

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

**“GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO PARA CONSTRUCCIÓN
DE UNA CENTRAL DE GENERACIÓN DE CICLO COMBINADO”**

INFORME DEL EJERCICIO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

EDGARD ANTONIO MARTÍNEZ SOLÓRZANO

ASESOR:

ING. FERNANDO XAVIER VÁZQUEZ MARTÍNEZ

NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO

DICIEMBRE, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos:

A mis padres que con su trabajo y esfuerzo me brindaron la oportunidad de estudiar en una gran universidad y vivir una de las mejores experiencias en mi vida.

A mi pequeña familia Yesenia y Camila, que tuvieron la comprensión y paciencia de apoyarme en este camino.

A la UNAM por formarme como profesionista y darme las herramientas para desarrollarme plenamente en el campo laboral.

A la Comisión Federal de Electricidad por darme la oportunidad de colaborar en muchos proyectos de éxito a lo largo de mi trayectoria.

Ingenieros Israel Gasca Romero e Iván Jesús García Pavía por darme todo su apoyo para concluir este proceso.

A mis compañeros de carrera, que trabajando en equipo me apoyaron a salir adelante.

Finalmente, al Ingeniero Fernando Xavier Vázquez, por guiarme en la elaboración de este trabajo.

Edgard Antonio Martínez

Diciembre, 2022

Índice

Resumen	i
Introducción.....	1
Capítulo 1. Marco teórico	
1.1 Definiciones	2
1.2 Normas	3
1.3 Referencias Bibliográficas y Bibliografía.....	4
Capítulo 2. Antecedentes	
2.1 Antecedentes de la seguridad industrial.....	5
2.2 Antecedentes de índices de accidentalidad previo al inicio del proyecto.....	6
2.3 Antecedentes del proyecto de la central de generación.....	7
2.4 Alcance del proyecto de construcción de la central de generación	8
Capítulo 3. Desarrollo	
3.1 Metodología sistémica para la gestión de la seguridad y salud en el trabajo.....	9
3.1.1 Identificar todas las exposiciones a pérdidas.....	9
3.1.1.1 Identificación de actividades relacionadas con la ejecución del proyecto.....	9
3.1.1.2 Identificar la normatividad de seguridad y salud aplicable a los proyectos de construcción en centrales de generación.....	15
3.1.1.3 Identificación de peligros del proyecto de construcción de una central de generación de ciclo combinado.....	16
3.1.2 Evaluar el riesgo en cada exposición.....	18
3.1.2.1 Estimación del Riesgo.....	18
3.1.2.2 Evaluación de riesgo en cada exposición de los trabajos involucrados en el proyecto de construcción de la central de generación de ciclo combinado.....	20
3.1.3 Desarrollar e Implementar un plan y programas.....	27
3.1.3.1 Programa preventivo de seguridad e higiene del proyecto de construcción de la central de generación de ciclo combinado.....	27

3.1.3.2 Consideraciones documentales para mejorar los controles del programa.....	37
3.1.3.3 Definición de Controles efectivos en la obra.....	37
3.1.4 Monitorear y controlar.....	40
3.1.4.1 Seguimiento a los hitos importantes.....	45
Conclusiones... ..	47

Resumen

El objetivo general del documento es demostrar la experiencia obtenida en el ejercicio profesional de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica, para la gestión de seguridad y salud en el trabajo durante la construcción de una central de generación de energía eléctrica de ciclo combinado al interior del proyecto, con la finalidad de disminuir la probabilidad de ocurrencia de un accidente mortal.

Objetivos Específicos

Identificar la normatividad de seguridad y salud aplicable al proyecto de construcción en centrales de generación.

Identificación de peligros y evaluación de riesgos de trabajo durante la construcción de una central de generación de ciclo combinado.

Evaluar el riesgo en cada exposición derivada de los trabajos que se realizaron en la construcción de una central de generación de ciclo combinado.

Desarrollar e implementar un plan que contenga los controles aplicables a los riesgos de trabajo identificados durante la construcción de una central de generación de ciclo combinado.

Monitorear y controlar los riesgos de trabajo que se presenten durante la ejecución del proyecto de construcción.

Introducción

Para lograr la visión en el 2026 dentro de la estrategia nacional de energía 2012-2026, es indispensable incrementar la eficiencia en el consumo de energía sin sacrificar el desarrollo económico del país, para ello es indispensable la construcción de nuevas unidades de generación termoeléctrica que aprovechen en mayor cantidad la energía de los combustibles fósiles para transformarla en energía eléctrica.

La construcción de obras de infraestructura y edificaciones en obra pública es la segunda actividad económica con mayor número de accidente y enfermedades de trabajo de acuerdo con la memoria estadística de IMSS en el periodo 2009 al 2014 con 173,808 casos. La construcción de este tipo de obras implica realizar actividades de alto riesgo para los trabajadores, dando como resultado un índice de frecuencia (relación de incidentes con lesión entre una cantidad de horas hombre) en la construcción de centrales de generación en el 2011 de 2.26, impactando negativamente la integridad de los trabajadores.

Es por ello, que la gestión de seguridad y salud en el trabajo durante la ejecución de estas obras de gran magnitud es de vital importancia para el gobierno mexicano y las empresas encargadas de construir los proyectos de generación de energía eléctrica.

Capítulo 1

Marco teórico, definiciones normativas y documentación de apoyo

1.1 Definiciones

Incidente. “Un acontecimiento no deseado, el que, bajo circunstancias ligeramente diferentes, podría haber resultado en lesiones a las personas, daño a la propiedad o pérdida en el proceso”, Frank E. Bird (2007), losscontrol management, capítulo No2, página 5.

Accidente. “La Organización Mundial de la Salud define un accidente como un acontecimiento fortuito, generalmente desgraciado o dañino, independientemente de la voluntad humana, provocado por una fuerza exterior que actúa rápidamente y que se manifiesta por la aparición de lesiones orgánicas” (Factores de riesgo relacionados con accidentes pediátricos en un hospital infantil de Bogotá, Daniel E. Hurtado-Sierra, Eliana M. Medina Chicue, Carlos A. Sarmiento-Limas y Javier A. Godoy, página 75).

Accidente de trabajo. “La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) lo define como toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo, cualquiera que sea el lugar y el tiempo en el que se preste” (NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene, Definiciones, 4.1).

Accidente de trabajo. El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) lo define como toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, la muerte o la desaparición derivada de un acto delincencial, producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo, cualquiera que sea el lugar y el tiempo en que se preste. (Norma para la dictaminación de los accidentes y enfermedades de trabajo. 13 de marzo de 2020).

Riesgo. El riesgo ha sido definido como una “oportunidad de pérdida”. Históricamente el riesgo ha sido visto como la oportunidad para que las cosas salgan mal. En ese contexto, las organizaciones han desarrollado estrategias para prevenir que las cosas salgan mal (control de pérdidas) y/o pagar las consecuencias cuando estas cosas salen mal. Los sistemas de administración moderna de la seguridad aprovechan la tecnología y los conceptos de riesgo para tomar mejores decisiones con respecto a los riesgos específicos para las personas.

Control de pérdidas. Hoy en día muchas organizaciones utilizan el término “control de pérdidas” para referirse a sus esfuerzos de prevenir o minimizar todas las formas de pérdida, incluyendo aquellas tradicionalmente referidas y relacionadas con la seguridad.

Seguridad. La seguridad está definida como “el control de pérdidas accidental que se caracteriza por el contacto con una sustancia o fuente de energía que excede el umbral límite del cuerpo o estructura. En este contexto, las pérdidas incluyen lesiones, enfermedades, daño a la propiedad, pérdida al proceso. Por lo tanto, la gestión de la seguridad son los esfuerzos organizacionales para prevenir y/o minimizar pérdidas en la gente, en la propiedad y en el proceso”, Frank E. Bird (2007) loss control management, capítulo No2, página 6.

Turbina de gas. La real academia española, la define como “máquina rotativa que convierte la energía térmica en trabajo mecánico, constituida fundamentalmente por un compresor, un dispositivo térmico en el que se oxida el combustible para calentar el fluido motor y una turbina” [<http://del.rae.es>].

Turbina de vapor. “Es una máquina de fluidos que convierte la energía del vapor en energía cinética y mecánica, esta última, en el caso de los turbogeneradores de plantas termoeléctricas, se recoge en una flecha y se convierte en energía eléctrica en un generador. Las partes esenciales de una turbina son un rotor con álabes, carcasa, chumaceras, sellos; adicionalmente tiene otras partes auxiliares, sistema de aceite de lubricación, sistema de aceite de regulación, cimentación, instrumentación, control y protecciones” (Turbinas de vapor, Martiniano Aguilar Rodríguez, repositorio facultad de ingeniería UNAM).

Generador de Vapor por Recuperación de Calor (GVRC), Heat recovery steam generator (HRSG). “Es un intercambiador de calor de recuperación de energía que recupera el calor de una corriente de gas caliente, como una turbina de gas. Produce vapor que se utiliza para impulsar una turbina de vapor” (Heat Recovery Steam Generator Technology Vernon L. Eriksen, página 4).

Generador eléctrico. Transforma la energía mecánica en eléctrica. La acción se desarrolla por el movimiento de una bobina en un campo magnético, resultando una fuerza electromotriz f.e.m. inducida que al aplicarla a un circuito externo produce una corriente que interacciona con el campo y desarrolla una fuerza mecánica que se opone al movimiento. En consecuencia, el generador necesita una energía mecánica de entrada para producir la energía eléctrica correspondiente. (Apuntes máquinas eléctricas, página 3, <http://dea.unsj.edu.ar/electrotecnia/U11>).

Factor de disponibilidad de una planta de energía es la cantidad de tiempo que puede producir electricidad durante un período determinado, dividido por la cantidad de tiempo en el período (Std 762-2006 - Definiciones estándar IEEE para uso en informes de confiabilidad, disponibilidad y productividad de unidades generadoras eléctricas).

1.2 Normas

- NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo. 4 de mayo de 2011. Diario oficial de la federación.
- NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad. 24 de noviembre de 2008. Diario oficial de la federación.
- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de Seguridad-Prevención y protección contra incendio en los centros de trabajo. 9 de diciembre de 2010. Diario oficial de la federación.
- NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. 9 de diciembre de 2010. Diario oficial de la federación. 31 de mayo de 1999. Diario oficial de la federación.
- NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. 2 de febrero de 1999. Diario oficial de la federación.
- NOM-006-STPS-2000, Manejo y almacenamiento de materiales condiciones y

- procedimientos de seguridad. 9 de marzo de 2001. Diario oficial de la federación.
- NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura. 6 de mayo de 2011. Diario oficial de la federación.
 - NOM-012-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, usen, manejen, almacenen o transporten fuentes de radiación ionizante. 15 de junio de 1994. Diario oficial de la federación.
 - NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal – selección, uso y manejo en los centros de trabajo. 9 de diciembre de 2008. Diario oficial de la federación.
 - NOM-022-STPS-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad. 7 de noviembre de 2008. Diario oficial de la federación.
 - NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. 25 de noviembre de 2008. Diario oficial de la federación.
 - NOM-027-STPS-2008, Actividades de soldadura y corte-condiciones de seguridad e higiene. 7 de noviembre de 2008. Diario oficial de la federación.
 - NOM-028-STPS-2004, Organización del trabajo-seguridad en los procesos de sustancias químicas. 14 de enero de 2005. Diario oficial de la federación.
 - ISO 45001 – Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo – Requisitos con orientación para su uso. Primera edición (2018).

1.3 Referencias Bibliográficas y Bibliografía

- Factores de riesgo relacionados con accidentes pediátricos en un hospital infantil de Bogotá, Daniel E. Hurtado-Sierra, Eliana M. Medina Chicue, Carlos A. Sarmiento-Limas y Javier A. Godoy.
- Evaluación de riesgos laborales, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1997
- Practical loss control leadership, third edition, by Frank E. Bird.2007
- Guía para la ejecución de la Gestión de los Riesgos Críticos. International Council on Mining & Metals. 2015
- Det Norske Veritas – Administración moderna de la seguridad y el control de pérdidas. 2007
- Apuntes máquinas eléctricas.
- Sanjurjo Navarro, Rafael; “Maquinas Eléctricas”; Editorial Mc GRAW HILL; 1989
- Manual General de Organización de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social y Organismos Sectorizados. 1994
- Norma para la dictaminación de los accidentes y enfermedades de trabajo. 2020
- Turbinas de vapor, Martiniano Aguilar Rodríguez, repositorio facultad de ingeniería UNAM. 1992
- Tesis, la conducta integrada al proceso de seguridad, Cesar Bustamante García ITESM. 2012

Capítulo 2

Antecedentes

2.1 Antecedentes de la seguridad industrial

El concepto de seguridad e higiene en el trabajo nació en Inglaterra en la segunda fase de la Revolución Industrial (La seguridad industrial fundamentos y aplicaciones, Antonio Muñoz, José Rodríguez Herrerías, José M. Martínez-Val, I.3). Años después al introducir la máquina de vapor en los sistemas de productivos, fue necesario contratar una gran cantidad de mano de obra, la cual por ingresar rápidamente y sin recibir la capacitación en materia de seguridad industrial, sufrían accidentes y lesiones originados por las actividades relacionadas con el trabajo.

