o soldadas aseguran más impermeabilidad que las roscas de los tubos metálicos, el tubo PVC nunca llega a oxidarse, lo que si puede pasar con el tubo metálico que aunque esté galvanizado algunos agentes pueden llegar a oxidarlo.

Tabla 8. Presupuesto de banco de ductos eléctrico con normas de una compañía canadiense

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
E154	Suministro Conduit PVC tipo pesado. Diámetro = 1"	m	3.179	18.360	58.370.112
E155	Suministro Conduit PVC tipo pesado. Diámetro = 2"	m	4.696	15.092	70.866.465
E156	Suministro Conduit PVC tipo pesado. Diámetro = 3"	m	10.411	4.113	42.821.266
E157	Suministro Conduit PVC tipo pesado. Diámetro = 4"	m	17.124	450	7.705.620
E158	Suministro Conduit PVC tipo pesado. Diámetro = 6"	m	35.716	138	4.918.093
E60	Instalación Conduit PVC tipo pesado. Diámetro = 1"	m	7.646	18.360	140.380.560
E61	Instalación Conduit PVC tipo pesado. Diámetro = 2"	m	12.642	15.092	190.794.328

E62	Instalación Conduit PVC tipo pesado. Diámetro = 3"	m	20.185	4.113	83.020.905
E63	Instalación Conduit PVC tipo pesado. Diámetro = 4"	m	45.728	450	20.577.600
E64	Instalación Conduit PVC tipo pesado. Diámetro = 6"	m	82.647	138	11.380.492
E117	Suministro Campana para conduit PVC Diámetro = 1"	un	1.046	810	846.855
E118	Suministro Campana para conduit PVC Diámetro = 2"	un	3.341	765	2.555.483
E119	Suministro Campana para conduit PVC Diámetro = 3"	un	4.571	315	1.439.708
E120	Suministro Campana para conduit PVC Diámetro = 4"	un	6.800	36	244.782
E121	Suministro Campana para conduit PVC Diámetro = 6"	un	14.045	36	505.602
E20	Instalación Campana para conduit PVC Diámetro = 1"	un	4.386	810	3.552.660
E21	Instalación Campana para conduit PVC Diámetro = 2"	un	4.555	765	3.484.575
E22	Instalación Campana para conduit PVC Diámetro = 3"	un	7.383	315	2.325.645
E23	Instalación Campana para conduit PVC Diámetro = 4"	un	10.779	36	388.044
E24	Instalación Campana para conduit PVC Diámetro = 6"	un	13.325	36	479.700
E178	Suministro Unión para conduit PVC Diámetro = 2"	un	3.341	918	3.066.579
E179	Suministro Unión para conduit PVC Diámetro = 3"	un	4.571	108	493.614
E180	Suministro Unión para conduit PVC Diámetro = 4"	un	6.800	36	244.782
E181	Suministro Unión para conduit PVC Diámetro = 6"	un	14.045	46	644.643
E103	Instalación Unión para conduit PVC Diámetro = 2"	un	41.872	918	38.438.496
E104	Instalación Unión para conduit PVC Diámetro = 3"	un	45.944	108	4.961.952
E105	Instalación Unión para conduit PVC Diámetro = 4"	un	86.232	36	3.104.352

E106	Instalación Unión para conduit PVC Diámetro = 6"	un	489.520	46	22.468.968
	<b>TUBERÍA CONDUIT METÁLICA PARA AFLORAMIENTOS</b>				
E154	Suministro Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 1"	m	13.450	2.040	27.438.000
E155	Suministro Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 2"	m	23.450	1.677	39.323.305
E156	Suministro Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 3"	m	52.860	457	24.157.020
E157	Suministro Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 4"	m	157.350	50	7.867.500
E158	Suministro Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 6"	m	325.982	15	4.987.525
E60	Instalación Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 1"	m	7.646	2.040	15.597.840
E61	Instalación Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 2"	m	12.642	1.677	21.199.370
E62	Instalación Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 3"	m	20.185	457	9.224.545
E63	Instalación Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 4"	m	45.728	50	286.400
E64	Instalación Conduit RMC tipo pesado. Diámetro = 6"	m	82.647	15	1.264.499
E178	Suministro Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 1"	un	10.816	150	1.622.400
E179	Suministro Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 2,"	un	47.120	102	4.806.240
E180	Suministro Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 3"	un	123.680	12	1.484.160
E181	Suministro Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 4"	un	205.440	4	821.760
E182	Suministro Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 6"	un	526.400	5	2.684.640
E102	Instalación Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 1"	un	35.088	150	5.263.200
E103	Instalación Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 2,"	un	41.872	102	4.270.944

