



UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO

Título del Proyecto de Investigación

**IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ACCIDENTE MAYOR
POR ESCAPE DE CLORO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE “BELLAVISTA” EPMAPS QUITO.**

Autor

Ing. José Luis Alfonso Barreto

Proyecto de investigación presentado como requisito para la obtención del título
de Magister en Seguridad y Salud Ocupacional.

Portoviejo, 2017-2018



DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en dicha Política.

Asimismo, autorizo a la Universidad San Gregorio de Portoviejo para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior y conforme a la actual Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador.

Firma:

.....

Nombre: José Luis Alfonso Barreto

C. I.: 1751961887

Fecha: Portoviejo, 2018



Universidad San Gregorio de Portoviejo

Dirección de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título del Proyecto de Investigación

**IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ACCIDENTE MAYOR
POR ESCAPE DE CLORO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE “BELLAVISTA” EPMAPS QUITO.**

Autor

Ing. José Luis Alfonso Barreto



Nombre, título académico
Coordinador General
Maestría Seguridad y Salud
Ocupacional

Dr. Luis Vásquez Zamora

Nombre, título académico
Director de Postgrado

Dr. Eugenio Radamés Borroto Cruz

Nombre, título académico
Directora Maestría SSO

Ing. Janeth Salvador Moreno

Nombre, título académico
Maestrante

Ing. José Luis Alfonso Barreto

Nombre, título académico
Secretaria

Ab. Norma Macías Moreira

Portoviejo, junio 2018

AGRADECIMIENTO.

A mi esposa quien me incentivó a comenzar esta maestría y me ha apoyado incondicionalmente a concluir felizmente este proyecto.

A mi tutor de tesis por su guía y ayuda en la culminación de este trabajo de investigación.

A mis profesores que me brindaron los conocimientos y las habilidades que actualmente poseo y que me permitirán desarrollarme en la profesión de Seguridad y Salud Ocupacional.

RESUMEN.

Este proyecto de tesis se desarrolla en la planta de tratamiento de agua potable “Bellavista” EPMAPS Quito, la misma que tiene como característica muy especial el estar ubicada dentro del Parque Metropolitano Guangüiltagua donde diariamente acuden cientos de ecuatorianos y turistas para descansar y disfrutar de sus instalaciones.

El problema principal radica en que actualmente se desconocen las zonas de intervención y zonas seguras para garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores y comunidad cercana a la potabilizadora “Bella Vista” ante la materialización de un escape de cloro con consecuencias mayores.

Se realizó la evaluación mediante el análisis de causalidad/fiabilidad de aquellos criterios que garantizan la fiabilidad del sistema de seguridad y los que propician la ocurrencia de eventos no deseados. Se calculó el desarrollo y alcance de un escape de gas cloro, que puede desencadenar en un accidente mayor y se predijo las posibles afectaciones o pérdidas en términos de vidas humanas en la instalación y comunidad cercana de forma directa en caso de un escape de cloro incontrolado, así como se hizo una representación gráfica de la zona de intervención y zona segura.

El proyecto estuvo enmarcado como una investigación de campo y documental donde se realizaron observaciones puntuales y directas, entrevistas, se recopilaron datos del proceso tecnológico, procedimientos para la dosificación del cloro, cantidad de personas que trabajan en el lugar y zona aledaña, consulta de la hoja de seguridad del cloro y se revisó el Plan de emergencias de la planta.

Para evaluar, calcular, predecir y graficar el cumplimiento de los objetivos planteados se aplicó una encuesta a los trabajadores de causalidad/fiabilidad de los sistemas de seguridad (Método Trípode), un software para determinar las zonas de intervención y alerta ALOHA versión 5.4.7 con la ayuda del software MARPLOT versión 5.1.1; también se aplicó la fórmula del método Probit para calcular el porcentaje de personas afectadas por inhalación del cloro.

De esta manera se pudo concluir que por los resultados obtenidos en la encuesta Causalidad/fiabilidad el mayor % de los criterios corresponden a la posibilidad de que ocurran eventos no deseados (50,51 %) por lo que no le dan fiabilidad al sistema; siendo los modos de fallas más críticos los de administración de mantenimiento con un (76,93 %) y entrenamiento con un (67,05%).

Mediante la aplicación del software ALOHA y la ayuda del MARPLOT se ha establecido y graficado **la zona de intervención** ante un escape de gas cloro la cual se ha calculado abarca un radio de acción desde la fuente de escape hasta 402 m, así como **la zona de alerta** la cual se ha calculado abarca un radio de acción a partir de 402 m hasta 835 m.

Se ha propuesto establecer un Plan de acción y mejoras para eliminar o minimizar aquellos modos de fallas que propician la ocurrencia de eventos no deseados.

Actualizar el Plan de emergencia con los resultados aquí obtenidos en cuanto a las distancias de intervención y alerta y reubicar el punto de encuentro previsto.

Establecer un protocolo de aviso y cooperación con la administración del Parque Metropolitano ante un posible accidente mayor por escape de cloro

Palabras claves: cloro, accidente mayor, zona de intervención, zona de alerta, causalidad/fiabilidad, ALOHA, MARPLOT, Probit.

ABSTRACT

The thesis project is developed in the drinking water treatment plant "Bellavista" EPMAPS Quito, which has as a very special feature being located within the Metropolitan Park Guangüiltagua where hundreds of Ecuadorians and tourists come every day to rest and enjoy their facilities.

The main problem is that currently areas of intervention and safe areas are unknown to ensure the health and safety of workers and the community near the "Bella Vista" water treatment plant before the materialization of a chlorine leak with consequences greater.

The evaluation was made through the analysis of causality / reliability of those criteria that guarantee the reliability of the security system and those that favor the occurrence of undesired events. The development and scope of a chlorine gas leak was calculated, which can trigger a major accident and predicted the possible damages or losses in terms of human lives in the facility and nearby community directly in case of major accident due to escape chlorine, as well as a graphic representation of the intervention zone and safe zone.

The project was framed as a field and documentary investigation where specific and direct observations were made, interviews, data of the technological process, procedures for the chlorine dosing, number of people working in the area and surrounding area, consultation of the chlorine safety sheet and the emergency plan of the plant was reviewed.

To evaluate, calculate, predict and graph the fulfillment of the proposed objectives, a survey was applied to the workers of causality / reliability of the security systems (Tripod Method), a software to determine the zones of intervention and alert ALOHA version 5.4.7 and the help of MARPLOT software version 5.1.1; The formula of the Probit method was also applied to calculate the percentage of people affected by chlorine inhalation.

In this way it was possible to conclude that for the results obtained in the Causality / reliability survey, the highest% of the criteria correspond to the possibility of undesired events occurring (50.51%), so they do not give reliability to the system;

the most critical failure modes being those of maintenance management with a (76.93%) and training with a (67.05%).

Through the application of the ALOHA software and the help of the MARPLOT, the intervention zone has been established and plotted before a chlorine gas leak which has been calculated to cover a range of action from the exhaust source to 402 m, as well as the area of warning which has been calculated covers a range of action from 402 m to 835 m.

It has been proposed to establish an Action Plan and improvements to eliminate or minimize those failure modes that favor the occurrence of undesired events.

Update the Emergency Plan with the results obtained here regarding the intervention and warning distances and relocate the planned meeting point.

Establish a protocol of notice and cooperation with the administration of the Metropolitan Park before a possible major accident due to the escape of chlorine.

Keywords: chlorine, major accident, intervention zone, alert zone, causality / reliability, ALOHA, MARPLOT, Probit.

1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.1.1 Características de la Planta de tratamiento de agua potable Bellavista.....	3
1.1.2 Del Plan de emergencia de Bellavista.....	7
1.1.3 Reseñas de fugas de gas cloro.....	8
1.2 Definición del problema.....	10
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo General.....	10
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
1.4 Hipótesis.....	11
1.5 Justificación.....	11
1.6 Alcance del estudio.....	12
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	12
2.1 Fundamentación legal.....	12
2.2 Método de análisis de causalidad/fiabilidad “TRIPODE”.....	14
2.2.1 Fundamentación del método.....	14
2.2.2 Origen de accidente y fallas de tipo general (FTG).....	16
2.2.3 Participación humana en la cadena de eventos que conducen al accidente en una organización.....	16
2.3 Causas de accidentes en instalaciones de proceso:.....	17
2.4 Formación y evolución de las nubes tóxicas.....	18
2.4.1 Formación y evolución.....	18
2.4.2 Elementos y parámetros implicados en las fugas.....	19
2.4.3 Parámetros meteorológicos que influyen en la mezcla y dispersión de las emisiones.....	20
2.5 Las nubes densas.....	21
2.5.1 Comportamiento y modelos para su estudio.....	21
2.5.2 Programa informático ALOHA, versión 5.4.7.....	21
2.5.3 Determinación de las zonas de planificación para nubes tóxicas.....	22
2.5.4 Valores límites de sustancias tóxicas en aire aplicados a situaciones de emergencia.....	23