En México, el primer antecedente de la administración del trabajo fue en 1911, cuando Francisco I. Madero crea el departamento del trabajo y en 1917 se establece en la Constitución Política responsabilidades de los patrones en accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, así como también la obligación de observar los preceptos legales sobre higiene y seguridad. Cesar Bustamante García (2012) *La conducta integrada al proceso de seguridad* [Tesis de Maestría, Instituto tecnológico y estudios superiores de Monterrey, <http://repositorio.tec.mx/11285/629473>].

Aunado a ello nuestra Constitución política de los estados unidos mexicanos de 1917 señala en el Artículo 123 .- “Toda persona tiene derecho al trabajo digno y socialmente útil; al efecto, se promoverán la creación de empleos y la organización social para el trabajo, conforme a la ley, se establecieron entre otros derechos del trabajador: la fijación de la jornada máxima de ocho horas de trabajo, la indemnización por despido injustificado, el derecho de asociación y de huelga por parte de los trabajadores, y el establecimiento de normas en materia de previsión y seguridad social”[<http://dof.gob.mx>].

El 25 de julio de 1974, el Ejecutivo Federal creó el Instituto Nacional de Estudios del Trabajo y el Centro Nacional de Información y Estadísticas del Trabajo, como órganos desconcentrados dependientes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 18 de noviembre de 1994, Manual General de Organización de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social y Organismos Sectorizados. Diario oficial de la federación.

- El primero tuvo por objeto "la preparación y elevación del nivel cultural del personal al que compete la aplicación de las normas de trabajo, la formación de funcionarios para el servicio público y el desarrollo de especialistas que puedan fungir como asesores de los factores de la producción". 18 de noviembre de 1994. Manual General de Organización de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social y Organismos Sectorizados. Diario oficial de la federación.
- El segundo tuvo señalados como objetivos “La integración y mejoramiento de la información y las estadísticas en materia laboral, su difusión pública, así como la promoción de su utilización en el diseño de políticas sobre la materia. 18 de noviembre de 1994, Manual General de Organización de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social y Organismos Sectorizados. Diario oficial de la federación.

En 1943 nació el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), con el objeto de atender la salud de los trabajadores y sus familias, con una composición tripartita integrado de manera igualitaria por representantes de trabajadores, patrones y del Gobierno Federal (*manual de*
pág. 5

organización de IMSS, 3. Antecedentes históricos).

La STPS y el IMSS han sido organismos públicos claves para mejorar las condiciones laborales de los trabajadores, y promover la participación conjunta de empleados, empresarios y Gobierno en la responsabilidad de conciliar intereses para lograr una mejor política laboral y su aplicación en beneficio de todos. Cesar Bustamante García (2012) *La conducta integrada al proceso de seguridad* [Tesis de Maestría, Instituto tecnológico y estudios superiores de Monterrey, <http://repositorio.tec.mx/11285/629473>].

Como lo indica Frank E. Bird (2007):

La integración de la seguridad dentro del sistema de administración profesional experimentó muchos avances significativos a mediados del siglo veinte (décadas del 40, 50 y 60). En forma lenta pero segura, los líderes de este campo se preocuparon de ampliar la imagen mental de la gerencia en relación con "seguridad" y de cómo lograrla de la mejor manera posible. Los libros y artículos comenzaron a dar énfasis a la administración de la seguridad, al enfoque de sistemas para la prevención y el control de accidentes y al profesionalismo de la administración. Este período presenció un claro movimiento que se desplazó a partir de un concepto de seguridad, orientado estrictamente a la lesión, hacia el concepto de un sistema de administración integral.

Las décadas del 70 y del 80 se podrían caracterizar como la era internacional del cambio en la administración de la seguridad/control de pérdidas, en la cual el enfoque de administración profesional se divulgó con cierta rapidez en todo el mundo, y los éxitos se compartieron con toda libertad. En todo el mundo, mayor cantidad de gerentes se desplazaron desde un concepto centrado en los "descuidos de los trabajadores" como origen de los accidentes, hacia un mayor énfasis en las deficiencias del sistema administrativo, vale decir, los programas inadecuados, los estándares inadecuados, y el manejo inadecuado en cuanto al cumplimiento de los estándares (Loss control management, third edition, by Frank E. Bird, capítulo 1, página 30).

2.2 Antecedentes de índices de accidentalidad previo al inicio del proyecto

De acuerdo con los datos estadísticos del IMSS se observa un incremento en la tasa alta de accidentes y defunciones relacionadas con el trabajo previo al inicio del proyecto, además se identifica a la construcción de obras de infraestructura y edificaciones en obra pública como la segunda actividad económica con mayor número de accidentes.

Tabla 1.

Evolución de las tasas de accidentes, enfermedades, incapacidades y defunciones de trabajo, 2005 - 2017 nacional.

Año	Patrones	Trabajadores promedio	Accidentes de trabajo por cada 100 trabajadores	Enfermedades de trabajo por cada 10 000 trabajadores	Incapacidades de trabajo por cada 100 casos	Defunciones de trabajo por cada 10 000 trabajadores
2005	802 107	12 735 856	2.32	5.73	6.51	0.87
2006	810 181	13 578 346	2.28	3.47	5.77	0.79
2007	823 999	14 424 178	2.50	1.87	4.51	0.73
2008	833 072	14 260 309	2.88	2.58	4.22	0.79
2009	825 755	13 814 544	2.86	2.97	4.69	0.8
2010	829 500	14 342 126	2.81	2.42	5.50	0.78
2011	821 572	14 971 173	2.82	2.74	5.72	0.82
2012	824 823	15 671 553	2.77	3.10	5.57	0.74
2013	833 105	16 224 336	2.56	3.92	6.07	0.61
2014	837 502	16 803 995	2.39	4.94	6.16	0.6
2015	866 055	17 533 488	2.42	6.85	6.62	0.65
2016	895 829	18 206 113	2.17	6.93	6.63	0.55
2017	928 946	18 740 283	2.19	7.56	7.03	0.53

Fuente, memoria estadística IMSS, 2005-2017.

Tabla 2.

Actividades económicas con mayor número de accidentes y enfermedades de trabajo 2009-2014.

Actividad económica	2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	Casos	%										
Supermercados, tiendas de autoservicio y de departamentos especializado por línea de mercancías	32 237	8.1	33 777	8.3	35 958	8.4	37 657	8.6	36 303	8.6	34 585	8.5
Construcciones de obra de infraestructura y edificaciones en obra pública	30 529	7.6	29 948	7.4	30 876	7.2	29 485	6.7	26 890	6.4	26 080	6.4
Compraventa de alimento, bebidas y/o productos del tabaco con transporte	23 306	5.8	23 546	5.8	24 874	5.8	23 655	5.4	24 183	5.7	22 449	5.5
Preparación y servicio de alimentos	19 784	5.0	19 504	4.8	20 723	4.9	20 920	4.8	21 246	5.0	19 833	4.8
Servicios profesionales y técnicos	20 553	5.1	24 401	6.0	21 749	5.1	26 582	6.0	19 926	4.7	18 354	4.5
Servicios de alojamiento temporal	10 416	2.6	11 216	2.8	11 058	2.6	11 922	2.7	12 093	2.9	11 530	2.8
Transporte de carga	8 370	2.1	8 215	2.0	8 332	2.0	8 506	1.9	8 803	2.1	8 580	2.1

Fuente, memoria estadística IMSS, 2009-2014.

Es por ello por lo que la gestión de seguridad y salud en el trabajo durante la construcción de una central de generación de energía eléctrica de ciclo combinado es necesaria para disminuir la probabilidad de la ocurrencia de un accidente mortal, lo que conlleva grandes pérdidas económicas y retrasos en la ejecución del proyecto.

2.3 Antecedentes del proyecto de la central de generación

La Central de generación de Ciclo Combinado Tula, entró en operación en 1981, iniciando con las turbinas de gas (Brayton) Unidades 1, 2, 4 y 5 con la finalidad de ponerlas en servicio en el horario de mayor de demanda de energía en el país. Esta forma de operar la central solamente fue mientras se construía las unidades 3 y 6 de vapor para formar dos paquetes de ciclo combinado.

La Central de generación antes del proyecto tenía una capacidad de 489 MW. Operando con dos Turbinas de gas modelo W501-D24 y otras dos W501-D5, como ciclo Brayton en el año de 1981. Años más tarde en 1985 se ponen en servicio dos Turbinas de Vapor Westinghouse cada una de ellas alimentadas por dos HRSG para operar como ciclo combinado, Brayton y Rankine. Fue una central de la antigua Gerencia Regional de Producción Central, ahora Empresa Productiva Subsidiaria de Generación I ya que años más tarde cambió en consecuencia de la reforma energética (Términos para la asignación de activos y contratos para la generación a las empresas productivas subsidiarias y empresas filiales de la Comisión Federal de Electricidad, Diario Oficial de la Federación, 4 de noviembre de 2016).

La Central antes del proyecto de construcción, estaba formada por dos módulos de ciclo combinado (Brayton y Rankine), cada uno de ellos era formado por dos turbinas de gas (TG) más una turbina de vapor (TV) con capacidad instalada de 238 y 251 MW respectivamente, dando un total de 489 MW.

Módulo 1, 238 MW

2 TG W501-D24, con capacidad de 69 MW

1 TV Westinghouse, con capacidad 100 MW

Módulo 2, 251 MW

2 TG, W502-D5, con capacidad de 72 MW

1 TV Hitachi, capacidad 107 MW

Las unidades Turbogeneradores de gas de la Central Ciclo Combinado Tula tienen más de 30 años de operación, las cuales presentan degradación, agotamiento de la vida útil y obsolescencia, con factores de indisponibilidad altos, en otras palabras, fallas en las unidades. El objetivo de la construcción del proyecto es incrementar la vida útil de las turbinas de vapor, así como mejorar la eficiencia térmica y por disminuir el costo unitario de generación de la central.

El proyecto de repotenciación de la central de generación consistió en dos módulos de ciclo combinado de 275 MW cada uno para un total de 550 MW de capacidad, distribuidos de la siguiente manera:

MÓDULO 1, 275 MW

1 turbina de gas de 190 MW

1 turbina de vapor de 85 MW

MÓDULO 2, 275 MW

1 turbinas de gas de 190 MW

1 turbina de vapor de 85 MW

2.4 Alcance del proyecto de construcción de la central de generación

Se definió el alcance del proyecto de construcción de la central de generación de ciclo combinado, consistió en dos módulos, cada uno de ellos fue la sustitución de dos turbinas de gas de una capacidad de 69 MW por una Turbina de Gas (TG) con una capacidad de 190 MW, asociada a un Generador de Vapor por Recuperación de Calor (GVRC) y este a su vez asociado a una Turbina de Vapor (TV) con una capacidad de 85 MW formando un módulo de ciclo combinado uno a uno (1TG+1TV), estos paquetes de generación aportan la energía eléctrica generada al Área Central del Sistema Eléctrico Nacional de México.

En resumen, el alcance del Proyecto de Construcción es el siguiente:

- Sustitución de Unidades turbogeneradores de gas (TG) y equipos auxiliares.
- Sustitución de generadores de vapor por recuperación de calor (GVRC) y equipos auxiliares.
- Rehabilitación y modernización de Unidades turbogeneradores de vapor (TV) y equipos auxiliares.
- Rehabilitación y modernización de los sistemas de instrumentación y control lógico y analógico.
- Adquisición de supervisión de obra, servicios, estudios y trámites.

Capítulo 3

Desarrollo del Proyecto

3.1 Metodología sistémica para la gestión de la seguridad y salud en el trabajo

Los profesionales de seguridad y los gerentes de operaciones fueron reconociendo cada vez más que no es ni económicamente factible, ni administrativamente práctico prevenir todos los accidentes o crear un ambiente libre de riesgos. Comenzó entonces a desarrollarse el concepto de gestión de seguridad y salud en el trabajo como parte de un enfoque de administración profesional hacia la seguridad. Este concepto de control reconoce la importancia, no solamente de la prevención de accidentes, sino también la de minimizar las pérdidas cuando los accidentes llegan a ocurrir.

Objetivos de la gestión de la seguridad y salud en el trabajo en el proyecto de construcción de la central de ciclo combinado:

- Identificar todas las exposiciones a pérdidas
- Evaluar el riesgo en cada exposición
- Desarrollar e implementar un plan
- Monitorear y controlar

3.1.1 Identificar todas las exposiciones a pérdidas

Lo más importante para lograr los objetivos, es la identificación de todos los peligros que los trabajadores se exponen en las actividades de la construcción de la central de generación. Se revisaron todas actividades relacionadas con el proceso de construcción.