E104	Instalación Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 3"	un	45.944	12	551.328
E105	Instalación Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 4"	un	86.232	4	344.928
E106	Instalación Unión para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 6"	un	489.520	5	2.496.552
E117	Suministro Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 1"	un	6.065	90	545.850
E118	Suministro Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 2"	un	10.879	85	924.715
E119	Suministro Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 3"	un	27.043	35	946.505
E120	Suministro Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 4"	un	40.749	4	162.996
E121	Suministro Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 6"	un	127.342	4	509.368
E20	Instalación Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 1"	un	4.386	90	394.740
E21	Instalación Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 2"	un	4.555	85	387.175
E22	Instalación Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 3"	un	7.383	35	258.405
E23	Instalación Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 4"	un	10.779	4	43.116
E24	Instalación Boquilla para conduit de acero galvanizado, rosca NPT Diámetro = 6"	un	13.325	4	53.300
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>902.000.205</b>
	Administración	%	24		216.480.049
	Imprevistos	%	1		9.020.002
	Utilidades	%	4		36.080.008
	<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS</b>				<b>1.163.580.264</b>
	SUBTOTAL				
	IVA (Utilidad)	%	16		5.772.801

	<b>PRESUPUESTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN (CON IVA)</b>				<b>1.169.353.065</b>

Tabla 9. Cuadro comparativo de los dos presupuestos, con normas ECOPETROL y normas de compañía canadiense.

PRESUPUESTO CON NORMAS DE COMPAÑÍA CANADIENSE	PRESUPUESTO CON NORMAS DE ECOPETROL	DIFERENCIA O INCREMENTO
1.169.353.065	2.358.389.172	1.189.036.107

Como se observa en este cuadro los costos se incrementan más del 50%, lo cual es una cifra muy significativa para un solo proyecto que no es tan grande comparado con otros de la industria del petróleo.

El incremento no solo es en los tipos de materiales, también lo es en la mano de obra, ya que los salarios en los proyectos petroleros del país son muchos más altos que en la industria nacional convencional, agregándose que en la construcción de instalaciones petroleras el tiempo productivo de un trabajador es mucho menor, debido a que las charlas de seguridad se extienden y los paros de la comunidad son frecuentes. También las prestaciones de los trabajadores son mucho mayores, debido a que la mayoría de estos proyectos se ejecutan con un salario llamado convencional que tiene más prebendas que un salario normal.

## 8. CONCLUSIONES

En Colombia, en los últimos años se ha fortalecido la industria del petróleo, debido al impulso bueno o malo de los últimos gobiernos, sin embargo las universidades en sus programas académicos no promueven ampliamente el estudio de normas para áreas petroleras. Los ingenieros electricistas una vez salimos de la academia, cuando optamos por el título de ingenieros electricistas tenemos un desconocimiento de las normas que se aplican a la industria del petróleo y sobretodo sabemos muy poco sobre su aplicabilidad.

Inclusive cuando se llega a trabajar en empresas dedicadas a la construcción o mantenimiento de instalaciones petroleras, estas no cuentan con las normas que se aplican a este tipo de instalaciones. La mayoría de profesionales llegan a conocer las normas y su aplicabilidad más por experiencia que por un estudio previo de las mismas. Esto conlleva a que muchas veces se cometan errores de construcción por desconocimiento de las normas, lo cual genera sobrecostos en la realización de los proyectos, o generar un gran riesgo de incendio o explosión en las instalaciones petroleras.

En los últimos años la mayoría de profesionales están cambiando frecuentemente de empresas, la inversión de estas empresas en la capacitación de sus profesionales es poca o nula. Esto implica que los diseñadores o constructores malinterpreten las normas y cometan errores de diseño y/o construcción.

En lo que he podido observar, grandes proyectos como los de Campo Rubiales ejecutados por Pacific Rubiales (Canadiense-Venezolana) la construcción difiere de la de Castilla ejecutados por ECOPETROL (Colombiana) y también difieren de los campos de Velázquez, asociación Nare y Cocorná ejecutados por MANSAROVAR ENERGY (China-India). Aunque en todos ECOPETROL figura como asociado.