2.6	La toxicidad de las sustancias químicas en aire.	24
2.6.1	Clasificación de los tóxicos.	25
2.6.2	Parámetros que determinan la toxicidad: concentración y dosis.	26
2.7	Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit.	28
3.	METODOLOGÍA.	29
3.1	Encuesta Causalidad/fiabilidad.	29
3.2	Utilización del software ALOHA para determinar las zonas de alerta y de intervención.	31
3.3	Utilización de la fórmula Probit para determinar el % de personas afectadas por inhalación de cloro.	33
4.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	35
4.1	Resultados de la encuesta Causalidad/fiabilidad para cada uno de los modos de fallas.	35
4.2	Resultados de la encuesta Causalidad/fiabilidad para todos los modos de fallas del sistema (FTG).	47
4.3	Resultados del Software ALOHA para determinar las zonas de alerta y de intervención.	48
4.3.1	Datos de entrada:	48
4.3.2	Resumen del texto y Gráfico de la concentración del gas en el punto de encuentro previsto en el Plan de emergencia.	52
4.3.3	Resumen del texto y Gráficos de la concentración del gas en otros puntos (280 m, y 410 m):	54
4.4	Resultados de la utilización de la fórmula Probit para determinar el % de personas afectadas por inhalación de cloro.	59
4.4.1	A una distancia de 119 m (límite de la zona roja).	59
4.4.2	A 200 m del lugar de la fuga (punto de encuentro) donde pueden estar involucrados aproximadamente (70) personas.	59
4.5	Gráficas de las zonas de intervención y alerta en forma radial.	60
5.	CONCLUSIONES.	64
7.	RECOMENDACIONES.	66
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	67

9. GLOSARIO.....	71
10. ANEXOS.....	76
10.1 Anexo 1. Hoja de seguridad del gas cloro QUIMPAC ECUADOR SA. ...	77
10.2 Anexo 2. Encuestas de Análisis de causalidad /fiabilidad.	78
10.3 Anexo 3. Evidencias fotográficas.	79

Índice de tablas.

Tabla 1 Propiedades físicas del cloro.....	6
Tabla 2 Objetivos y principios básicos de seguridad.....	15
Tabla 3 Valores AEGL del Cloro (Número CAS 7782-50-5) en ppm y en mg/m ³ .	24
Tabla 4 Exposición al cloro y efectos sobre los seres humanos.	26
Tabla 5 Constantes de toxicidad letal de algunas sustancias.	27
Tabla 6 Cantidad de trabajadores y puestos de trabajo.	30
Tabla 7 Equivalencia entre valores "Probit" y porcentaje de población afectada.	34
Tabla 8 Modo de falla EQUIPOS (Hardware) "HR".	35
Tabla 9 Modo de falla DISEÑO (DE).....	36
Tabla 10 Modo de falla ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO "MM".....	37
Tabla 11 Modo de falla PROCEDIMIENTOS (PR).....	38
<i>Tabla 12 Modo de falla CONDICIONES PROPENSAS A ERRORES (EC).</i>	39
<i>Tabla 13 Modo de falla ORDEN Y LIMPIEZA (HK).</i>	41
<i>Tabla 14 Modo de falla METAS EN CONFLICTO (IG) (Objetivos incompatibles).</i>	42
<i>Tabla 15 Modo de falla COMUNICACIÓN (CO).</i>	43
<i>Tabla 16 Modo de falla ORGANIZACIÓN (OR).</i>	44
<i>Tabla 17 Modo de falla ENTRENAMIENTO (TR).</i>	45
<i>Tabla 18 Modo de falla DEFENSAS (DF).</i>	46
<i>Tabla 19 Todos los modos de fallas (FTG).</i>	47
Tabla 20 Texto resumen de la simulación para los AEGLs del cloro.	49
Tabla 21 Resumen del texto en el punto de encuentro (200 m).....	52
Tabla 22 Resumen del texto a 280 m.....	55
Tabla 23 Resumen del texto a 410 m.....	57

Índice de figuras.

Figura 1 Cilindro de cloro capacidad 907 kg.	4
Figura 2 Orientación de las válvulas	4
Figura 3 Tapones fusibles de un cilindro de 907 kg	5
Figura 4 Proceso tecnológico dosificación de cloro Bellavista	6
Figura 5 Evolución de una nube de gas denso.	19
Figura 6 Zonas o elementos típicos a través de los cuales se producen con más frecuencia fugas accidentales.	20
Figura 7 Representaciones genéricas de las zonas de Intervención y Alerta para nubes tóxicas.	22
Figura 8 Combinación concentración-tiempo para un nivel determinado del cloro.	28
Figura 9 Modo de falla EQUIPO.....	35
Figura 10 Modo de falla DISEÑO.....	36
Figura 11 Modo de falla ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO “MM”.	37
Figura 12 Modo de falla PROCEDIMIENTOS.....	39
Figura 13 Modo de falla CONDICIONES PROPENSAS A ERRORES (EC).....	40
Figura 14 Modo de falla ORDEN Y LIMPIEZA (HK).....	41
Figura 15 Modo de falla METAS EN CONFLICTO (IG) (Objetivos incompatibles).	42
Figura 16 Modo de falla COMUNICACIÓN.	43
Figura 17 Modo de falla ORGANIZACIÓN (OR).	44
Figura 18 Modo de falla ENTRENAMIENTO (TR).....	45
Figura 19 Modo de falla DEFENSAS (DF).	46
Figura 20 Todos los modos de fallas (FTG).	48
Figura 21 Pluma de las zonas de riesgo.	50
Figura 22 Velocidad de descarga de la sustancia	51
Figura 23 Pluma de la zona de riesgo a 200 m (punto de encuentro).....	53
Figura 24 Gráfico de la concentración a 200 m, lugar del punto de encuentro. ...	53
Figura 25 Pluma a una distancia de 280 m	56
Figura 26 Concentración a 280 m de distancia.	56
Figura 27 Pluma a 415 m	58

Figura 28 Concentración a 415 m de distancia	58
Figura 29. Zonas de afectación	60
Figura 30. Zona roja donde se alcanza el valor de AEGL- 3 (20 ppm). Intervención.....	61
Figura 31. Zona naranja donde se alcanza el valor de AEGL- 2 (2 ppm). Intervención.....	62
Figura 32. Zona amarilla donde se alcanza el valor de AEGL- 1 (menor a 2 ppm). Alerta.....	63

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

El término de sustancias peligrosas es aquella sustancia que en determinadas condiciones o circunstancias pudiera resultar dañina, sin embargo bajo este término se agrupan en la actualidad aquellas sustancias y materiales que en condiciones normales y fundamentalmente por sus características propias y las situaciones condicionadas por estas, pueden ser capaces de ocasionar daños a las personas, tales como enfermedades profesionales, intoxicación de gravedades diversas, lesiones y contaminación medioambiental.

Sin embargo, en el mundo actual resulta prácticamente imposible prescindir del uso de sustancias y materiales peligrosos, los que están presentes en casi todas las actividades productivas y económicas de la sociedad.

Actualmente las emisiones de sustancias tóxicas y la formación de nubes donde intervienen sustancias químicas de los diferentes procesos tecnológicos que utilizan las empresas pueden desencadenar en accidentes muy peligrosos y están considerados como los de mayor peligrosidad por las consecuencias para la salud de las personas y la afectación al medio ambiente.

La peligrosidad viene dada por el nivel de toxicidad de las sustancias que intervienen en los procesos y por la duración y alcance de las nubes. Una gran parte de las sustancias actualmente utilizadas en la industria presenta elevada toxicidad, las cuales pueden provocar efectos agudos, incluso letales, en cortos periodos de tiempo; en muchos casos estos efectos se manifiestan en concentraciones muy bajas como consecuencia de su elevada reactividad con componentes biológicos. Las características de las emisiones, las cantidades emanadas, la dinámica atmosférica y las condiciones del entorno, determinan la trayectoria, continuidad y distancia que alcanza la nube, cuyas consecuencias finales dependen de los elementos vulnerables presentes, pudiendo afectar a zonas muy extensas. (Enrique González Farradás, 2003).

Es por ello que resulta necesario generar una actitud muy responsable hacia el manejo de este tipo de sustancias, promoviendo el conocimiento de los procedimientos adecuados y las prácticas seguras en todas las actividades donde éstas intervengan, con el objetivo de reducir al mínimo los accidentes con su secuela de afectaciones a las personas y el medio ambiente.

De igual manera el manejo, transporte o almacenamiento de sustancias peligrosas se convierten también en prioridades a tener en consideración por los efectos que pueden provocar en caso de un accidente, por la liberación incontrolada de un gas o vapor tóxico y la posible exposición de personas a concentraciones que puedan afectar severamente la salud o incluso provocar la muerte. Este tipo de escenarios han recibido especial atención debido a un número significativo de accidentes que se han registrado a nivel mundial.