3.1.1.1 Identificación de actividades relacionadas con la ejecución del proyecto

Una característica en el desarrollo del proyecto fue tener claro, con cuáles actividades se lograrán los resultados deseados y cuáles serán inefectivas. Los profesionistas que estuvieron involucrados saben, de acuerdo con su preparación y experiencia, lo que ellos y sus trabajadores debieron hacer para que el trabajo se realice en la forma más segura posible.

Se identificaron todas las actividades para la construcción de la central de generación; a manera de ejemplo se enlistó un extracto del programa general de ejecución del proyecto, solamente de equipos comunes para los dos módulos de ciclo combinado, con la finalidad de ejemplificar la metodología las cuales se describen a continuación:

Tabla 3.

Eventos relevantes para iniciar la construcción del proyecto.

Eventos relevantes		Módulo I		Módulo II	
		Programada	Real	Programada	Real
1	Movilización al sitio del personal de la contratista	02-feb-15	22-feb-15	02-feb-15	22-feb-15
2	Delimitación de las áreas de trabajo	16-feb-15	22-feb-15	16-feb-15	22-feb-15
3	Instalación de alimentación eléctrica e instalaciones temporales	27-mar-15	27-abr-15	27-mar-15	27-abr-15
4	Instalación del control de accesos	08-abr-15	15-abr-15	08-abr-15	15-abr-15
5	Construcción de instalaciones temporales	08-abr-15	31-oct-15	12-oct-15	31-oct-15
6	Instalación del vallado perimetral	23-mar-15	07-abr-15	23-mar-15	07-abr-15

Fuente propia.

Tabla 4.

Estudios iniciales para la ejecución del proyecto y aceptación de los equipos que se mencionan.

Eventos de estudios y pruebas		Módulo I		Módulo II	
		Programada	Real	Programada	Real
1	Estudio de ruido, petición, recepción, evaluación económica de ofertas y orden de contratación a medición de ruido	12-abr-15	20-ago-17	12-abr-15	20-ago-17
2	Evaluación técnica y económica, contratación y recepción del informa final del estudio geotécnico y topográfico	02-feb-15	08-may-15	02-feb-15	08-may-15
3	Prueba de presión hidrostática de la planta de tratamiento de agua	19-sep-16	26-sep-16	19-sep-16	26-sep-16
4	Prueba neumática de la tubería de suministro de gas	19-sep-16	09-oct-16	19-sep-16	09-oct-16

Fuente propia.

Finalmente se expone un extracto de las actividades de obra civil y mecánica donde por cuestiones prácticas solamente se muestran las actividades relativas con los equipos comunes de los módulos I y II del proyecto de construcción de la central de generación de ciclo combinado.

Tabla 5.

Eventos de obra civil de los equipos comunes a los dos módulos de ciclo combinado.

Eventos de obra civil		Módulo I		Módulo II	
		Programada	Real	Programada	Real
1	Planos para la preparación de movimiento de tierras	25-abr-15	15-may-15	25-abr-15	15-may-15
2	Cimentación secciones y detalle del edificio de los compresores de gas	11-ago-15	09-oct-15	11-ago-15	09-oct-15
3	Cimentación para el generador diésel de emergencia del edificio eléctrico	01-abr-16	16-abr-16	01-oct-15	21-oct-15
4	Cimentación de equipos de los compresores de gas	24-nov-15	25-dic-15	24-nov-15	25-dic-15
5	Losa y forjados del edificio de los compresores de gas	05-oct-15	25-oct-15	05-oct-15	25-oct-15
6	Zanjas y drenajes del edificio de los compresores de gas	11-dic-15	07-ene-15	11-dic-15	07-ene-15
7	Adecuación de la losa y forjados de la sala de control	12-oct-15	31-oct-15	12-oct-15	31-oct-15
8	Cimentación de equipos del sistema de aire comprimido	24-nov-15	10-feb-16	24-nov-15	10-feb-16
9	Zanjas, drenajes y acabados del sistema de aire comprimido	28-feb-16	04-may-16	28-feb-16	04-may-16
10	Cimentación de los aero-enfriadores	06-mar-16	09-abr-16	26-ene-16	24-feb-16
11	Detalle de las zanjas y drenajes de la sala de control	05-oct-15	08-nov-15	05-oct-15	08-nov-15
12	Canalización enterrada de los conductos de gas	10-sep-15	08-nov-15	10-sep-15	08-nov-15
13	Detalle de zanjas y drenajes del edificio tratamiento de agua	17-oct-15	16-nov-15	17-oct-15	16-nov-15
14	Cimentación de equipos de la planta de tratamiento de agua	23-dic-15	10-feb-16	23-dic-15	10-feb-16

Fuente: propia

Continuación de tabla 5.

Eventos de obra civil de los equipos comunes a los dos módulos de ciclo combinado.

Eventos de erección estructural y trabajos de montaje e instalación		Módulo I		Módulo II	
		Programada	Real	Programada	Real
15	Losa de hormigón, zanjas y drenajes de la planta de tratamiento de agua	10-feb-16	09-mar-16	10-feb-16	09-mar-16
16	Pavimentos y trabajos finales de la planta de tratamiento de agua	22-mar-16	11-abr-16	22-mar-16	11-abr-16
17	Adecuación de cimentación del edificio y equipos del laboratorio químico	01-mar-16	01-abr-16	01-mar-16	01-abr-16
18	Adecuación de zanjas, drenajes, pavimentos y trabajos finales del laboratorio químico	08-abr-16	29-abr-16	08-abr-16	29-abr-16
19	Cimentación de la estructura del rack eléctrico	10-nov-15	04-may-16	10-nov-15	04-may-16
20	Cimentación de las bombas de agua de servicios y desmineralizada	10-feb-16	15-mar-16	10-feb-16	15-mar-16
21	Cimentación del edificio eléctrico y de control	01-ene-16	30-ene-16	22-dic-15	20-ene-16
22	Columnas, vigas y losas del edificio eléctrico y de control	25-feb-16	16-mar-16	25-feb-16	16-mar-16
23	Zanjas y drenajes del edificio eléctrico y de control	17-mar-16	26-mar-16	17-mar-16	26-mar-16
24	Cerramientos y cubiertas del edificio eléctrico y de control	17-mar-16	21-abr-16	17-mar-16	21-abr-16

Fuente: propia

Tabla 6.

Eventos de erección estructural y montaje de los equipos comunes a los dos módulos de ciclo combinado, correspondiente al área mecánica.

Eventos de erección estructural y trabajos de montaje e instalación		Módulo I		Módulo II	
		Programada	Real	Programada	Real
1	Estructura metálica del edificio de los compresores de gas	05-feb-16	05-mar-16	05-feb-16	05-mar-16
2	Instalación de equipos del edificio de los compresores de gas	25-feb-16	25-mar-16	25-feb-16	25-mar-16
3	Instalación de equipos de la planta de tratamiento de agua	22-mar-16	11-abr-16	22-mar-16	11-abr-16
4	Montaje de estructuras del laboratorio químico	02-abr-16	22-abr-16	02-abr-16	22-abr-16
5	Montaje de estructuras del sistema de aire comprimido	26-mar-16	24-abr-16	26-mar-16	24-abr-16
6	Instalación de los equipos de aire comprimido	20-abr-16	04-may-16	20-abr-16	04-may-16
7	Montaje de ductos de gas natural	13-may-16	04-nov-16	13-may-16	04-nov-16
8	Montaje de bombas de agua de servicios y agua desmineralizada	21-jul-16	10-oct-16	21-jul-16	10-oct-16
9	Montaje de los compresores de gas	05-ago-16	19-sep-16	05-ago-16	19-sep-16
10	Montaje del equipo de la planta de tratamiento de agua	24-may-16	29-jul-16	24-nov-15	14-dic-15
11	Montaje de los compresores de aire de instrumentos	05-may-16	03-jun-16	05-may-16	03-jun-16
12	Montaje de la tubería de los compresores de gas	09-sep-16	07-nov-16	09-sep-16	07-nov-16
13	Montaje de tubería de la estación de regulación y medición de gas natural a los compresores	23-mar-16	18-sep-16	23-mar-16	18-sep-16
14	Montaje de la tubería de agua de la planta de tratamiento de agua	21-jul-16	19-sep-16	17-oct-15	16-nov-15

Fuente: propia.

Continuación de tabla 5.

Eventos de erección estructural y montaje de los equipos comunes a los dos módulos de ciclo combinado, correspondiente al área mecánica.

Eventos de erección estructural y trabajos de montaje e instalación		Módulo I		Módulo II	
		Programada	Real	Programada	Real
15	Montaje de la tubería de agua de servicios	17-jul-16	24-oct-16	17-jul-16	24-oct-16
16	Montaje del registrador de eventos eléctricos	19-oct-16	08-nov-16	19-oct-16	08-nov-16
17	Montaje bandejas de cables para los compresores de gas	19-sep-16	09-oct-16	19-sep-16	09-oct-16
18	Montaje bandejas de cables para la planta de tratamiento de agua	29-jul-16	12-sep-16	29-jul-16	12-sep-16
19	Montaje bandeja de cables para cuarto de control	24-feb-17	17-mar-17	24-feb-17	17-mar-17
20	Montaje de bandejas de cable de rack auxiliar eléctrico	17-jul-16	14-sep-16	17-jul-16	14-sep-16
21	Tendido de cableado y conexión de los compresores de gas, planta de tratamiento de agua y agua de servicios	19-oct-16	17-nov-16	19-oct-16	17-nov-16
22	Montaje de la Unidad de terminal remota UTR	26-ago-16	09-sep-16	26-ago-16	09-sep-16
23	Montaje y conexión del sistema de telecomunicaciones	11-ago-16	24-sep-16	11-ago-16	24-sep-16
24	Instalación de monitores e impresores y armarios eléctricos del sistema de control distribuido SCD	19-ago-16	28-ago-16	19-ago-16	28-ago-16
25	Instalación definitiva de monitores e impresores y armarios eléctricos del sistema de control distribuido SCD	01-abr-17	08-abr-17	01-abr-17	08-abr-17
26	Montaje de instrumentación de los compresores de gas	29-oct-16	27-nov-16	29-oct-16	27-nov-16
27	Montaje de instrumentación de la planta de tratamiento de agua y agua de servicios	12-sep-16	30-oct-16	12-sep-16	30-oct-16
28	Cableado y conexión del sistema de control distribuido	26-ago-16	04-oct-16	26-ago-16	04-oct-16
29	Tendido de cableado y conexión de instrumentación de los compresores de gas	13-nov-16	12-dic-16	13-nov-16	12-dic-16
30	Tendido de cableado y conexión de instrumentación de la planta de tratamiento de agua y agua de servicios	24-sep-16	14-nov-16	24-sep-16	14-nov-16
31	Estructuras del edificio de eléctrico y de control	05-feb-16	05-mar-16	05-feb-16	05-mar-16

Fuente: propia.

3.1.1.2 Identificar la normatividad de seguridad y salud aplicable a los proyectos de construcción en centrales de generación

Dice Frank E. Bird (2007) que, “una razón común para que se origine una falta de control, lo constituye el incumplimiento de los estándares establecidos, cumplimiento inadecuado de las normas”, Practical loss control leadership, third edition, capítulo No2, página 21.

Se definieron los estándares o normas de ejecución para tomarlo como base en el establecimiento de los métodos de trabajo que fueron aplicados en el proyecto.

Las Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos aplicables al proyecto de construcción de centrales eléctricas en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) son:

- NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo. 4 de mayo de 2011. Diario oficial de la federación.
- NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad. 24 de noviembre de 2008. Diario oficial de la federación.
- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de Seguridad-Prevención y protección contra incendio en los centros de trabajo. 9 de diciembre de 2010. Diario oficial de la federación.
- NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. 9 de diciembre de 2010. Diario oficial de la federación. 31 de mayo de 1999. Diario oficial de la federación.
- NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. 2 de febrero de 1999. Diario oficial de la federación.
- NOM-006-STPS-2000, Manejo y almacenamiento de materiales condiciones y procedimientos de seguridad. 9 de marzo de 2001. Diario oficial de la federación.
- NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura. 6 de mayo de 2011. Diario oficial de la federación.
- NOM-012-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, usen, manejen, almacenen o transporten fuentes de radiación ionizante. 15 de junio de 1994. Diario oficial de la federación.
- NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal – selección, uso y manejo en los centros de trabajo. 9 de diciembre de 2008. Diario oficial de la federación.
- NOM-022-STPS-2008, Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad. 7 de noviembre de 2008. Diario oficial de la federación.
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. 25 de noviembre de 2008. Diario oficial de la federación.
- NOM-027-STPS-2008, Actividades de soldadura y corte-condiciones de seguridad e higiene. 7 de noviembre de 2008. Diario oficial de la federación.