Colombia debería sentar un precedente en la construcción de sus obras eléctricas para la industria petrolera, pero para esto se debe trabajar a la par con las normas internacionales, analizando la aplicación a nuestro territorio, se debe tener

profesionales elaborado los típicos de montaje para instalaciones específicas, actualizándolos con los últimos avances de los estudios de las normas internacionales o de las experiencias de las instalaciones existentes en nuestro país, con esto se logra que no haya lugar a incongruencias ni malinterpretaciones. Aunque ECOPETROL tiene y aplica sus especificaciones y típicos de montaje, a veces son muy generales, difieren de unas regiones a otras, debido a que se tienen diferentes dependencias, muchas veces no se analizan las zonas donde se está realizando la instalación, se generalizan para todas las áreas.

Sin embargo, en el registro que se tiene de grandes accidentes en la industria del petróleo en Colombia, no hay registros de accidentes que se hayan provocado por una chispa en un área clasificada, la mayoría de accidentes eléctricos se han producido por errores humanos al operar equipos en subestaciones en áreas no clasificadas, también en redes eléctricas la mayoría por vehículos o maquinaria pesada que alcanzan las redes y producen descargas, o por descargas a operarios al no realizar el respectivo SAES (Sistema de Aislamiento Eléctrico Seguro).

La mayoría de accidentes han ocurrido por errores humanos, y no han sido causados por deficiencias en las instalaciones eléctricas.

Aunque Colombia es miembro de la IEC y de NFPA, que inclusive tiene capítulo en Colombia, su difusión y aplicabilidad es poco difundida. La mayoría de las veces los comercializadores de productos son quienes conocen muy al detalle las normas. Se conoce más al detalle el análisis en los cambios de las normas internacionales por los comercializadores, y las empresas estatales tienen prohibido tener un solo comercializador en sus proyectos, por lo tanto se pueden cometer errores en la compra de materiales y equipos eléctricos. Se han instalado equipos y materiales eléctricos por encima de las especificaciones que realmente se necesitan, lo que genera sobrecostos en los proyectos.

Con los precios del petróleo de hoy en día, deben analizarse muy bien todos los proyectos, ya que si se tienen sobrecostos muy altos, el proyecto ya no es viable, generando desempleo y desabastecimiento de petróleo para el país.

Se deben dar lineamientos claros para las instalaciones eléctricas petroleras, un ejemplo muy claro son las empresas como EPM, ESSA y CODENSA que tienen lineamientos claros para la construcción de las instalaciones eléctricas, es más tienen página web donde cualquier usuario puede consultar las especificaciones técnicas y normas técnicas en su última versión.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO, Norma NTC 2050, 1ª. Actualización, 25 de noviembre de 1998, ICONTEC

COLABORADORES DE WIKIPEDIA. “Asociación Nacional de Protección contra el fuego” [en línea]. En: Wikipedia la Enciclopedia Libre, 2016 [fecha de consulta: 28 de abril de 2016]. Disponible en

[https://es.wikipedia.org/wiki/Asociación\\_Nacional\\_de\\_Protección\\_contra\\_el\\_Fuego](https://es.wikipedia.org/wiki/Asociación_Nacional_de_Protección_contra_el_Fuego)

COLABORADORES DE WIKIPEDIA. “National Electric Manufacturers Association” [en línea]. En: Wikipedia la Enciclopedia Libre, 2016 [fecha de consulta: 28 de abril de 2016]. Disponible en

[https://es.wikipedia.org/wiki/National\\_Electrical\\_Manufacturers\\_Association](https://es.wikipedia.org/wiki/National_Electrical_Manufacturers_Association)

H. A. Chu, Instituto de Investigaciones Eléctricas Reforma 113, Col. Palmira Cuernavaca, Mor. 62490, México “Seguridad Eléctrica en Instalaciones Petroleras”

León, Instalaciones Especiales, REME INTERNACIONAL SAS, eme@telecorp.net , Bogotá, Septiembre 23 de 2011

National Electrical Code (NEC) 2008, también conocida como National Fire Protection Association (NFPA 70)

NEC 2011, Code Review, A Guide for use of Electrical Products in Hazardous Locations, Appleton, 2012

Norma API RP500 “Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and 2.”

Norma API RP 2003-1998 Protection Against Ignitions Arising Out of Static Lightning and Stray Currents API

Norma International Electrotechnical Commission (IEC) IEC 60079-17, “Explosive atmospheres – Part 17: Electrical Installations Inspection and maintenance”

Norma RP505 “Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities, Classified Class I, Zone 0, Zone 1, or Zone 2”

Normas de la International Electrotechnical Commission (IEC) 60079-17, “Explosive atmospheres – Part 17: Electrical Installations Inspection and maintenance”

REGLAMENTO RETIE, Res. 90708, agosto 6 de 2008, Ministerio de Minas y Energía, Colombia