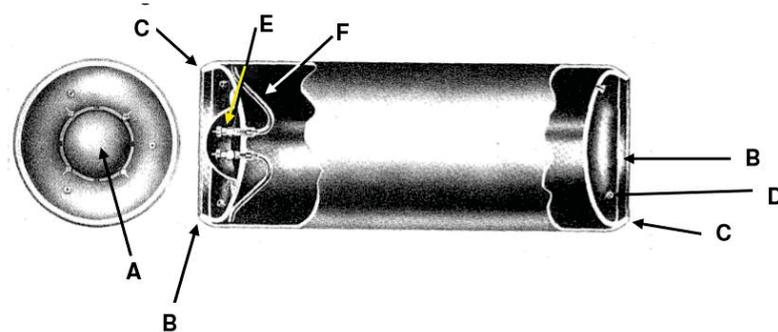
Actualmente el cloro o sus derivados se aplican en un sinnúmero de actividades como son en la rama automovilística, en la construcción, en la defensa, en la industria electrónica, en la manipulación y producción de comida, medicamentos y desde luego, en el tratamiento de las aguas servidas y del agua potable. Nuestra investigación precisamente está relacionada con la utilización del cloro para el tratamiento del agua potable.

1.1.1 Características de la Planta de tratamiento de agua potable Bellavista.

La Planta está ubicada al interior del parque metropolitano Guangüiltagua Norte de Quito; ocupa una superficie de 14 841 m² y un área útil de 3 710 m². Su actividad empresarial es potabilizar el agua que se distribuye al Norte de la ciudad y parte de Cumbayá y Valle de Tumbaco del Distrito Metropolitano de Quito. (EPMAPS, 2016).

La investigación la realizaremos en el área de dosificación de cloro, donde se utilizan cilindros con capacidad de 907 Kg (peso neto).

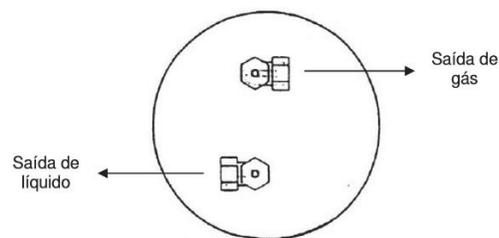
Figura 1 Cilindro de cloro capacidad 907 kg.



Fuente (The Chlorine Institute, Folleto 1. Cloro Básico, 2014)

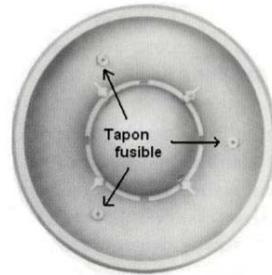
- A. Tapa / Casco de protección de las válvulas
- B. Extremos del cilindro - Tableros cóncavos.
- C. Bordes de las extremidades - Parte del cilindro diseñada para permitir y soportar una correcta fijación de ganchos para elevación de los cilindros y también la fijación de dispositivos del kit B de emergencia.
- D. Tapón fusible - Dispositivo de alivio de presión, compuesto por una aleación metálica que se funde en función del aumento de la temperatura (70 °C a 74 °C) liberando el producto (gas o líquido) contenido en el interior del cilindro.
- E. Válvulas - Elementos fijados en uno de los tapones del cilindro.
- F. Tubo pescante / Tubo reductor - Son los tubos ubicados en el interior del cilindro, conectados a las roscas de fijación de las válvulas y se extienden, de forma opuesta, hasta próximo a la pared interna del cuerpo del cilindro.

Figura 2 Orientación de las válvulas



Fuente: (The Chlorine Institute, Manual del Cloro, 2004)

Figura 3 Tapones fusibles de un cilindro de 907 kg

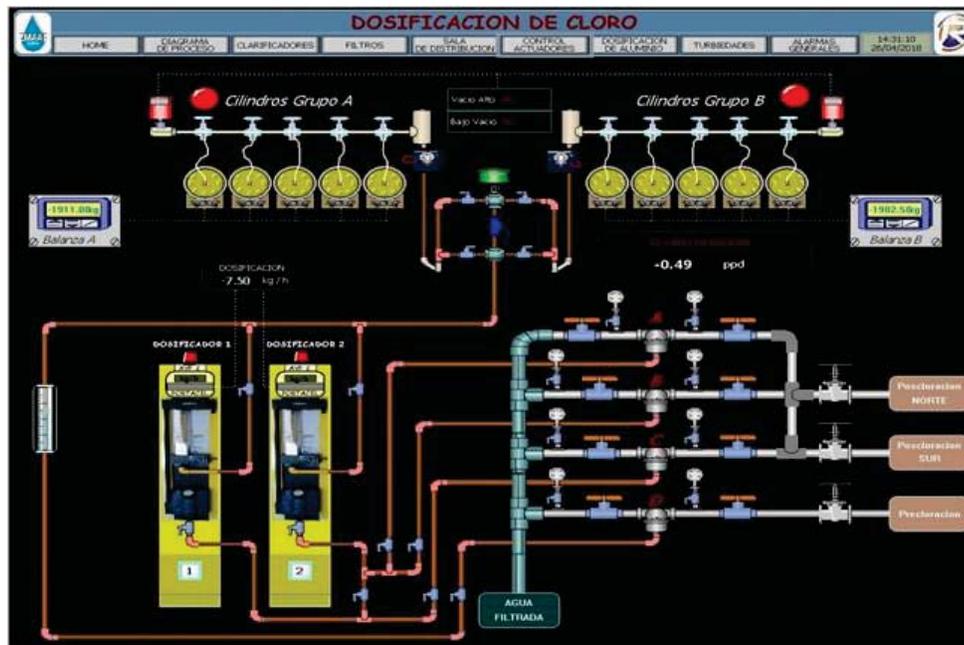


Fuente: (The Chlorine Institute, Manual del Cloro, 2004)

El flujo tecnológico de este proceso en la planta bellavista es como se detalla a continuación:

En el hangar de descarga hay un área para cilindros llenos y vacíos; los llenos son trasladados mediante puente grúa hasta el área de balanzas grupo A y grupo B (solamente entra en operación un solo grupo de cinco cilindros, mientras el otro está en espera a que se vacíen los cinco primeros); cada cilindro se conecta a un manifold por la válvula de salida de gas mediante un serpentín (ver Anexo 3); del manifold, el gas cloro, pasa por un conmutador y de aquí al dosificador para regular la presión de inyección al sistema de agua; este manifold está cubierto por una cinta térmica eléctrica para evitar posibles sudoraciones o congelamiento de la línea. Del dosificador mediante tuberías y un eyector en cada línea se suministra el agua ya clorada a los tres puntos de contacto: poscloración norte, poscloración sur y precloración.

Figura 4 Proceso tecnológico dosificación de cloro Bellavista



Fuente: (Planta, Planta Bellavista, 2018).

A continuación, detallamos las propiedades físicas del cloro:

Tabla 1 Propiedades físicas del cloro

Punto de ebullición (punto de licuefacción) en 1 atmósfera = 14.696 psi (101.325 kPa)	-29.15°F (-33.97°C)
Punto de fusión (punto de congelación) en 1 atmósfera	-149.76°F (-100.98°C)
Densidad líquida a 60°F (16°C)	88.76 lb/cu ft (1,422 kg/m ³)
Densidad del gas a 34°F (1.1°C)	0.2006 lb/cu ft (3.213 kg/m ³)
Gravedad específica (líquida) a 32°F (0°C)	1.468 (agua = 1)
Gravedad específica (gas) a 32°F (0°C)	2.485 (aire = 1)
Solubilidad en agua a 70°F (21.1°C)	0.7% por peso
Presiones de vapor:	
a 32°F (0°C)	53.51 psi (368.9 kPa)
a 77°F (25°C)	112.95 psi (778.8 kPa)
a 129°F (48.9°C)	191.01 psi (1,316.8kPa)

Fuente: (The Chlorine Institute, Folleto 155. Agua y aguas residuales Manual de cloro para operadores, 2008)

1.1.2 Del Plan de emergencia de Bellavista.

Después de haber consultado el Plan de emergencia elaborado por la EPMAPS obtuvimos la información que a continuación relacionamos (EPMAPS, 2016):

Las áreas de la Planta son las siguientes:

- Edificio Planta de Bellavista (4 niveles).
- Bodega.
- Hangar de desembarque de cilindros de cloro (Capacidad de 907 Kg.) y dosificación de cloro.
- Planta envasadora.
- Tanques de almacenamiento de agua.
- Área de tratamiento.
- Parqueaderos.
- Garita de entrada.
- Playa de evacuación.
- Laboratorio de control y calidad de la empresa.

En el 3er piso del edificio se ubica la sala de control, donde se monitorea y opera mediante el sistema SCADA, todo el proceso tecnológico en tiempo real.