- NOM-028-STPS-2004, Organización del trabajo-seguridad en los procesos de sustancias químicas. 14 de enero de 2005. Diario oficial de la federación.

3.1.1.3 Identificación de peligros del proyecto de construcción de una central de generación de ciclo combinado

Se trabajó en la identificación eficaz de peligros correspondientes a los trabajos para la construcción de la central de generación y evaluando los riesgos para aplicar los controles, supervisándolos en cada una de las actividades pertenecientes al programa específico de ejecución para cada Módulo de ciclo combinado, enfocados a los Hitos Principales. Es bueno tener presente que, al tratar de identificar cada una de las causas probables de un problema, deberíamos prestar la mayor atención posible en aquéllas que posean el mayor potencial de pérdida grave y la mayor probabilidad de recurrencia. Esto es esencial para un control efectivo (Loss control management, third edition, by Frank E. Bird, capítulo 2, página 26).

Definimos que los peligros son todas las fuentes con un potencial para causar lesiones y deterioro de la salud. La clave para elaborar programas de trabajo adecuados en las diferentes actividades pertenecientes al programa específico de ejecución en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo consiste en iniciar identificando la relación del trabajo con fuentes, situaciones o circunstancias con el potencial de causar lesiones o daños a la salud.

Iniciamos haciendo un ejercicio mental para recordar los eventos o situaciones que ya han causado lesiones y daño a la salud (incidente) en centros y lugares de trabajo similares y los daños más graves que se han presentado o pudieran llegar a presentarse; estos peligros son los que requieren atención especial, por lo anterior y conforme a la estadística en la construcción de centrales de generación, el 71% de los incidentes ocurrieron en la etapa constructiva y erección estructural (fuente propia).

Origen del peligro

Por su origen el peligro se clasifica en interno y externo. Ejemplo: los criterios de esta clasificación se diferencian por el grado de control que el centro de trabajo pueda aplicar sobre las fuentes con potencial para causar lesiones y deterioro de la salud en el proyecto (lugar bajo el control de la empresa) y en sus inmediaciones. Si es responsabilidad del centro de trabajo y está dentro de su alcance y posibilidades establecer y aplicar controles, el origen es interno, en caso contrario es externo. Para este proyecto solo abordaremos los de origen interno.

Peligros de Origen Interno

Son aquellos bajo responsabilidad del centro de trabajo y está dentro de su alcance y posibilidades establecer y aplicar controles. Son todos los peligros relacionados con los procesos del centro de trabajo. Ejemplos: los peligros eléctricos y mecánicos son de origen interno asociados a los procesos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Clasificar el tipo de peligro

A continuación, se muestran algunos ejemplos que se tomaron en cuenta para los tipos de peligros mismos que son enunciativos más no limitativos:

Tabla7.

Clasificación de tipos de peligros.

Eléctricos	Líneas, redes y equipos con diferentes niveles de tensión.
Mecánicos	Objetos pesados, objetos afilados, piezas móviles, vehículos, maquinaria, equipos, máquinas y herramientas.
Físicos/Ergonómicos	Físicos: trabajos en altura, espacios reducidos, espacios confinados, radiación, corte y soldadura, campos magnéticos, temperaturas extremas, ruido, presiones extremas, vibración). Ergonómicos: levantar, bajar, tirar y empujar, postura, movimientos repetitivos.
Biológicos	Bacterias, virus, insectos, plantas, aves, animales.
Psicosociales	Bullying, acoso.
Químicos	Propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables de productos y sustancias sólidas, líquidos, humos, gases.
Naturales	Sismos, huracanes, Inundaciones.

Fuente: Loss control management, third edition, by Frank E. Bird, capítulo 2, página 3

Clasificación por tipo de contacto

- Contacto con electricidad.
- Contacto con calor.
- Contacto con frío.
- Contacto con radiación.
- Contacto con sustancias cáusticas.
- Contacto con sustancias tóxicas.
- Contacto con biológicos.
- Contacto con ruido.
- Caída al mismo nivel (resbalar y caer, volcarse).
- Caída a diferente nivel (caída a nivel bajo).
- Golpeado contra (corriendo hacia o tropezar con).
- Golpeado por (objeto en movimiento).
- Atrapado por (puntos filosos o cortantes).
- Atrapado en (agarrado, colgado).
- Atrapado entre o debajo (aplastado o amputado).
- Sobretensión, sobreesfuerzo, sobrecarga, ergonomía).
- Entorno organizacional no favorable.

Lista de fuentes de la lesión

- Sustancias.
- Productos químicos.
- Recipientes.
- Muebles y accesorios.
- Maquinaria.
- Componentes.

- Materiales.
- Personas.
- Plantas.
- Animales.
- Minerales.
- Estructuras.
- Superficies.
- Herramientas
- Instrumentos.
- Equipos.
- Vehículos.

Descripción de la interacción con el peligro y la fuente de lesión

Se describió lo más claro y detallado posible las circunstancias y el contexto (ambiente entorno) donde interactúan los siguientes elementos: tipo de peligro identificado, tipo de contacto de las diferentes formas de energía, vías de entrada de agentes ambientales al cuerpo humano, especificar la fuente de la lesión (nombre de: la sustancia, estructura, maquinaria, equipo), descripción de los pasos de las actividades donde pueden suscitarse daños y lesiones; además de los referidos, se deben tomar en cuenta todos los elementos que en su conjunto interviene en los mecanismos que pueden causar lesiones y deterioro de la salud. Ejemplos: Al realizar cambio de aislador tipo alfiler en línea desenergizada de media tensión el punto de trabajo se puede llegar a energizar.

Descripción del tipo de contacto

Se describió lo más detallado posible, partiendo del menú “Tipo de contacto” las características del tipo de contacto relacionado con la interacción identificada con el peligro y con la fuente de lesión referida en el campo anterior. Ejemplos: Contacto directo con electricidad, romper distancia de seguridad respecto a partes energizadas, relámpago de arco, el punto de trabajo se puede energizar por: retorno de la baja tensión, inducción de líneas adyacentes, descargas atmosféricas, cruces con otros circuitos.

Descripción de la consecuencia

Se describió y especificar los efectos adversos que resultan o pueden resultar en la condición de las personas, daños, lesiones y deterioro de la salud, derivado de los datos de los dos campos anteriores, priorizando las consecuencias por su mayor gravedad. Ejemplos: muerte provocada por contacto eléctrico, incapacidad permanente total o parcial, incapacidad temporal, quemaduras de tercer grado.

3.1.2 Evaluar el riesgo en cada exposición

La evaluación del riesgo nos muestra de forma cuantitativa la consecuencia de un contacto con el peligro y la probabilidad de que se materialice.

3.1.2.1 Estimación del Riesgo

Para una aplicación efectiva de controles se debe estimar el riesgo que implica cada peligro identificado, a continuación, se describe una metodología para hacerlo:

Clasificar el impacto

En base a la descripción correspondiente y tomando en cuenta la información histórica que se disponga, seleccionar, alto, medio, bajo (A, M, B).

Clasificar la probabilidad

En base a la descripción correspondiente y tomando en cuenta la información histórica que se disponga, seleccionar, alto, medio, bajo (A, M, B).

Clasificar el Nivel de Riesgo

De acuerdo con la matriz de niveles de riesgo con valores alto, medio o bajo.

Clasificación de Riesgos:

RIESGOS ALTOS

Nivel de riesgo inaceptable.

Deben de corregirse inmediatamente para poder continuar.

Son requeridas acciones para eliminar o reducir el riesgo inmediatamente.

Los controles para reducirlos a se deben relacionar con los planes de trabajo de las áreas que correspondan.

RIESGOS MEDIOS

Nivel de riesgo moderado

Es requerido establecer controles para trabajar con riesgos de esta categoría y asegurar que los impactos no ocurran.

RIESGOS BAJOS

Nivel de riesgo aceptable.

Sin embargo, se recomienda considerar algunas medidas de control.

Imagen 1.

Matriz de Riesgo.

NIVELES DE RIESGO

		M	A	A	A	RIESGOS ALTOS Nivel de riesgo inaceptable. Son requeridas acciones para eliminar o reducir el riesgo inmediatamente.
IMPACTO	A	M	A	A		
	M	M	M	A	M	RIESGOS MEDIOS Nivel de riesgo moderado Es requerido establecer controles para trabajar con riesgos de esta categoría y asegurar que los impactos no ocurran.
	B	B	B	M	B	RIESGOS BAJOS Nivel de riesgo aceptable. Sin embargo se recomienda considerar algunas medidas de control.
		B	M	A		
		PROBABILIDAD				

Fuente: propia.

3.1.2.2 Evaluación de riesgo en cada exposición de los trabajos involucrados en el proyecto de construcción de la central de generación de ciclo combinado

A continuación, se presenta una correlación entre las actividades a ejecutar y los peligros asociados a esas actividades que se identificaron para las etapas de preparación del sitio, construcción, incluyendo personal propio y subcontratistas:

Tabla 8.

Relación de la actividad y el peligro asociado.

ACTIVIDAD	PELIGROS
Desmante y despalme	Heridas por herramientas punzocortantes Contusiones por uso de herramientas manuales Mordedura o picadura por fauna de la zona Caídas al mismo nivel
Derribo de árboles	Proyección de fragmentos y partículas Contacto indirecto con la corriente eléctrica Caída a diferente nivel Golpes causados por las partes cortadas(tronco/ramas)
Movimiento de tierras	Inhalación de partículas Heridas por herramientas Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Ver uso de maquinaria pesada
Excavaciones y trincheras	Atrapamiento por inestabilidad y derrumbe de las paredes de la excavación Caída de trabajadores al caminar en las proximidades (distinto nivel) Caída de objetos sobre los trabajadores en la excavación Inundaciones súbitas Atropello de personas por maquinaria Exposición a agentes químicos por conducciones subterráneas Descargas eléctricas
Pavimentación	Inhalación de vapores Daño ocular por contacto con partículas

<p>Utilización de equipo pesado (cargadores frontales, retroexcavadoras, bulldozer, motoniveladora, rodillo compactador, etc.)</p>	<p>Atropellamiento de personal por el frente Atropellamiento de personal en reversa Choque del equipo con algún obstáculo Emisiones excesivas de contaminantes Emisiones excesivas de ruido Movimientos de máquinas sin operador Caída de materiales u objetos cargados golpeando al personal Vuelcos y caídas de la maquinaria Golpes a personas o cosas en el movimiento de giro Caída de material desde la cuchara Quemaduras (trabajos de mantenimiento) Caída de personas desde la máquina Ruido propio y de conjunto Vibraciones Contacto con líneas eléctricas Afecciones respiratorias (ambientes pulverulentos)</p>
<p>Utilización de vehículos de motor</p>	<p>Atropellamiento de personal por el frente Atropellamiento de personal en reversa Choque del equipo con algún obstáculo Emisiones excesivas de contaminantes Emisiones excesivas de ruido Movimientos de máquinas sin operador</p>
<p>Almacenamiento y manejo de materiales peligrosos</p>	<p>Inhalación de gases Ingestión de líquidos o sólidos Contacto dérmico Contacto ocular Derrame o fuga con incendio o explosión</p>
<p>Estiba y almacenaje de materiales en general</p>	<p>Caída de bultos o contenedores sobre personal Ruptura de contenedores con derrames o fugas Almacenaje de materiales incompatibles con riesgo de reacción o incendio Bloqueo de vías de salida en caso de emergencia</p>
<p>Carga y descarga manual de materiales</p>	<p>Caída de bultos o contenedores sobre personal</p>

	Derrame o fuga con riesgo de incendio o explosión
Carga y descarga de materiales con equipo	Caída sobre trabajadores por falla de cables Caída sobre trabajadores por falla de equipo Derrame o fuga con riesgo de incendio o explosión
Manejo manual de materiales	Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Afectación por caída del contenedor o el material sobre la persona
Manejo manual de cemento y otros materiales (yeso, cal, etc.) y preparación de morteros y mezclas	Contacto dérmico originando dermatitis de la piel en manos y pies Inhalación de partículas de sílice Inhalación de vapores por uso de materiales antiadherentes en formas y cimbras
Colocación de concreto	Sobre esfuerzo por uso de carretillas Falla de juntas en mangueras de bombas de concreto de alta presión con golpe a trabajadores presentes Proyección de fragmentos o partículas Caída de materiales Afecciones cutáneas por contacto Golpes por objetos y herramienta Atrapamientos Vuelco del camión bomba por proximidad a agujeros y taludes Contacto eléctrico directo con líneas aéreas Golpes con la manguera de vertido
Colocación de cimbras (encofrado)	Contusiones por golpes con herramienta Contusiones por golpes con elementos de la cimbra Golpes al personal por caída de objetos Caídas de personas a distinto nivel Proyección de fragmentos y partículas
Descimbrado	Contusiones por golpes con herramienta Contusiones por golpes con elementos de la cimbra Golpes al personal por caída de objetos Caídas de personas a distinto nivel Desplome de elementos mal colados sobre los trabajadores
Trabajos de albañilería	Heridas por herramientas punzocortantes Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Golpes por materiales Golpes por herramientas manuales Daño ocular por contacto con partículas Caídas de personas a distinto nivel Proyección de fragmentos y partículas Caída de materiales Afecciones cutáneas por contacto Contacto directo con corriente eléctrica Contacto indirecto con la corriente eléctrica Atrapamientos
Armado de acero de refuerzo	Heridas en manos por manejo inadecuado del acero Heridas en pies por puntas dejadas desnudas Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo

<p>Instalación y montaje de estructuras</p>	<p>Caída de elementos por falla de cables de izado Caída de elementos por falla del equipo de izado Golpeado por caída de objetos o herramientas Atrapamiento entre objetos Caída de personas a distinto nivel Proyección de fragmentos y partículas Contacto directo con la corriente eléctrica Contacto indirecto con la corriente eléctrica Riesgos por inhalación de vapores de soldadura</p>
<p>Utilización de grúas</p>	<p>Caída de la carga sobre trabajadores Choque eléctrico por tocar cables elevados con corriente Falla estructural del equipo Caída del equipo por deslizamiento o rotación Caídas de personas a distinto nivel Caídas de personas al mismo nivel Atrapamiento entre objetos Proyección de fragmentos y partículas Caída de objetos Afecciones cutáneas por contacto Golpes y atropellos con maquinaria Derrumbes y atrapamientos por tierra</p>
<p>Utilización de polipastos y malacates</p>	<p>Caída de la carga sobre trabajadores Golpe a trabajadores por mal manejo de la carga /suspendida Falla estructural del equipo</p>
<p>Trabajos de soldadura eléctrica, autógena y oxicorte (en caso de aplicar para trabajos temporales).</p>	<p>Inhalación de humos tóxicos Quemaduras por partículas incandescentes o chispas Puntos de ignición para incendios y explosiones Choque eléctrico (soldadura eléctrica) Afectación ocular por radiación ultravioleta Quemaduras por contacto con superficies u objetos calientes Explosión de acetileno por mal manejo de los tanques Atrapamiento entre objetos Aplastamiento de manos o pies por objetos pesados Radiaciones del arco voltaico Proyección de partículas Explosión (por retroceso de llama en soldadura autógena y oxicorte) Incendio</p>
<p>Trabajos en alturas</p>	<p>Caídas a distinto nivel Caídas de andamios Caídas de plataformas Caídas de estructuras de acero Caídas de cubiertas inclinadas (colocación de antena de telecomunicaciones) Golpes a personal por objetos que caen de la altura Electrocución por tocar cables con corriente Contacto indirecto con la corriente eléctrica Caída de materiales Heridas punzantes en extremidades inferiores Cortes en extremidades superiores</p>

	Proyección de fragmentos y partículas
Instalaciones eléctricas	<p>Choque eléctrico Electrocución Puntos de ignición por chispas Puntos de ignición por sobrecalentamiento Caída de personal a distinto nivel Caída de materiales Cortes en extremidades superiores Proyección de fragmentos y partículas</p>
Trabajos de carpintería	<p>Heridas por herramientas punzocortantes Contusiones por uso de herramientas manuales Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Golpes por objetos y herramientas Proyección de fragmentos y partículas Caída a distinto nivel Caída de materiales Atrapamientos Contacto directo con la corriente eléctrica</p>
Trabajos de vidriería	<p>Heridas (cortes) por herramientas punzocortantes o trozos de material (vidrio) Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Daño ocular por contacto con partículas Caídas de personas a distinto nivel Caída de materiales Contacto directo con la corriente eléctrica Golpes por objetos y herramientas</p>
Trabajos de pintura	<p>Afectación muscular por esfuerzo Inhalación de vapores de solventes Daño ocular por contacto con partículas Caída de personas a distinto nivel Contacto directo con la corriente eléctrica Contacto indirecto con la corriente eléctrica Atrapamiento Pinchazo por materiales punzantes Caída de materiales</p>
Trabajos de plomería (fontanería)	<p>Heridas/cortes por herramientas punzocortantes Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Golpes por manejo de materiales Proyección de fragmentos y partículas Caída de personas a distinto nivel Caída de materiales Contacto directo con la corriente eléctrica Contacto indirecto con la corriente eléctrica Quemaduras</p>
Uso de herramientas eléctricas	<p>Proyección de fragmentos procedentes del material que se manipula, o de la propia herramienta Golpes con la herramienta a la persona que manipula o a los compañeros Impactos por caída de la herramienta en extremidades inferiores</p>

	<p>Contusiones con la manguera, cables, etc. Ruido Descargas eléctricas Caídas al mismo nivel Cortes y golpes Heridas cortantes Micro-fracturas óseas por vibración</p>
Uso de herramientas manuales	<p>Heridas cortantes Golpes contusos Daños visuales por partículas Daños en piel por erosión y abrasión Proyección de fragmentos y partículas</p>
Tendido subterráneo de cable	<p>Ver excavaciones y trincheras Ver instalaciones eléctricas</p>
Operaciones en espacios confinados	<p>Falta de oxígeno Presencia de atmósferas tóxicas Presencia de atmósferas explosivas Inundaciones súbitas Temperaturas extremas</p>
Uso de escaleras, andamios, plataformas	<p>Caídas del personal desde alturas Caída de objetos sobre el personal Proyección de fragmentos y partículas Afecciones cutáneas por contacto Contacto indirecto con la corriente eléctrica Heridas punzantes en extremidades inferiores Golpe por objetos y herramientas</p>
Movimientos de personal a pie	<p>Caídas al mismo nivel Caídas en zanjas y excavaciones Atropellamiento por maquinaria Atropellamiento por vehículos Golpes por objetos caídos de alturas Golpes por objetos lanzados a nivel</p>
Montaje de equipos	<p>Golpes por manejo de materiales y equipos o componentes Heridas por herramientas punzocortantes Contusiones por uso de herramientas manuales Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo</p>
Montaje de transformador	<p>Caídas a distinto nivel Caídas de objetos en manipulación Cortes, golpes, etc.</p>
Utilización de sanitarios portátiles	<p>Contagio de infecciones por falta de higiene</p>
Reparaciones menores de equipo	<p>Heridas por herramientas punzocortantes Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Golpes por manejo de materiales Daño ocular por contacto con partículas Inhalación de vapores de solventes</p>

Peligros identificados para las actividades de los visitantes:

Tabla 9.

Actividades de los subcontratistas con sus peligros asociados.

ACTIVIDADES	PELIGROS
Uso de escaleras, escalas fijas y móviles	Caídas del personal desde alturas Caída de objetos sobre el personal
Movimientos de personal a pie	Caídas a nivel Caídas en zanjas y excavaciones Atropellamiento por maquinaria Atropellamiento por vehículos Golpes por objetos caídos de alturas Golpes por objetos lanzados a nivel
Actividades administrativas	Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Afectación visual
Circulación y operación de vehículos	Atropellamiento de personal por el frente Atropellamiento de personal en reversa Choque del equipo con algún obstáculo Emisiones excesivas de contaminantes Emisiones excesivas de ruido Movimientos de máquinas sin operador

Movimientos de personal a pie	Caídas a nivel Caídas en zanjas y excavaciones Atropellamiento por maquinaria Atropellamiento por vehículos Golpes por objetos caídos de alturas Golpes por objetos lanzados a nivel Proyección de fragmentos y partículas Inhalación de partículas Emisiones excesivas de contaminantes Emisiones excesivas de ruido
Circulación de vehículos	Choque del vehículo con algún obstáculo Choque del vehículo con maquinaria Proyección de fragmentos y partículas Golpes por objetos caídos de alturas Golpes por objetos lanzados a nivel Interferencia de tráfico

Fuente: propia.

3.1.3 Desarrollar e Implementar un plan y programas

Desarrollar un plan o programa de seguridad en el que se identifique claramente la actividad a realizar, los peligros a los que estuvieron expuestos los trabajadores y las medidas de control que fueron aplicadas para evitar que se materialice un accidente.

3.1.3.1 Programa preventivo de seguridad e higiene del proyecto de construcción de la central de generación de ciclo combinado

El programa que se desarrolló intentó integrar los elementos vitales de las actividades del proyecto de construcción. De lo anteriormente descrito se elaboró el programa preventivo de seguridad e higiene en el trabajo del proyecto, el cual se considera importante darlo a conocer por completo:

Tabla 10.

Programa preventivo de seguridad y salud en el trabajo para la fase de desmantelamiento y construcción de la central de generación de ciclo combinado.

FASE DE DESMANTELAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN.				
N°	ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS, DE MITIGACIÓN Y CONTROL A APLICAR, DE ACUERDO CON APARTADO(S) DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	RESPONSABLES DE LAS ACCIONES
1	Utilización de equipo pesado (cargadores frontales, retroexcavadoras, etc.)	Atropellamiento de personal por el frente. Atropellamiento de personal en reversa. Choque del equipo con algún obstáculo. Emisiones excesivas de contaminantes. Emisiones excesivas de ruido. Movimientos de máquinas sin operador. Caída de materiales u objetos cargados golpeando al personal.	Señalización vial, límites de velocidad. Conducción de vehículos, capacitación y/o charlas preoperativas Mantenimiento adecuado del equipo. Frenado en reposo con cuñas. Sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger al personal. Uso de maquinaria. Aseguramiento de cargas Uso de EPP.	Trabajadores en el área, Operadores de maquinaria, Personal de Seguridad, Maniobristas y/o guías de tráfico, Personal de mantenimiento.

2	Utilización de vehículos motor de	Atropellamiento de personal por el frente Atropellamiento de personal en reversa Choque del equipo con algún obstáculo Emisiones excesivas de contaminantes Emisiones excesivas de ruido Movimientos de máquinas sin operador Caída de materiales u objetos cargados golpeando al personal.	Señalización vial, límites de velocidad Conducción de vehículos, alarma de reversa Capacitación y/o charlas preoperativas Mantenimiento adecuado del equipo Manejo cuidadoso Frenado en reposo con cuñas Sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger al personal Uso de EPP.	Trabajadores en el área, operadores de vehículos, Personal de Seguridad, Maniobristas y/o guías de tráfico, Personal de mantenimiento.
3	Movimiento de Tierras	Inhalación de partículas Heridas por herramientas Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Ver uso de maquinaria pesada.	Capacitación. Uso de equipo de protección personal Sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger al personal Uso de herramientas, de medios auxiliares y de maquinaria.	Trabajadores en el área, Operadores de maquinaria, Personal de Seguridad, Maniobristas y/o guías de tráfico, Personal de mantenimiento.
4	Cimentaciones, excavación y Trincheras	Deslizamiento de materiales cubriendo a los trabajadores Caída de trabajadores en las excavaciones. Caída de objetos sobre los trabajadores en la excavación Inundaciones súbitas.	Capacitación. Uso de equipo de protección personal Excavaciones o atrincheramiento. Uso de herramientas, de medios auxiliares y de maquinaria, NOM-031-STPS-2011.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Operadores de equipo y maquinaria, Personal de Seguridad.
5	Uso de montacargas	Atropellamiento de personal por el frente. Atropellamiento de personal en reversa. Choque del montacargas con algún obstáculo. Emisiones excesivas de contaminantes. Emisiones excesivas de ruido. Movimientos de	Señalización vial, límites de velocidad Conducción de vehículos. Alarma de reversa. Capacitación y/o charlas preoperativas Mantenimiento adecuado del equipo, frenado en reposo con cuñas Manejo cuidadoso Uso	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Operadores de montacargas, Personal de Seguridad.

		máquinas sin operador Caída de objetos o materiales del montacargas.	de EPP Aseguramiento de cargas Norma NOM-006-STPS-2000.	
6	Almacenamiento y manejo de materiales peligrosos	Inhalación de gases. Ingestión de líquidos o sólidos Contacto dérmico Contacto ocular Derrame o fuga con incendio o explosión	Equipo de protección personal Material para absorber derrames (arena), Kit antiderrames Manejo de sustancias peligrosas Control de áreas (puntos de ignición) NOM-005-STPS-1998	Trabajadores en el área, Encargado de Almacén, Personal de Seguridad.
7	Estiba, transporte y almacenaje de materiales en general	Caída de bultos o contenedores sobre personal Ruptura de contenedores con derrames o fugas Almacenaje de materiales incompatibles con riesgo de reacción o incendio Bloqueo de vías de salida en caso de emergencia Ver uso de maquinaria pesada.	Sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger al personal, Uso de medios auxiliares Uso de EPP Revisión de contenedores Manejo adecuado Segregación de cargas Supervisión de almacenes Altura de estibas Norma NOM-006-STPS-2000.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área (y/o jefe de Almacén), Operadores de vehículos de carga y transporte, Maniobristas, Personal de Seguridad.
8	Carga y descarga manual de materiales	Caída de bultos o contenedores sobre personal Derrame o fuga con riesgo de incendio o explosión.	Uso de medios auxiliares Equipo de protección personal Material para absorber derrames Prácticas Seguras de la Industria de Construcción Control de áreas (puntos de ignición) Norma NOM-006-STPS-2000.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área (y/o jefe de Almacén), Personal de Seguridad.