La Planta tiene un total de 17 trabajadores. Los recursos que tienen para enfrentar una emergencia son:

- (8) extintores de CO₂ y (14) de PQS.
- (1) Kid de contención de fuga de cloro tipo "B".
- (3) Equipos de respiración autónoma.
- Cada operador en su turno de trabajo tiene su máscara full face con sus respectivos filtros para cloro.
- (1) Piseta plástica de 500 ml que contiene solución amoniaca para detectar fugas.
- (3) Trajes encapsulados.
- (3) Radios portátiles en cada turno.
- (3) Detectores de fuga de gas cloro.

- (2) Manga veleta ubicada en el área exterior (en dosificación y en la piscina de captación).
- (1) Pulsador de emergencia con sirena ubicado en el área de dosificación.
- Lámparas de emergencia.

La unidad de bomberos especializada en escapes de sustancias tóxicas está a 25 min de la planta (Carcelén) y se tiene un convenio con el proveedor QUIMPAC ECUADOR S.A el cual tiene una brigada especializada con personal entrenado y equipado para enfrentar fugas de cloro que puede estar en 50 min en el lugar de la fuga (Planta, Planta Bellavista, 2018).

1.1.3 Reseñas de fugas de gas cloro.

Una breve reseña de noticias en Ecuador y el mundo de accidentes vinculados a escapes de gas cloro se relacionan a continuación:

- *“Ocho personas atendidas y 70 desalojadas en la piscina de Amurrio por un escape de cloro”* (Correo, 2018)

El incidente ha ocurrido minutos después de las doce de la mañana. Al parecer, un fallo mecánico haya causado la rotura de una tubería de agua que al mezclarse con el cloro ha generado una «pequeña nube de gas», que ha obligado a atender a ocho personas con dificultades respiratorias. Como consecuencia del escape, se ha procedido a desalojar de forma inmediata la piscina y todo el polideportivo. En ese momento, había entre 60 y 70 personas en su interior. El suceso ha afectado a los siete usuarios que estaban en la zona del jacuzzi, sauna y piscina, así como al socorrista encargado de la misma.

- *“Un muerto y 800 evacuados por escape de cloro en el sur de Paraguay”*. (6, 2018).

Tras el escape, el cuerpo de bomberos junto a personal de la Policía Municipal procedió a evacuar a unas 800 personas, entre vecinos del centro de la urbe y estudiantes repartidos en varias escuelas que cumplían el turno de mañana. La fuga se produjo al romperse una de las tuberías de la planta que trataba el agua de la población, de unos 7.000 habitantes y

donde fue interrumpido el suministro del agua, dijo Rubén Franco, administrador de la Municipalidad. El fallecido es un empleado de la planta.

- *“Varios niños tuvieron que ser hospitalizados tras un escape de cloro en una pileta”* (Nueva, 2018).

Al menos 9 niños tuvieron que ser atendidos en las últimas horas en hospitales de Bahía Blanca luego de un problema con el cloro de la pileta en UNO Bahía Club, ocurrido esta tarde. "Realizando una maniobra habitual de traspaso de agua de pileta mediana a la pileta grande se originó un problema de inyección de cloro líquido, mayor a lo habitual, que combinado con la temperatura generó un vapor irritante", explicaron desde el gimnasio.

- *“Fuga de cloro gas en planta de agua en Chone dejó 20 intoxicados”*. (Universo, 2011)

Chone, Manabí. - Veinte personas presentaron síntomas de intoxicación por la fuga de cloro gas en la planta de potabilización de agua de este cantón, por lo que fueron llevadas al hospital Napoleón Dávila, al del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) y clínicas particulares.

El escape de la sustancia provenía de un cilindro con fallas en la llave de paso, que fue controlado a las 20:30 del jueves pasado, luego de dos horas de operaciones de parte de bomberos de Chone y Manta.

- Desde el año 2008 hasta la fecha en la Planta Bellavista se han producido tres eventos de escape de cloro en el área de dosificación, específicamente en la válvula del cilindro de 907 kg que se une con el serpentín de descarga de los cilindros; en dos ocasiones fue por mal ajuste de la contratuerca en la válvula y el otro por estar el vástago de la válvula torcido y no cerraba correctamente. En todos los casos se pudo controlar la fuga por los operadores utilizando los equipos y medios disponibles para este tipo de evento: Kit tipo “B”, traje encapsulado con su correspondiente máscara y equipo de respiración autónoma; se aplicó el plan de aviso y evacuación y no hubo consecuencias mayores. (Planta, Planta Bellavista, 2018).

1.2 Definición del problema.

¿Se conocen las zonas seguras y zonas de intervención necesarias para garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores y comunidad cercana a la potabilizadora “Bella Vista” ante la materialización de un escape de cloro con consecuencias mayores?

Esta potabilizadora tiene una característica muy especial y es que la misma está ubicada dentro del Parque Metropolitano Guanguiltagua donde diariamente acuden cientos de ecuatorianos y turistas para descansar y disfrutar de un paseo. Es un parque que tiene diferentes zonas naturales donde abundan árboles y plantas, senderos para que los visitantes puedan caminar mientras admiran los paisajes, realizar paseos en bicicletas y gran cantidad de juegos infantiles y áreas deportivas. Está ubicado en la zona norte de la ciudad en la calle Guanguiltagua en el Batán Alto y tiene una extensión de 557 hectáreas.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Establecer las zonas segura y zona de intervención necesarias para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores y comunidad cercana a la potabilizadora “Bellavista” ante un accidente mayor por escape de cloro.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Evaluar mediante el análisis de causalidad/fiabilidad (Método TRIPODE) los criterios que garantizan la fiabilidad del sistema de seguridad y los que propician la ocurrencia de eventos no deseados.
- Calcular el desarrollo y alcance de los eventos de escapes de sustancias tóxicas (gas cloro), que desencadenen en un accidente mayor en la Potabilizadora de agua “Bellavista”.
- Predecir las posibles afectaciones o pérdidas en términos de vidas humanas en la instalación y comunidad cercana de forma directa en caso de accidente mayor por escape de cloro.

- Representar mediante gráficas la zona segura y zona de intervención en escenarios de escapes de cloro y su posible influencia con el entorno.

1.4 Hipótesis.

Los trabajadores de la Planta de tratamiento de agua Bellavista estarían expuestos a concentraciones de gas cloro debido a un accidente mayor, por lo que pudieran experimentar efectos amenazantes para la vida e incluso provocar alguna fatalidad o impedir su capacidad de escape.

1.5 Justificación.

En la Planta Potabilizadora Bellavista, si bien, existe un Plan de emergencia donde se establecen los lineamientos, organización, planificación de recursos y procedimientos para enfrentar una emergencia, tanto de surgimiento de incendio, como de escape de cloro, sin embargo, en dicho plan no se llega a calcular el alcance que pueda tener una nube de gas cloro ante un escape incontrolado.

Llevar a cabo esta investigación es conveniente para poder establecer las zonas seguras y las zonas de intervención ante la materialización de un escape de gas cloro y estimar los radios de afectación y la magnitud de los daños potenciales (afectados o muertes), considerando el personal expuesto propio de la potabilizadora y las personas que en un momento dado se encuentren en el Parque Metropolitano.

La modelización de estos accidentes constituye un aspecto básico de la prevención y protección, dado que el nivel y extensión de las consecuencias permite establecer la proporcionalidad de las medidas necesarias para evitarlas o mitigarlas, las cuales se propondrían incluirlas dentro del Plan de emergencias de la institución.

Ante estos argumentos de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores y población aledaña es que surge el presente trabajo investigativo. De este modo, consideramos que nuestro estudio contribuye a reducir el nivel de riesgo por exposición a agentes químicos ante un escape de gas cloro.

1.6 Alcance del estudio.

El alcance de este trabajo de investigación aplica para la planta de tratamiento de agua Bellavista e instalaciones aledañas del parque metropolitano Guanguiltagua, donde analizaremos en el proceso de dosificación del cloro al agua aquel subproceso en el que pueda haber un escape de esta sustancia durante las labores que realizan los operadores diariamente.

Este trabajo investigativo es factible aplicarlo para el resto de las potabilizadoras donde se trabaje con cloro y la parte metodológica de aplicación del ALOHA, el MARPLOT y la ecuación Probit se puede generalizar para cualquier empresa que trabaje con sustancias químicas que puedan afectar la salud de los trabajadores o población en general, siempre y cuando se tomen las características propias de dichas instalaciones, características de los contenedores y condiciones meteorológicas propias del lugar; también es factible aplicar en aquellas empresas que transportan este tipo de sustancias y se puedan ver involucradas en un accidente de tránsito con el vertimiento o escape de sustancias peligrosas.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1 Fundamentación legal.

- CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008. (Ecuador C. d., 2015)

Art. 33.- El trabajo es un derecho y un deber social, y un derecho económico, fuente de realización personal y base de la economía. El Estado garantizará a las personas trabajadoras el pleno respeto a su dignidad, una vida decorosa, remuneraciones y retribuciones justas y el desempeño de un trabajo saludable y libremente escogido o aceptado.

Art. 326.- El derecho al trabajo se sustenta en los siguientes principios:

Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.

- INSTRUMENTO ANDINO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.
(Exteriores, 2004)

Art. 16.- Los empleadores, según la naturaleza de sus actividades y el tamaño de la empresa, de manera individual o colectiva, deberán instalar y aplicar sistemas de respuesta a emergencias derivadas de incendios, accidentes mayores, desastres naturales u otras contingencias de fuerza mayor.

- CÓDIGO DEL TRABAJO. (Codificación, 2016)

Art. 42.- Obligaciones del empleador. - Son obligaciones del empleador:

Instalar las fábricas, talleres, oficinas y demás lugares de trabajo, sujetándose a las medidas de prevención, seguridad e higiene del trabajo y demás disposiciones legales y reglamentarias, tomando en consideración, además, las normas que precautelan el adecuado desplazamiento de las personas con discapacidad.

Proporcionar oportunamente a los trabajadores los útiles, instrumentos y materiales necesarios para la ejecución del trabajo, en condiciones adecuadas para que éste sea realizado;

Art. 410.- Obligaciones respecto de la prevención de riesgos.

Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o su vida.

Los trabajadores están obligados a acatar las medidas de prevención, seguridad e higiene determinadas en los reglamentos y facilitadas por el empleador. Su omisión constituye justa causa para la terminación del contrato de trabajo.

- REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES.
(Ecuador P. d., 2003)

Art. 11.- Son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas, las siguientes:

Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y el bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.

Art. 13.- Obligaciones de los trabajadores.

Participar en el control de desastres, prevención de riesgos y mantenimiento de la higiene en los locales de trabajo cumpliendo las normas vigentes.

Usar correctamente los medios de protección personal y colectiva proporcionados por la empresa y cuidar de su conservación.

- LEY DE DEFENSA CONTRA INCENDIOS.
- REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.
- FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE EMERGENCIA. CUERPO DE BOMBEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.
- PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE “BELLAVISTA”.
- MSDS No. 31. Hoja de seguridad Cloro gas. QUIMPAC ECUADOR S.A. (ver Anexo 1)

2.2 Método de análisis de causalidad/fiabilidad “TRIPODE”.

2.2.1 Fundamentación del método.

El método TRIPODE (ver Anexo 2), propone un análisis situacional a partir de la validación de las barreras previstas a tener en cuenta para evitar la ocurrencia de eventos con consecuencias no deseadas; puede ser utilizado para dos propósitos fundamentales (AENOR, 2015):

- Como medio para exponer las debilidades de una organización cuando se investigan y analizan los eventos no deseados.
- Como herramienta de diagnóstico para evaluar la fortaleza de la organización mediante la evaluación de fallos de tipo general como son: equipos, diseño, comunicaciones, etc. Con estas evaluaciones se hace un

perfil de la organización el cual es una guía para identificar donde hay que aplicar correcciones para contrarrestar los fallos latentes.

Un accidente es una cadena de resultados de eventos; actos inseguros y condiciones inseguras generalmente son señalados como las causas principales, pero realmente la causa proviene de un fallo latente, sea humano o técnico que allí está esperando la primera oportunidad para materializar el accidente.

Los programas de seguridad se han venido nutriendo de las experiencias adquiridas sobre los incidentes y accidentes ocurridos para mejorar las defensas en contra de los actos y las condiciones sub estándares, entrenando y motivando al personal para evitar dichos actos y condiciones, realizando auditorias de seguridad, etc.; sin embargo no se tienen en cuenta los factores externos o condiciones que tiene el propio sistema u organización por fallas de tipo general o de violaciones de los objetivos y principios básicos de seguridad.

Tabla 2 Objetivos y principios básicos de seguridad.

OBJETIVOS Y PRINCIPIOS BÁSICOS DE SEGURIDAD					
OBJETIVOS	OBJETIVO GENERAL DE LA SEGURIDAD	OBJETIVO DE SEGURIDAD TECNICA			
PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE GESTION	CULTURA DE SEGURIDAD	RESPONSABILIDAD DE LA ENTIDAD EXPLOTADORA	CONTROL Y VERIFICACION REGLAMENTARIOS		
PRINCIPIOS DE DEFENSA EN PROFUNDIDAD	DEFENSA EN PROFUNDIDAD	PREVENCION DE ACCIDENTES	MITIGACION DE ACCIDENTES		
PRINCIPIOS TECNICOS GENERALES	PRACTICAS DE INGENIERIA DE EFICACIA COMPROBADA	GARANTIA DE CALIDAD	FACTORES HUMANOS	EVALUACION Y VERIFICACION DE LA SEGURIDAD	EXPERIENCIA DE LA EXPLOTACION E INVESTIGACION EN MATERIA DE SEGURIDAD
PRINCIPIOS ESPECIFICOS	EMPLAZAMIENTO	DISEÑO	FABRICACION Y CONSTRUCCION	PUESTA EN SERVICIO Y EXPLOTACION	PREPARACION PARA CASOS DE EMERGENCIA Y GESTION DE ACCIDENTES

Fuente: ((INSAG), 1999)

Este método, TRIPODE, agrega este tercer elemento” Fallos de Tipo General (FTG)” que al poder ser identificados como fallos latentes, estos pueden ser eliminados o minimizados, siendo posible que se disminuya la posibilidad de la ocurrencia del evento no deseado.

2.2.2 Origen de accidente y fallas de tipo general (FTG).

La característica fundamental de este concepto de seguridad es que los accidentes tienen su origen primario en fallos latentes y no en fallos humanos y activos. Los fallos latentes resultan de decisiones y acciones tomadas en otra parte de la organización; sus condiciones adversas pueden estar presentes por mucho tiempo, y solo se vuelve evidente cuando se combina con un fallo humano activo, fallo técnico, condición atípica que viole las barreras de defensa. El fallo activo está al final de la cadena y tiene su efecto desfavorable inmediatamente. Estos Fallos Latentes y Fallas Típicas Generales constituyen la tercera pata del Método TRIPODE (AENOR, 2015).

2.2.3 Participación humana en la cadena de eventos que conducen al accidente en una organización.

Por lo general la Alta Dirección en una empresa es la responsable de la toma de decisiones iniciales en un diseño, la construcción de algo, la designación de recursos, etc.; por lo tanto, son la parte principal de fuente de Fallos Latentes. Sus decisiones pueden tener consecuencias desafortunadas. La actitud de ellos determina la cultura de seguridad de la Empresa.

Los operadores y grupos de mantenimiento siempre van a estar directamente relacionados con actos inseguros que violan el sistema de seguridad provocando un accidente, pero habría que ver las dificultades latentes que pudieran existir dentro de las que podemos mencionar: fallos técnicos, condiciones ambientales incómodas o adversas, condiciones atípicas de forma general, etc. y regularmente están fuera de control de los que están directamente envueltos en el trabajo.

Las Fallas de Tipo General (FTG) nos proporcionan las pautas para entender las causas básicas de un accidente. Estas fallas se pueden utilizar en las investigaciones de accidentes y como técnica de diagnóstico para evaluar el nivel de seguridad de una organización, lo cual nos permite encontrar los fallos latentes. Para comprender como los Fallos de Tipo General (FTG) son capaces de garantizar que un sistema de seguridad sea confiable, es necesario conocer como cada uno de ellos se relaciona entre sí y con el trabajador en sus

actividades diarias, así como el papel que juegan ellos en la cadena de eventos causantes de accidentes.

2.3 Causas de accidentes en instalaciones de proceso:

Los accidentes en instalaciones de proceso ocurren por tres causas fundamentales:

1. Desviaciones en las condiciones normales de operación por la alteración de los parámetros fundamentales de los procesos, corte del suministro eléctrico, fallos en los servicios de aire de instrumentación o producción, fallos en los procedimientos de puesta en marcha o parada.
2. Fallos de componentes, sistemas de seguridad o sistemas de control tales como bombas, compresores, conexiones, discos de ruptura, válvulas de seguridad, sistemas de alivios de presión, sensores de temperatura, presión, controladores de nivel y flujos, etc.
3. Errores humanos y de organización por errores de operación o comunicación, desconexión de sistemas de seguridad por frecuentes falsas alarmas, ejecución de trabajos en caliente o en espacios confinados sin la debida autorización, incorrecta reparación o trabajos de mantenimiento.

Los motivos por los que pueden suceder estos errores son los siguientes:

- Insuficiente adiestramiento y formación en el trabajo.
- Poco conocimiento de los riesgos y su prevención.
- Excesiva carga psíquica.