9	Carga y descarga de materiales y equipo	Caída sobre trabajadores por falla de eslingas. Golpe a trabajador por alcance de pluma o carga caída sobre trabajadores por falla de equipo Derrame o fuga con riesgo de incendio o explosión.	Uso de medios auxiliares Revisión del equipo, aseguramiento de cargas y despeje de áreas Equipo de protección personal Material para absorber derrames Control de áreas (puntos de ignición) Practicas Seguras de la Industria de construcción.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área (y/o jefe de Almacén), Operadores de vehículos de carga y transporte, Maniobristas, Personal de Seguridad.
10	Manejo manual de materiales	Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Afectación por caída del contenedor o el material sobre la persona.	Capacitación y/o charlas preoperativas Equipo de protección personal Sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger al personal Practicas Seguras de la Industria de construcción. Norma NOM-006-STPS-2000.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área (y/o jefe de Almacén), Personal de Seguridad.
11	Manejo manual de cemento y otros materiales (yeso, cal, etc.) y preparación de morteros y mezclas	Contacto dérmico originando dermatitis de la piel en manos. Inhalación de partículas de sílice Inhalación de vapores por uso de materiales antiadherentes en formas y cimbras.	Equipo de protección personal Capacitación Practicas Seguras de la Industria de construcción.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Personal de Seguridad.
12	Colocación de concreto	Sobre esfuerzo por uso de carretillas Falla de juntas en mangueras de bombas de concreto de alta presión con golpe a trabajadores presentes.	Capacitación y/o charlas preoperativas Equipo de protección personal Manejo y colocación de concreto Practicas Seguras de la Industria de construcción.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Personal de Seguridad.

13	Colocación y montaje de estructuras de acero	Caída de elementos por falla de cables de izado. Caída de elementos por falla del equipo de izado. Golpeado por caída de objetos o herramientas.	Capacitación. Uso de herramientas, de medios auxiliares y de maquinaria. Revisión del equipo. Equipo de protección personal. Prácticas Seguras de la Industria de construcción	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Operadores de Grúa, Maniobristas, Personal de Seguridad.
14	Utilización de grúas	Caída de la carga sobre trabajadores. Choque eléctrico por tocar cables elevados con corriente. Falla estructural del equipo. Caída del equipo por deslizamiento o rotación.	Capacitación. Uso de herramientas, de medios auxiliares y de maquinaria. Revisión del equipo y aseguramiento de cargas. Prácticas Seguras de la Industria de construcción. Equipo de protección personal. NOM 006 STPS 2000 y NOM-009-STPS-2010.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Operadores de Grúa, Maniobristas, Personal de Seguridad.
15	Utilización de polipastos y malacates	Caída de la carga sobre trabajadores. Golpe a trabajadores por mal manejo de la carga suspendida. Falla estructural del equipo	Capacitación. Uso de herramientas, de medios auxiliares y de maquinaria. Revisión del equipo y aseguramiento de cargas. Prácticas Seguras de la Industria de construcción. Equipo de protección personal. NOM 006 STPS 2000.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Operadores de equipo / maquinaria, Maniobristas, Personal de Seguridad.
16	Trabajos de soldadura y corte	Inhalación de humos tóxicos. Quemaduras por partículas incandescentes o chispas. Puntos de ignición para incendios y explosiones. Choque eléctrico (soldadura eléctrica). Afectación ocular por radiación ultravioleta. Quemaduras por	Capacitación. Equipo de protección personal. Permiso de trabajo con riesgo. Trabajos de corte y soldadura. Norma NOM-027-STPS-2008. Cumplimiento a la Norma NOM-028-STPS-2004. Prácticas Seguras de la Industria de construcción.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Soldadores, Inspectores de Soldadura, Especialista eléctrico, Personal de Seguridad.

		contacto con superficies u objetos calientes Explosión de acetileno por mal manejo de los tanques.		
17	Trabajos en alturas	Caídas de andamios Caídas de plataformas. Caídas de estructuras de acero. Golpes a personal por objetos que caen de la altura. Contacto con electricidad por tocar cables con corriente. Caída del personal. Personal No Apto (físico competencia)	Capacitación. Revisión de manuales, instructivos, mantenimiento de equipos. Equipo de protección personal, uso de cuerda de vida. Revisión de andamios y plataformas. Aterrizaje de equipos eléctricos. Monitoreo de la salud (presión, temperatura, equilibrio). Cumplimiento a las normas, NOM-001-STPS-2008, NOM-009-STPS-2010, NOM-028-STPS-2004, Practicas Seguras de la Industria de construcción.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Servicio Médico, Especialista Eléctrico, Personal de Seguridad.
18	Instalaciones eléctricas	Contacto con electricidad. Puntos de ignición por chispas. Puntos de ignición por sobrecalentamiento.	Capacitación. Equipo de protección personal trabajos en instalaciones eléctricas. Practicas Seguras de la Industria de construcción NOM-029-STPS-2005 y NOM- 028-STPS-2004.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Especialista Eléctrico, Personal de Seguridad.
19	Trabajos de pintura	Afectación muscular por esfuerzo. Inhalación de vapores de solventes. Daño ocular por contacto con partículas Daño dérmico	Capacitación. Practicas Seguras de la Industria de construcción. Uso de equipo de protección personal durante la Aplicación de pintura. Limpieza del área de trabajo.	Trabajadores en el área, Pintores, Supervisores de Área, Personal de Seguridad, Personal de Mantenimiento.

			Prácticas Seguras de la Industria de construcción.	
20	Uso de herramientas manuales	Heridas cortantes, golpes contusos. Daños visuales por partículas. Daños en piel por erosión y abrasión	Capacitación. Equipo de protección personal. Uso de herramientas. Prácticas Seguras de la Industria de construcción. Cumplimiento a la NOM-004-STPS-1998.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Personal de Seguridad.
21	Uso de herramientas eléctricas	Contacto con electricidad. Heridas cortantes, golpes contusos. Daños visuales por partículas. Emisión de ruido excesivo. Choque eléctrico. Microfracturas óseas por vibración	Capacitación. Equipo de protección personal. Uso de herramientas. Sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger al personal. Uso de medios auxiliares. Prácticas Seguras de la Industria de construcción NOM-004-STPS-1998 y NOM-022-STPS-2008.	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Especialista Eléctrico, Personal de Seguridad.
22	Uso de escaleras, andamios, plataformas	Caídas del personal desde alturas. Caída de objetos sobre el personal	Equipo de protección personal. Uso de medios auxiliares NOM-001-STPS-2008. Prácticas Seguras de la Industria de construcción NOM-009-STPS-2010, NOM-031-STPS-2011	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Operadores de plataformas móviles, Personal de Seguridad.
23	Operaciones en espacios confinados	Falta de oxígeno. Presencia de atmósferas tóxicas. Presencia de atmósferas explosivas. Inundaciones súbitas. Temperaturas extremas	Capacitación. Equipo de protección personal. Actividades en espacios confinados. Actividades en áreas de alto riesgo. NOM-028-STPS-2004, NOM-031-STPS-2011	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Servicio Médico, Especialista Eléctrico, Personal de Seguridad.

24	Movimientos de personal a pie	Caídas a nivel Caídas en zanjas y excavaciones Atropellamiento por maquinaria Atropellamiento por vehículos Golpes por objetos caídos de alturas Golpes por objetos lanzados a nivel	Equipo de protección personal NOM-001-STPS-2008 Señalización de excavaciones Señalización vial, límites de velocidad Conducción de vehículos Capacitación	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Personal de Seguridad.
25	Montaje de equipos	Golpes por manejo de materiales y equipos o componentes Heridas por herramientas punzocortantes Contusiones por uso de herramientas manuales Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo	Equipo de protección personal Capacitación Sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger al personal Uso de herramientas, de medios auxiliares y de maquinaria Trabajos en altura Prácticas Seguras de la Industria de construcción NOM-009-STPS-2010, NOM-031-STPS-2011	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Operadores de maquinaria, Maniobristas, Personal de Seguridad.
26	Instalación de tuberías en alturas	Ver trabajo en alturas Ver trabajos de soldadura y corte	Capacitación Uso de medios auxiliares Equipo de protección personal Aterrizaje de equipos eléctricos Trabajos en altura Prácticas Seguras de la Industria de construcción NOM-001-STPS-2008 NOM-027-STPS-2008 NOM-028-STPS-2004, NOM-009-STPS-2010, NOM-031-STPS-2011	Trabajadores en el área, Supervisores de Área, Soldadores, Tuberos, Inspectores, Servicio Médico, Especialista Eléctrico, Personal de Seguridad.
27	Radiografiado industrial	Exposición a radiaciones ionizantes	Radiaciones ionizantes Equipo de protección personal Prácticas Seguras de la Industria de construcción	Trabajadores en áreas cercanas, Supervisores de Área, Personal de Seguridad.

			NOM-012-STPS-1999, NOM-031-STPS-2011	
28	Limpieza a chorro	Daño ocular por contacto con partículas Dermatitis de la piel por erosión de partículas	Capacitación Uso de equipo de protección personal Aplicación de pintura NOM-031-STPS-2011, Practicas Seguras de la Industria de construcción	Trabajadores en áreas cercanas, Supervisores de Área, Personal de Seguridad.
29	Manejo, almacenamiento y uso de gas LP	Fuga con incendio Fuga con explosión Presentación de BLEVE en caso de incendio Quemaduras	Revisión periódica y control de puntos de ignición Capacitación y/o charlas preoperativas y aplicar procedimiento de prevención y extinción de incendios Equipo de protección personal Actividades en áreas de alto riesgo Manejo de sustancias peligrosas Practicas Seguras de la Industria de construcción NOM-031-STPS-2011, NOM-002-STPS-2000	Trabajadores en áreas, Supervisores de Área, Servicio Médico, Brigadistas, Personal de Seguridad.
30	Utilización de sanitarios portátiles	Contagio de infecciones por falta de higiene	Equipo de protección personal, supervisión de limpieza	Trabajadores en áreas, Supervisores de Área, Servicio Médico, Brigadistas, Cuadrilla de limpieza, Personal de Seguridad.
31	Reparaciones menores de equipo	Heridas por herramientas punzocortantes Afectación muscular por esfuerzo Afectación esquelética por esfuerzo Golpes por manejo de materiales Daño ocular por	Capacitación Equipo de seguridad Aterrizaje de equipos eléctricos Uso de herramientas Trabajos en áreas de mantenimiento y talleres Manejo de sustancias peligrosas	Trabajadores en áreas, Supervisores de Área, Servicio Médico, Brigadistas, Personal de Seguridad.

		contacto con partículas Inhalación de vapores de solventes Choque eléctrico	Practicas Seguras de la Industria de construcción NOM-004-STPS-1999, QRO-T-0-YCQ-P-RES- 06	
32	Trabajos en condiciones térmicas elevadas	Golpe de Calor Deshidratación	Puntos de hidratación y suministro de electrolitos orales Acciones de promoción a la salud NOM-031-STPS-2011, Capacitación	Jefe de Seguridad y Supervisores de Seguridad, Trabajadores en áreas, Paramédico, Brigadistas
33	Trabajos diversos en la obra (considerando las condiciones imperantes en el sitio de obra).	Gripe, enfermedades gastrointestinales Enfermedades respiratorias, dolor de cabeza Resbalones, tropiezos y caídas machucones, cortadas Pinchadas con Clavos Estrés / frustración laboral / rol de turnos	Acciones de promoción de la salud Capacitación Acciones de promoción del orden y limpieza Difusiones Preventivas del área de Salud Acciones de promoción del orden y limpieza Programa Jurisdicción Sanitaria	Jefe de Seguridad y Supervisores de Seguridad, Paramédico, Brigadistas, cuadrillas de limpieza, Trabajadores en áreas
34	Contingencia sanitaria	Influenza Hepatitis Cólera	Acciones de promoción a la salud Nota: aplicará en caso de emergencia sanitaria según sea determinado como tal, por las autoridades Federales y/o Locales. Sector Salud/Protección Civil, cuando aplique a todo el territorio nacional.	Jefe de seguridad y supervisores de seguridad, trabajadores en área, brigadistas

Fuente: propia.