Es por ello que la seguridad de una instalación de proceso debe comenzar en la etapa de diseño, haciendo una selección rigurosa de sus componentes y sistemas de seguridad y desde luego realizando los controles de calidad correspondientes y no violando los principios básicos de seguridad.

Todo componente de una instalación y sus elementos de seguridad, deben estar sometidos a un programa de mantenimiento preventivo y predictivo para garantizar su correcto estado y garantizar su renovación antes de haberse agotado su vida útil. Los errores humanos también deben ser analizados en

términos probabilísticos para su debido control, cuando a consecuencia de los mismos se puedan generar graves consecuencias.

Las instalaciones de proceso, aunque tengan un alto nivel de automatización, requieren también la intervención humana, tanto en operaciones normales como en situaciones de emergencia donde se necesita actuar de forma correcta y rápida. Por ello en este tipo de instalaciones para minimizar posibles errores se exige la selección del personal adecuado y el perfecto conocimiento y adiestramiento sobre los procedimientos de trabajo tanto en circunstancias normales como en situaciones de emergencias.

2.4 Formación y evolución de las nubes tóxicas.

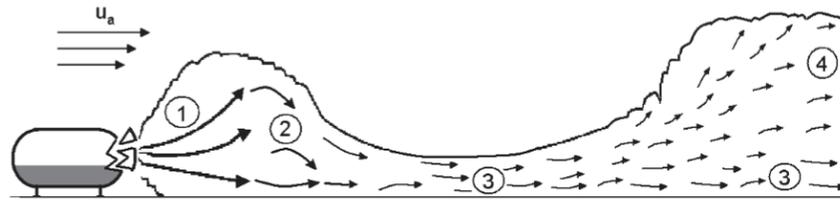
2.4.1 Formación y evolución.

La figura 5 muestra la secuencia seguida en la formación y evolución de nubes densas, que es la tipología más común producida en los escapes accidentales de sustancias peligrosas, habiéndose dividido en las siguientes etapas (Enrique González Farradás, 2003):

1. **Emisión:** está condicionada por el tipo de contenedor, las características termodinámicas de la sustancia, las condiciones de almacenamiento (temperatura y presión) la posición y dimensiones de la rotura. En función de estos parámetros el fluido irrumpe en el exterior de forma monofásica (totalmente gasificado o prácticamente líquido) o bifásica.
2. **Abatimiento sobre el suelo:** Las fluido-dinámicas de la emisión gaseosa y de la atmósfera circundante condicionan la mezcla inicial de la sustancia y el aire; si la densidad de la nube es mayor que la del aire se produce el abatimiento de dicha mezcla, como es el caso del cloro.
3. **Extensión y avance por gravedad:** La nube pesada se comporta de forma parecida a como lo haría un líquido, esto es, se extiende y discurre sobre el terreno, adaptándose a la geometría del mismo y ocupando las zonas más bajas. La fuerza gravitatoria domina a las de flotación y dispersión durante esta etapa.

4. **Dispersión pasiva:** La progresiva entrada de aire en el frente de avance y, en menor medida, a través de la zona superior de la nube reptante hace disminuir la densidad de la “interfase”, hasta que sus características fluido-dinámicas se aproximan a las del aire próximo, iniciándose entonces la denominada dispersión pasiva.

Figura 5 Evolución de una nube de gas denso.



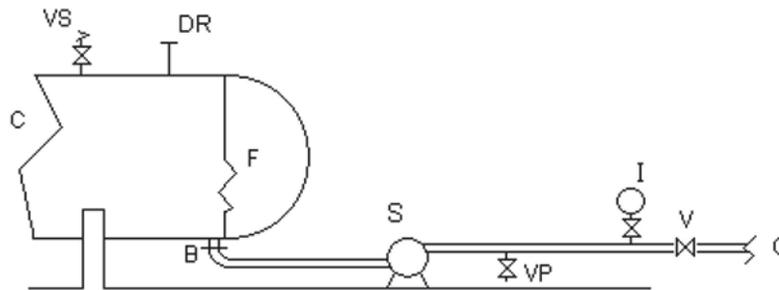
Fuente: (Enrique González Farradás, 2003)

2.4.2 Elementos y parámetros implicados en las fugas.

El estado físico de la sustancia o producto que sale al exterior y la masa o caudal expulsado es necesario determinarlo y ellos dependen de la combinación de los elementos siguientes:

- Los tipos de contenedores, que pueden ser: tuberías aisladas, depósitos, y tuberías conectadas a depósitos.
- El estado físico de los fluidos en el momento de la fuga. Las sustancias líquidas almacenadas a temperatura inferior a la de ebullición, a presión atmosférica, tienen sobre ellas un espacio ocupado por un gas, que contiene la sustancia en fase gaseosa, cuya presión parcial en el equilibrio coincide con la presión de vapor a la temperatura de almacenamiento.
- El tamaño del orificio de la fuga determina la duración de la emisión (gas) o vertido (líquido). Si el orificio es pequeño con relación al volumen del recipiente se produce una fuga continua, y poco a poco va disminuyendo. El tipo de fuga depende del estado físico del fluido y de la altura del orificio en el contenedor. La expansión sufrida por el gas en la salida es adiabática. Generalmente las fugas se producen por rotura de elementos y accesorios de tuberías o en pequeñas fisuras de los contenedores:

Figura 6 Zonas o elementos típicos a través de los cuales se producen con más frecuencia fugas accidentales.



Fuente: (Enrique González Farradás, 2003)

Dónde: **(C)** colapso de equipo o tubería. **(F)** fisura por fallo de material o soldadura. Roturas de bridas **(B)**, instrumentos **(I)**, válvulas **(V)**, prensas de bomba **(S)**. Apertura o rotura de válvula de seguridad **(VS)**, de purga **(VP)** o de disco de ruptura **(DR)**.

2.4.3 Parámetros meteorológicos que influyen en la mezcla y dispersión de las emisiones.

En nuestra investigación vamos a plantearnos aquellos parámetros meteorológicos que influyen en la mezcla y dispersión de la nube de cloro como son:

- La velocidad del viento: Es de gran importancia en la dispersión de las nubes; la velocidad varía con la altura por lo que se necesita determinarla para obtener con ella valores representativos que servirán para evaluar el movimiento de las emisiones pesadas a ras del suelo.
- La dirección del viento: condiciona la dirección del flujo de las sustancias fugadas, así como su impacto.
- La temperatura ambiente: influye en la cinética de las reacciones de transformación de las sustancias fugadas en aire, donde generalmente se aceleran estos procesos.
- La presión atmosférica: este parámetro está relacionado con la estabilidad.
- La humedad: puede transformar las nubes ligeras en pesadas al aumentar la masa molecular e influye en los procesos de transformación atmosféricos.

- La turbulencia atmosférica, es decir las fluctuaciones continuas y aleatorias de la velocidad del aire que originan movimientos circulares internos, influyen de forma decisiva en la mezcla y dispersión de las emisiones.

2.5 Las nubes densas.

2.5.1 Comportamiento y modelos para su estudio.

Las nubes densas se producen cuando la masa molecular de la sustancia fugada es superior a la del aire, en el caso de estudio, el gas cloro tiene una densidad de $3,20 \text{ Kg/m}^3$ y el aire $1,225 \text{ kg/m}^3$ por lo que aproximadamente es (2,5) más denso que el aire. Si el escape de un gas pesado es de una proporción o intensidad de descarga moderadas, se puede considerar su comportamiento como un modelo gaussiano de gas neutro.

Desde el punto de vista de las consecuencias y los riesgos, las nubes densas son más peligrosas que las neutras, ya que la masa de vapor tóxico tiende a permanecer a poca altura a ras de suelo, que es la posición en la que más comúnmente se encuentran las personas y la mayor parte de los seres vivos. La dilución de las nubes densas es más lenta que los gases neutros, por lo que las mismas recorren mayores distancias y permanecen durante más tiempo a concentraciones elevadas.

2.5.2 Programa informático ALOHA, versión 5.4.7

ALOHA (Aerial Locations of Hazardous Atmospheres) es un programa desarrollado por la NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) y la EPA (U.S, Environmental Protection Agency). Está específicamente diseñado para su aplicación a escenarios de accidentes mayores, pudiendo simular emisiones desde tuberías y recipientes utilizados en la industria o derrames que forman charcos y la simultánea dispersión, tanto de nubes neutras como pesadas; incorpora técnicas que podrían considerarse refinadas, como un modelo para el manejo de gases densos denominado DEGADIS (Dense Gas Dispersion). Dispone de una amplia base de datos de sustancias y permite la introducción de otras. El programa es apto para evaluar el impacto que tienen derrames de

materiales tóxicos procedentes tanto de tanques de almacenamiento y ductos, así como fugas de gases tóxicos a la atmósfera, permitiendo definir zonas de intervención y zonas seguras. (Unidos, 2018).

2.5.3 Determinación de las zonas de planificación para nubes tóxicas.

Para establecer las zonas de planificación en el caso de nubes tóxicas, es necesario definir los niveles de posibles daños en cada una de ellas y posteriormente determinar la extensión y forma geométrica de las mismas. Por la complejidad para el cálculo de estos parámetros se recomienda utilizar programas informáticos; en esta investigación utilizaremos el Método ALOHA. (Unidos, 2018)

Basándonos en la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas del Real Decreto 1196/2003, se definen dos zonas (Civil, 2003):

Zona de intervención: es aquella en la que las consecuencias de los accidentes producen un nivel de daños que justifica la aplicación inmediata de medidas de protección.

Zona de alerta: es aquella en la que las consecuencias de los accidentes provocan efectos que, aunque perceptibles por la población, no justifican la intervención, excepto para los grupos críticos de población.

Figura 7 Representaciones genéricas de las zonas de Intervención y Alerta para nubes tóxicas.



Fuente: (Enrique González Farradás, 2003)

En las emergencias se conoce la dirección del viento, por lo que se puede delimitar las zonas afectadas (elipsoides), sin embargo, en la planificación no se

conoce la dirección del viento, por lo que las zonas afectadas se consideran circulares, con centro en el origen de la fuga.

2.5.4 Valores límites de sustancias tóxicas en aire aplicados a situaciones de emergencia.

En nuestro estudio nos limitaremos a conceptualizar los índices AEGLs (Acute Exposure Guideline Levels, umbrales límites de exposición aguda), los cuales proceden de los índices CEELs (Community Emergency Exposure Levels), propuestos por la Environmental Protection Agency (EPA) de EEUU. (Enrique González Farradás, 2003)

Estos índices nos definen las concentraciones de sustancias químicas en el aire, por encima de las cuales las personas expuestas una sola vez, o con muy poca frecuencia, pueden tener efectos adversos sobre la salud.

Las principales características de los índices AEGLs son que se pueden aplicar a todo tipo de población, incluyendo las personas susceptibles, pero excluyendo los hipersusceptibles y se calculan para un tiempo de exposición de 30 minutos, 1 hora, 4 horas y 8 horas. Esta variedad de valores en los tiempos nos permite conocer si el daño provocado por la sustancia considerada es función sólo de la concentración, o, por el contrario, depende del tiempo de exposición, es decir, de la dosis.

Los niveles de efectos de estos índices son: (Civil, 2003)

- **AEGL 1:** concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar una incomodidad notable. Concentraciones por debajo del AEGL 1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve.
- **AEGL 2:** concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar efectos a largo plazo serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones

por debajo del AEGL 2 pero por encima del AEGL 1 representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar.

- **AEGL 3:** es la concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los hipersusceptibles, podría experimentar efectos amenazantes para la vida o la muerte. Concentraciones por debajo de AEGL 3 pero por encima de AEGL 2 representan niveles de exposición que pueden causar efectos a largo plazo, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar

En nuestra investigación estamos analizando la sustancia Cloro (ver Anexo 1. MSDS del cloro), por lo que a continuación exponemos los valores AEGLs de la misma en ppm y en mg/m³.

Tabla 3 Valores AEGL del Cloro (Número CAS 7782-50-5) en ppm y en mg/m³

Tiempo	10 min	30 min	60 min	4 h	8 h
AEGL-1, (ppm/mg/m ³)	0,5/ (1,5)	0,5/ (1,5)	0,5/ (1,5)	0,5/ (1,5)	0,5/ (1,5)
AEGL-2, (ppm/mg/m ³)	2,8/ (8,1)	2,8/ (8,1)	2,0/ (5,8)	1,0/ (2,9)	0,7/ (2,0)
AEGL-3, (ppm/mg/m ³)	50/ (145)	28/ (81)	20/ (58)	10/ (29)	7,0/ (21)

Fuente: El autor, Valores AEGL del Cloro en ppm y en mg/m³

2.6 La toxicidad de las sustancias químicas en aire.

La toxicidad es la capacidad de alguna sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, una vez que ha alcanzado un punto del cuerpo susceptible a su acción. Tóxico es cualquier sustancia, artificial o natural, que posea toxicidad, es decir, cualquier sustancia que produzca un efecto dañino sobre los seres vivos al entrar en contacto con ellos.

La toxicidad de una sustancia y los efectos que producen sobre el ser humano pueden estar dada por varios factores como son: la vía de administración o de entrada al organismo, el tiempo de exposición, el número de exposiciones que

pueden ser una o varias en el tiempo, la forma física de la toxina (sólida, líquida o gaseosa), concentración de la misma, la dosis que llega a exponerse el individuo, el estado de salud de la persona expuesta.

2.6.1 Clasificación de los tóxicos.

Los tóxicos se pueden clasificar de acuerdo a varios criterios y como resultado de experimentos realizados en animales de laboratorio (ratas y conejos) (Enrique González Farradás, 2003):

- Según la naturaleza química del tóxico.
- Según el mecanismo y el efecto que produce su acción tóxica.
- Según su toxicidad, y este a su vez se clasifica por la vía en que entra al cuerpo del ser humano: por inhalación (concentración letal 50 en ratas durante 4 horas); por vía oral (dosis letal 50 única en ratas); vía cutánea (dosis letal 50 única en conejo).

En experimentos científicos que se han desarrollado se ha podido comprobar que los efectos pueden ser (S.A., 2016):

- 0,2-0,5 ppm: no hay efecto toxico inmediato.
- 1-3 ppm: hay olor perceptible e irritación de ojos y nariz.
- 5-8 ppm: irritación de garganta, ojos y membranas mucosas.
- 34-51 ppm: es letal en una exposición de 1 a 1 ½ hora.
- 40-60 ppm: una exposición de 30 a 60 minutos puede causar irritación en las vías respiratorias, edema pulmonar o bronconeumonía.
- 100 ppm: puede resultar fatal después de 50 minutos de exposición) (estimado). 430 ppm: es la menor concentración conocida necesaria para causar la muerte después de 30 minutos de exposición.
- 1000 ppm: puede ser fatal con apenas unas cuantas aspiraciones profundas.

Como hemos venido analizando en el caso de estudio, el Cloro, es una sustancia tóxica que dependiendo del nivel de exposición produce efectos adversos sobre el ser humano. A continuación, presentamos una tabla ilustrativa de dichos efectos:

Tabla 4 Exposición al cloro y efectos sobre los seres humanos.

Niveles de exposición (ppm)	Efectos, Valores Límites Regulativos y de Orientación
0,2-0,4	Umbral de olor (varía según el individuo)
Menor que 0,5	Ningún efecto agudo o crónico
0,5	ACGIH TLV-TWA promedio ponderado por 8 horas. NIOSH REL (ceiling)
1,0	OSHA nivel tope (PEL, ceiling). ACGIH TLV-STEL (15 min). AIHA AEGL-1
1,0 - 2,0	Irritación blanda de la membrana mucosa, tolerada hasta 1 hora
2,0	AEGL-2 concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar efectos a largo plazo serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar.
2,4	MTE VT límite máximo; equivalente al "ceiling" (techo).
5,0 - 15,0	El gas es bastante irritante, y es improbable que cualquier persona permanezca en esta exposición por más de un breve tiempo, excepto cuando la persona está inconsciente o impedida de fuga
10,0	NIOSH IDLH (inmediatamente peligroso para la vida y la salud)
20,0	AEGL-3 es la concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los hipersusceptibles, podría experimentar efectos amenazantes para la vida o la muerte.
30,0	inmediato dolor en el pecho
40,0 - 60,0	Neumonitis tóxica, edema pulmonar
430,0	Exposición letal después de 30 min
1000	Fatal en pocos minutos

Fuente: El Autor, exposición al cloro y efectos sobre los seres humanos.

2.6.2 Parámetros que determinan la toxicidad: concentración y dosis.

De acuerdo a los efectos inmediatos que las sustancias químicas pueden provocar sobre los seres humanos y la medida en que determinan el daño sobre las mismas, las sustancias se dividen en aquellas cuyos efectos están relacionados con la dosis y las que su toxicidad depende de la concentración.

Las que dependen de la dosis están directamente relacionadas con el tiempo de exposición, mientras que las relacionadas con la concentración están relacionadas con el valor techo (ceiling) de la sustancia, las cuales no deben ser superadas en ningún momento.

La dosis por vía respiratoria en las personas está definida por la combinación factorial de la concentración de la sustancia en aire (c) y el tiempo de exposición (t_{exp}) a dicha concentración, expresándose mediante la ecuación general siguiente (ten Berge, Zwart, & Appelman, 1986):

$$D = c^n t_{exp} \quad (1)$$

El exponente “n” puede tener valores igual a la unidad o comprendido entre 0.8 y 4 predominando los valores superiores a la unidad, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 5 Constantes de toxicidad letal de algunas sustancias.