3.1.3.2 Consideraciones documentales para mejorar los controles del programa

En este apartado se trabajó en la consideración para la documentación clave e información relacionada con el escenario del riesgo a evaluar, permite comparar los criterios ya existentes para mejorar las prácticas de trabajo estándar como instructivos, manuales o procedimientos, que soporten el fundamento de los controles operacionales requeridos para prevenir y reducir los efectos no deseados en seguridad y salud en el trabajo. Se pueden considerar leyes, reglamentos, normas de referencia nacionales y extranjeras, regulaciones internacionales, normas oficiales mexicanas, planos, diagramas, diagramas unifilares, diseños, bosquejos, preocupaciones de los trabajadores, actas de las comisiones de seguridad e higiene, registros de inspección, análisis de las necesidades de capacitación y entrenamiento, análisis del equipo de protección personal, registros de mantenimiento (a grúas), recomendaciones e instructivos del fabricante entre otros.

Por lo anterior, se definió contar con el programa del proyecto para cada módulo de ciclo combinado, enfocando nuestra atención a los hitos (evento significativo que tiene importancia para todo el proyecto) principales:

Tabla 11.

Hitos principales para la construcción de una central de generación de ciclo combinado:

1	Fin de cimentación de mesa de Turbogenerador de gas	18-ene-16
2	Comienzo de montaje del HRSG	14-may-16
3	Comienzo de montaje del Turbogenerador de gas	10-jun-16
4	Comienzo de montaje de tubería aérea del TG y HRSG	24-ago-16
5	Energización Transformador Principal del Turbogenerador	29-nov-16
6	Comienzo de montaje de tubería TV	12-dic-16
7	Fin Oil flushing Turbogenerador de gas	08-ene-17
8	Fin de puesta en marcha del HRSG	25-feb-17
9	Primer encendido del Turbogenerador de gas	12-mar-17
10	Primera sincronización del Turbogenerador de gas	22-mar-17
11	Primera sincronización del Ciclo Combinado	25-abr-17
12	Aceptación provisional	04-jul-17
13	Entrada en operación comercial	04-jul-17

Fuente: Programa del proyecto de la construcción de la central de generación de ciclo combinado.

3.1.3.3 Definición de Controles efectivos en la obra

Los controles son actos, objetos o sistemas de trabajo que previenen o mitigan un incidente, para los cuales se han especificado su funcionamiento y son observables.

Se reúnan a un grupo de trabajo (relacionados con la actividad) para que describieran por lo menos un control que se aplicará para cada peligro identificado, con la finalidad de reducir la consecuencia, considerando los controles prioritarios (relacionados con trabajos en altura, trabajos con equipo eléctrico es izaje) y medidas de seguridad para librar equipos "cero energía"

y tomando en cuenta la jerarquización de controles. No se describían los controles que no eran posible aplicar en el momento del análisis, debido a que no se cuentan con ellos.

Jerarquización de controles:

Eliminación

Sustitución

Controles de ingeniería

Controles administrativos, advertencia y avisos

Equipo de protección personal

Ejemplo de controles prioritarios: Uso de arnés de cuerpo completo, uso de escalera con línea de vida, uso de pértiga de detección de tensión, colocación de equipo de corto circuito, uso de anclaje fijo / temporal, uso de dispositivo de detección de tensión personal, colocación de equipo de puesta a tierra, uso de dispositivo de izaje certificado, uso de andamio "liberado", uso de tapete, guantes y botas dieléctricas, colocar portacandados, entre otros.

Controles para librar equipos "Cero Energía":

Maniobrar: Abrir, Cerrar, Interrumpir, Enfriar, Neutralizar, Manipular.

Asegurar: Aterrizar, Drenar, Purgar, Aislar mecánicamente, Extraer interruptor, Medir concentración, Despresurizar, Ventear, Ventilar, Aislar eléctricamente, Descargar.

Bloquear: Bridas, Tarjetas, Retirar, Protecciones eléctricas, Bloqueo remoto, Candados, Acordonar, Protecciones mecánicas, Protecciones de control.

Asignar responsables de aplicar los controles establecidos

Asignar un responsable por cada control establecido. Es importante que todas las acciones para controlar los riesgos sean asignadas a individuos específicos, por ejemplo, ¿quién hará qué?

Aplicación del control

Se indica con claridad el momento preciso en que deben aplicarse los controles, esta etapa más que a una fecha específica, se refiere al momento justo en que se deben realizar las acciones para controlar los riesgos en Seguridad y Salud en el Trabajo ya sea en la secuencia de un procedimiento o bien durante la ejecución de una maniobra. Ejemplos: Contar con licencia autorizada para ingresar al foso del generador, verificar ausencia de potencial, instalar sistema de puesta a tierra en la red de media tensión lo más cerca posible del lugar de trabajo y en ambas partes de este.

Ejemplo de controles:

Control de acceso a las instalaciones del proyecto:

Todo el personal, contratistas, visitas y proveedores que por asuntos de trabajo se vea en la necesidad de realizar alguna actividad dentro de las instalaciones del proyecto, deberá acatar lo siguiente:

Previo al acceso a las instalaciones en el Sitio de la Obra, el contratista/Visita deberá informar al jefe de Seguridad:

- Lista del personal que solicita el acceso a las instalaciones, en donde se indique el nombre, puesto/función a desempeñar y el número del registro del IMSS. El listado de acceso se actualizará diariamente.
- Lista del equipo/maquinaria/vehículos con el modelo, número de serie y cantidades que ingresará. (Bitácora de Vehículos). En caso de que por olvido no se haya registrado maquinaria/equipo/herramienta al ingreso a las instalaciones, **NO SE PERMITIRÁ SU RETIRO DEL SITIO DE LA OBRA.**

Es obligatorio, que todo el personal, contratistas, visitantes, etc., se registren en la caseta del sitio de ingreso a la obra y dejar una identificación oficial con fotografía para que se les incluya a todo el personal en los planes de emergencia y/o evacuación, además de que se les instruyan en los lineamientos específicos a seguir dentro del proyecto.

Es obligatorio acatar las órdenes, instrucciones e indicaciones que se dicten para eliminar o reducir la ocurrencia de condiciones y actos inseguros y a su vez para evitar accidentes y lesiones de los trabajadores.

Al entrar a las instalaciones de la Obra, el Equipo de Protección Personal mínimo que debe portar es:

- Casco de alto impacto clase E con barbiquejo correctamente colocado.
- Ropa de trabajo 100% algodón (camisa de manga larga y pantalón).
- Zapatos de seguridad con casquillo de acero o dieléctrico según la zona a la que ingresará.
- Lentes de seguridad.

Nota 1: Ya en el frente de trabajo, se utilizará el equipo de seguridad adicional, adecuada a la actividad a desarrollar y al resultado del Análisis de Seguridad del Trabajo (en adelante AST).

Nota 2: Para los trabajadores que realizan actividades administrativas durante toda la jornada, únicamente será obligatorio portar el equipo que determine su evaluación de riesgos laborales.

La contratista o quien represente a éste, al presentarse a cualquier instalación u oficina, con el objetivo de dar inicio a algún trabajo, deberá presentarse con el Superintendente de Construcción, a fin de hacerle saber su cometido, para dar seguimiento y supervisar el cumplimiento de todos los puntos estipulados en el contrato/pedido/orden de compra.

Previo al inicio de los trabajos, el jefe de Seguridad y Salud o la persona a la que designe deberá instruir al visitante personal o al responsable de seguridad de cada empresa contratista acerca de las disposiciones de seguridad que están obligados a acatar; esta acción deberán hacerla antes de firmar el permiso de trabajo y la evaluación de riesgos laborales de la actividad a ejecutar. Se recomienda concentrar un grupo de personas de nuevo ingreso para las sesiones de inducción a fin de optimizar tiempos de trabajo.

El horario de labores para el ingreso y salida de las instalaciones será fijado juntamente con el cliente. La salida del personal de los contratistas/proveedores/visitas después del horario acordado inicialmente, deberá ser notificado al Personal de Seguridad y al Superintendente de Construcción, para determinar, evaluar y ejecutar las medidas de seguridad necesarias que pudieran surgir en caso de una emergencia.

3.1.4 Monitorear y controlar

Estas mediciones pueden permitir comparaciones significativas entre el rendimiento de accidentabilidad de la contratista en un período de tiempo determinado y el rendimiento de esa misma organización en otro período igual de tiempo y bajo circunstancias similares. Sin embargo, para administrar un programa, cuenta con serias limitaciones. Ellas son las mediciones de "seguridad" de las cuales más se abusa y se emplean en forma errada, estando sujetas a muchas variaciones y formas de manipulación. Pero su mayor debilidad se encuentra en que se aplican "después" del hecho y tienen carácter reactivo. En efecto, corresponden a mediciones de "inseguridad" y no explican nada acerca de la naturaleza de los problemas ni lo que se debe hacer en relación con ellos.

Para poder trabajar bien sobre estas mediciones requirió determinar con anticipación los estándares específicos. Las mediciones reflejan los resultados como porcentaje de los estándares. Por ejemplo, si el estándar requiere que cada supervisor realice inspecciones semanales, pero sólo realizan tres en un mes dado, el rendimiento será de sólo un 75% en relación con ese estándar específico. Si uno de los estándares determina que todos los trabajadores de una subcontratista deben usar cascos protectores en todo momento dentro de la obra, pero las observaciones informales o al azar demuestran que un 15% de ellos no están usando la protección en un momento dado, el nivel de cumplimiento de la subcontratista respecto a ese estándar es del 85%. Otro ejemplo es, si un estándar exige que cada supervisor prepare dos procedimientos de Tareas Críticas cada trimestre, y se preparan cinco para todo el año, el cumplimiento en relación con ese estándar es sólo del 62,5%.

La retroalimentación constructiva y estímulos. Este enfoque que se dio en torno a la evaluación del rendimiento en seguridad industrial permitió que se identificara objetivamente el buen desempeño y otorgar el reconocimiento o correcciones en caso de ser necesario. La alta dirección en los niveles más altos (directores y gerentes), apoyaron esta actividad, para poner en práctica el refuerzo del comportamiento positivo en toda la empresa contratista y sus subcontratistas. Todos los miembros de operativos, especialmente los supervisores técnicos de seguridad de primera línea recibieron entrenamiento y aplicaron el poder motivacional que resulta de otorgar reconocimiento al refuerzo por el desempeño seguro en los trabajos del proyecto de construcción que no tuvieron incidentes. Este enfoque propositivo también permitió que se identificaran y corrigiera el desempeño subestándar antes que ocurran los accidentes con lesiones importantes y otras pérdidas. Se usaron una variedad de medidas correctivas, de carácter constructivo, que se describen a continuación:

- Una mejor comunicación de las metas, los objetivos y los estándares en materia de seguridad para garantizar que sean comprendidos.
- Una preparación en materia de seguridad y salud en el trabajo más efectiva sobre los temas relacionados con los trabajos realizados, para hacer posible el que una persona pueda cumplir las metas, los objetivos y los estándares.
- Una retroalimentación más detallada sobre las desviaciones a los estándares, de manera que las personas no tengan que adivinar a qué distancia se encuentran de estos objetivos.
- Métodos y procedimientos de trabajo actualizados y fácilmente modificables, los cuales colaboran a evitar la frustración, evitando que se materialicen los peligros en las actividades de mayor relevancia para la obtención de buenos resultados.
- Un reconocimiento a las subcontratistas que cumplían los estándares, para estimular el comportamiento deseado, comunicando a las demás contratistas así que dicha conducta tiene importancia en el cumplimiento del objetivo del proyecto ya que los incumplimientos podrían implicar retrasos en la obra.
- El castigo o la baja definitiva, como un último recurso, pero aplicado de tal modo que realmente comunique una preocupación verdadera de los directivos a los trabajadores.

A continuación, se muestra un incidente ocurrido durante la ejecución del proyecto de construcción de la central de generación.

Descripción del evento:

La empresa subcontratista para realizar los trabajos de suministro e instalación de dos generadores de vapor por recuperación de calor (GVRC), dando inicio el 4 de abril de 2016.

Durante las actividades de aplicación de soldadura en los módulos de los marcos de casing de los GVRC ejes 5 y lado A, parte superior, se presenta falla en el generador eléctrico, problemas operativos, siendo aproximadamente las 20:00 horas.

A partir de las 20:50 horas, la contratista determina suspender las actividades de aplicación de soldadura, por falta de suministro de energía eléctrica; desalojando al personal a la parte inferior de GVRC. Por motivo de falta de iluminación, la subcontratista dejó toda su herramienta de trabajo, boquilla para calentamiento, recipientes de gas LP, cables, esmeriles, lonas, pulidores, cartón de cerámica, materiales de consumo como trapo y cartón... En la parte superior del GVRC.

Entre las 21:15 a las 21:30 horas, se detectó un conato de incendio en la parte superior del GVRC, en el momento que el personal de la subcontratista se retiraba de la obra. Uno de los supervisores de la subcontratista da la indicación de atender la emergencia con extintores de PQS para extinguir el conato y los pedazos de lona encendida que caían en la parte inferior del GVRC. El personal de la brigada contra incendio se activa para apoyar en la emergencia.

Se controla el conato de incendio con la siguiente estrategia:

En la parte inferior el personal de la subcontratista extingue los pedazos de lona que caían de la parte superior del GVRC.

El personal de la brigada contra incendio equipado con el traje de bombero completo y verificando la dirección del viento, tiende una línea de 1.5in de diámetro en dirección contraria al viento, iniciando la estrategia con cono de poder para extinguir el conato en la parte superior del GVRC. El comandante del incidente verifica en la parte superior del GVRC que el conato de incendio quedara completamente extinguido.

Utilizando la metodología del modelo de causalidad como lo define Frank E, Bird:

CONTACTO. Este es el suceso anterior a la "pérdida" - el contacto que podría causar o que causa la lesión o daño. Cuando se permite que existan las causas potenciales de accidentes, queda siempre abierto el camino para el contacto con una fuente de energía por encima de la capacidad límite del cuerpo o estructura. A modo de ejemplo, un objeto que cae o en movimiento, implica una energía cinética que se transfiere al cuerpo o estructura que golpea o toca. Si la cantidad de energía transferida es excesiva, logra causar daños personales o daño a la propiedad. Esto no sólo se produce debido a la energía cinética, sino también debido a: la energía eléctrica, la acústica, la térmica, la radioactiva y la energía química.

CAUSAS INMEDIATAS. Las "causas inmediatas" de los accidentes, son las circunstancias que se presentan justamente ANTES del contacto. Por lo general, son observables o se hacen sentir. Con frecuencia se les denomina "actos inseguros" (o comportamientos que podrían dar paso a la ocurrencia de un accidente) y "condiciones inseguras" (o circunstancias que podrían dar paso a la ocurrencia de un accidente).

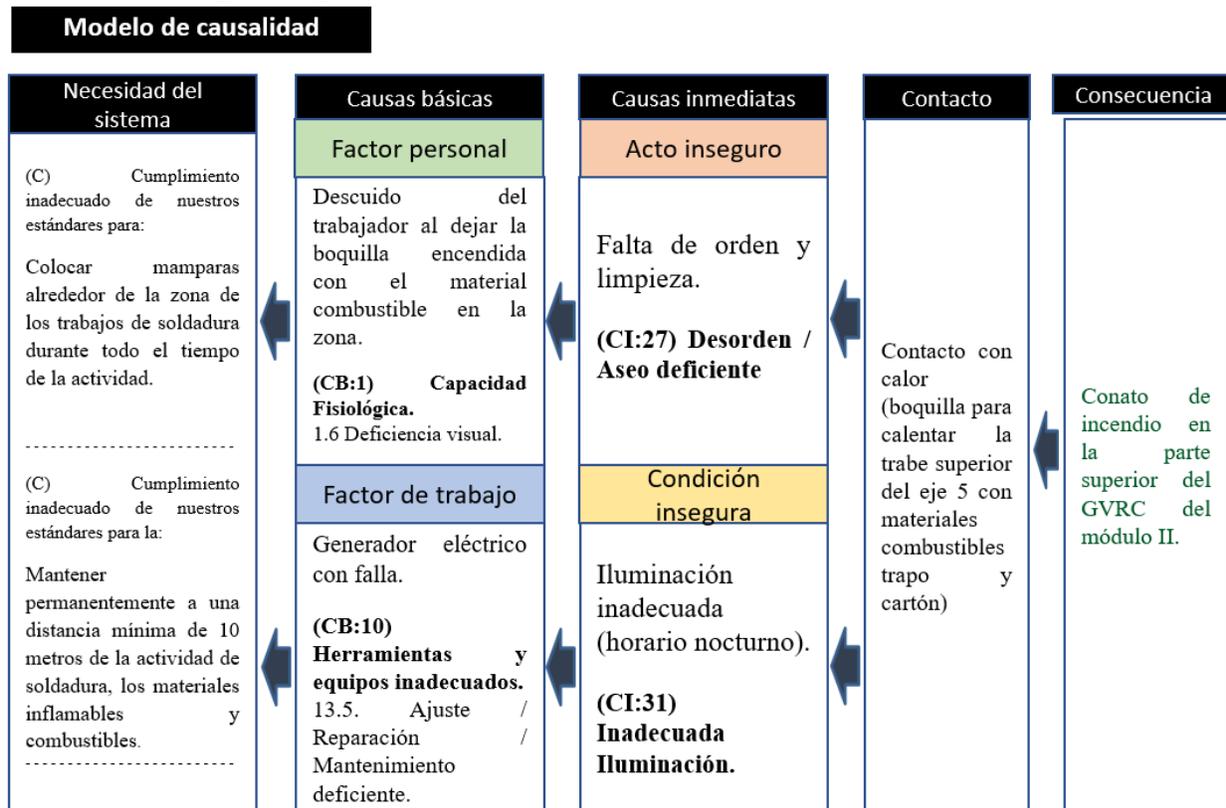
CAUSAS BÁSICAS. Las causas básicas corresponden a las enfermedades o causas reales que se manifiestan detrás de los síntomas; a las razones por las cuales ocurren los actos y condiciones subestándares; a aquellos factores que, una vez identificados, permiten un control administrativo significativo. A menudo, se les denomina causas orígenes, causas reales, causas indirectas, causas subyacentes o causas contribuyentes. Esto se debe a que las causas inmediatas (los síntomas, los actos y condiciones subestándares), aparecen generalmente, como bastante evidentes, pero para llegar a las causas básicas y ser capaces de controlarlas, se requiere un poco más de investigación.

FALTA DE CONTROL. El control es una de las cuatro funciones esenciales de la

administración: planificación – organización – dirección y control. Estas funciones corresponden a la labor que debe desempeñar sea que se trate de la función de: administración, estudio de mercado, producción, calidad, ingeniería, adquisiciones o seguridad, el supervisor, director o ejecutivo deberá planear, organizar, dirigir y controlar para ser capaz de desempeñarse con efectividad (loss control management, third edition, by Frank E. Bird, capítulo No2, página 13-17).

Imagen 2.

Modelo de causalidad de pérdidas que se utilizó en la investigación del incidente del conato de incendio en la parte superior del GVRC del módulo II.



Fuente: propia.

Reporte fotográfico:

Imagen 3.

Zona del conato de incendio parte superior del GVRC del Módulo II.



Fuente: propia.

Imagen 4.

Daños en algunas herramientas por el conato de incendio.



Fuente: propia.

Derivado de lo anterior se tomaron acciones inmediatas permanentes para aplicarlas durante los trabajos de soldadura en el GVRC.

- Colocar mamparas resistentes al fuego alrededor de los trabajos de soldadura durante todo el tiempo de la actividad.
- Mantener los materiales inflamables y combustibles a una distancia mínima de 10 metros de las actividades de soldadura.
- Desconectar todas las máquinas cuando se concluya la actividad, así como cerrar los tanques de los equipos de oxicorte.
- Retirar materiales y mantener limpias las áreas de trabajo al término de la jornada de forma permanente.
- Revisar los cables y el funcionamiento de los generadores eléctricos antes de llevarlos al área de trabajo, en caso de tener alguna falla serán sustituidos.

Después de implementar estas mejoras en todos los trabajos de soldadura y corte del proyecto de construcción, no se volvió a presentar otro conato de incendio.

3.1.4.1 Seguimiento a los hitos importantes

Tabla 12.

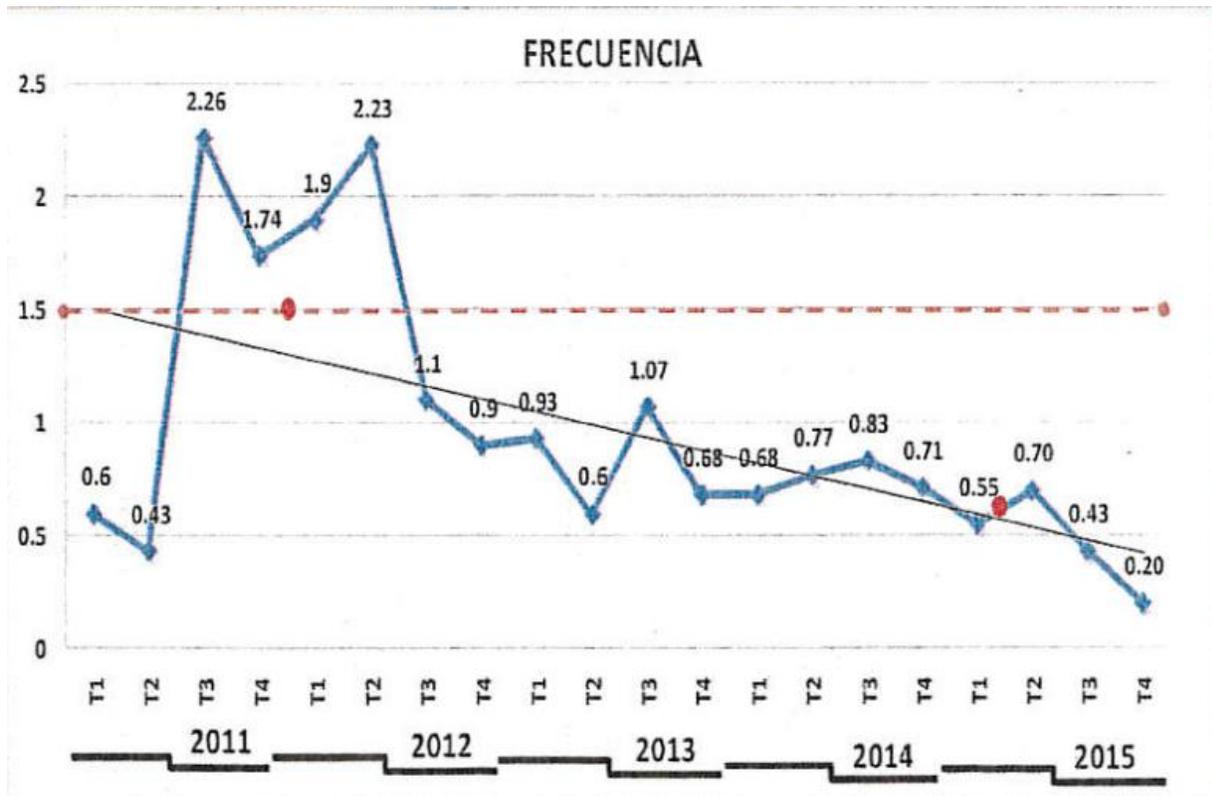
Comparativa de eventos fecha programada contra fecha real.

Evento Crítico o Hito importante	Módulo I			Módulo II		
	Programada	Real	No de incidentes graves	Programada	Real	No de incidentes graves
1 Fecha programada de inicio de la Obra	02-feb-15	02-feb-15	0	02-feb-15	02-feb-15	0
2 Colocación de a orden de compra del turbogenerador	02-mar-15	19-mar-15	0	02-mar-15	19-mar-15	0
3 Colocación de a orden de compra del Generador de Vapor por Recuperación de Calor	02-mar-15	30-mar-15	0	02-mar-15	30-mar-15	0
4 Finalización de cimentación de la mesa del Turbogenerador de gas	15-mar-15	26-feb-16	0	18-ene-16	03-mar-16	0
5 Finalización del montaje del Turbogenerador, terminación de la limpieza de tuberías del sistema de aceite de lubricación, "oilflushing"	31-mar-17	04-feb-17	0	08-ene-17	12-dic-16	0
6 Finalización del montaje de los Generadores de Vapor por Recuperación de Calor, con terminación de prueba hidrostática	22-mar-17	28-nov-16	0	25-feb-17	16-nov-16	0
7 Primera sincronización del Turbogenerador de Gas	11-may-17	13-abr-18	0	22-mar-17	25-nov-17	0
8 Primera sincronización del Ciclo Combinado	26-may-17	09-mar-20	0	21-abr-17	18-may-18	0
9 Aceptación Provisional	02-sep-17	28-jul-20	0	04-jul-17	06-dic-18	0

Fuente: Propia

Imagen 5.

Estadística del índice de frecuencia trimestral del 2011 al 2015 donde se observa una mejora de 2.26 en el año 2011 hasta el valor de 0.20 en 2015.



Fuente: propia.

Conclusión

Los conocimientos en las materias de la licenciatura de ingeniería mecánica eléctrica fueron de vitales para liderar en materia de seguridad industrial durante la etapa de construcción del proyecto.

Finalmente se culminó el proyector de construcción de la central de generación de ciclo combinado sin accidentes mortales, cumpliendo con el objetivo.