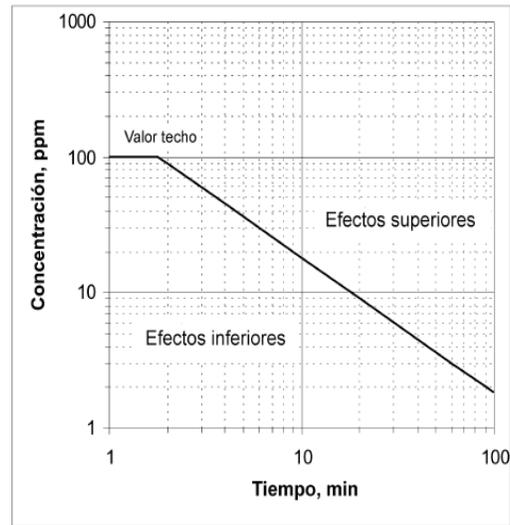
SUSTANCIA	a (ppm)	b (ppm)	n (min)
ACRILONITRILO	- 29,42	3,008	1,43
ACROLEINA	- 9,931	2,049	1
AMONIACO	- 35,9	1,85	2
BENCENO	- 109,78	5,3	2
BROMO	- 9,04	0,92	2
BROMURO DE METILO	- 56,81	5,27	1,00
CIANURO DE HIDROGENO	- 29,42	3,008	1,43
CLORO	- 8,29	0,92	2
CLORURO DE HIDROGENO	- 16,85	2,00	1,00
DIOXIDO DE AZUFRE	- 15,67	2,10	1,00
DIOXIDO DE NITROGENO	- 13,79	1,4	2
FLUORURO DE HIDROGENO	- 35,87	3,354	1,00
FORMALDEHIDO	- 12,24	1,3	2
FOSGENO	- 19,27	3,686	1
ISOCIANATO DE METILO	- 5,642	1,637	0,653
MONÓXIDO DE CARBONO	- 37,98	3,7	1
OXIDO DE PROPILENO	- 7,415	0,509	2,00
SULFURO DE HIDROGENO	- 31,42	3,008	1,43
TETRACLORURO DE CARBONO	- 6,29	0,408	2,50
TOLUENO	- 6,794	0,408	2,50

Fuente: NTP, 291 ((INSHT))

Las sustancias cuyos efectos dependen de la concentración presentan una elevada reactividad química sobre los tejidos biológicos en tiempos muy cortos, provocando irritación, corrosividad o cualquier otro tipo de daño que se manifiesta muy rápidamente.

Según (Gephart & Moses, 1989), la dosis de cloro en aire para un nivel de daño determinado sigue la ley de Haber:

Figura 8 Combinación concentración-tiempo para un nivel determinado del cloro.



Fuente: (Enrique González Farradás, 2003)

Por lo que podemos afirmar que las magnitudes que definen el daño provocado por las emisiones de sustancias tóxicas en aire son: la concentración o la dosis, dependiendo una u otra del nivel y rapidez con que se manifiesten los efectos que las mismas provocan.

2.7 Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit.

Los modelos de vulnerabilidad ((INSHT)) sirven para determinar las consecuencias a las personas y edificios expuestos a una determinada carga térmica, tóxica o de sobrepresión. Estos modelos se basan en experiencias realizadas con animales en laboratorio o en estudios de las muertes o lesiones de accidentes ocurridos.

Entre los modelos de vulnerabilidad se destaca el método «Probit», que es un método estadístico que nos da una relación entre la función de probabilidad y una determinada carga de exposición a un riesgo.

En el método PROBIT, se parte de un incidente donde hay una emanación de una sustancia tóxica con una concentración determinada, y expuesta a un tiempo determinado. Como resultado nos da el número de lesionados o número de víctimas.

3. METODOLOGÍA.

El presente trabajo investigativo está diseñado como una investigación de campo donde se realizaron observaciones puntuales en toda la planta potabilizadora, haciendo énfasis en el área de dosificación de cloro. Se recopilaron datos del proceso tecnológico, procedimientos para la dosificación del cloro, cantidad de personas que trabajan en el lugar o que están presentes en el área de la planta, históricos de fugas que se han producido en los últimos diez años, sistemas de seguridad instalados incluyendo los medios para mitigar o contener una fuga de cloro y se revisó el Plan de emergencias de la planta.

Se hizo una revisión bibliográfica de documentos y normativas relacionadas con el cloro, sus características, forma de actuación ante un escape de esta sustancia, tipos de contenedores, MSDS del cloro suministrado por QUIMPAC ECUADOR S.A, manuales de operaciones, GRENA (Guía de respuestas a emergencias nivel de alerta), etc.

También fue necesario hacer una investigación de campo con la Administración del Parque Metropolitano Guanguiltagua para conocer aquellas instalaciones que pudieran estar en el radio de afectación por la nube de gas cloro, si se produjese un escape en la potabilizadora, así como un aproximado de la cantidad de visitantes que pudieran estar expuestos en diferentes horarios y días de semana.

Como instrumentos de la investigación se aplicó una encuesta a los trabajadores de causalidad/fiabilidad de los sistemas de seguridad (Método Trípode), un software para determinar las zonas de intervención y alerta ALOHA versión 5.4.7, con la ayuda del Software MARPLOT versión 5.1.1 y se aplicó la fórmula del método Probit para calcular el porcentaje de personas afectadas por inhalación del cloro.

3.1 Encuesta Causalidad/fiabilidad.

Al aplicar esta encuesta (ver Anexo 2) pretendemos conocer el estado de causalidad/fiabilidad de los sistemas de la planta.

Para determinar el tamaño de la muestra consideramos lo siguiente: de acuerdo a las características de las preguntas que tiene la encuesta, como criterio de inclusión, solamente vamos a tener en cuenta a aquellos trabajadores que están vinculados directamente con el proceso productivo de dosificación de cloro y que permanecen dentro del perímetro de la planta.

Tabla 6 Cantidad de trabajadores y puestos de trabajo.

Puesto de trabajo	Cantidad de trabajadores
Operador de turno dosificación	2
Operador de sala de control	1
Operadores de mantenimiento	2
Laboratorista	1
Técnico de seguridad y ambiente	1
Jefe de planta	1
Secretaria*	1
Limpieza *	3
Guardias*	2
Operadores de mantenimiento externos*	3

No se incluyen en la encuesta (*)

Fuente: El autor, cantidad de trabajadores en la planta.

Para determinar el tamaño de la muestra utilizaremos la fórmula siguiente (APA, 2018) :

$$N = Z^2 p * q N / e^2 (N-1) + Z^2 p * q \quad (1)$$

Donde:

N = tamaño de la muestra

N = Población o universo

Z = Nivel de confianza

p = probabilidad a favor

q = probabilidad en contra

e = error muestral

Donde vamos a asumir que la población vinculada directamente al proceso de dosificación (N) es igual a 8; el nivel de confianza (Z) es igual al 95% (1,96); la probabilidad a favor (p) es igual a 0,5; la probabilidad en contra (q) es igual a 0,5; y el límite de error muestral es del 5 % (0,05).

Una vez calculado el tamaño de la muestra $n = 8$, podemos decir que debemos hacerle la encuesta a (8) trabajadores.

El grado de aceptación es "SI" o "NO" para cada modo de falla (FTG) donde calcularemos los criterios que garantizan la fiabilidad de cada modo de falla en (%) y los criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados en (%) de cada modo de falla y al final lo haremos para todo el sistema.

3.2 Utilización del software ALOHA para determinar las zonas de alerta y de intervención.

Para que este programa informático nos de los resultados esperados se necesitan introducir una serie de datos como son:

- Ubicación geográfica de la instalación objeto de estudio (coordenadas, altura sobre el nivel del mar, ciudad, país).
- Características del tipo de construcción donde se realiza la dosificación de cloro como posible lugar de la fuga.
- Características del punto de encuentro definido en el Plan de emergencia.
- Tipo de sustancia que se analiza y sus características, en este caso el Cloro.
- Características del contenedor de la sustancia y posible lugar donde se puede producir la fuga desde el contenedor.
- Parámetros meteorológicos (velocidad del aire, temperatura, humedad, estabilidad atmosférica, dirección del viento predominante, horario en que se produce la fuga); estos datos se obtienen del Anuario meteorológico del INAMI última edición 2016, de la estación más cercana a la potabilizadora (Iñaquito, M024). (Hidrología, 2015).
- Los valores de los AEGs del cloro, donde se realizarán los cálculos para 60 min.
- La modelación la vamos a realizar bajo las condiciones siguientes:
 - Se considera un Accidente Mayor Categoría 3 (ver Glosario).

- La operación de más alto riesgo en la planta es el cambio de los tanques de cloro y conexión del contenedor al serpentín del manifold, y se realiza únicamente en horas diurnas.
- Ocurre el escape de gas cloro a través del cilindro de 907 Kg peso neto y una tara de 742 Kg (la mayor tara de los cilindros suministrados), 67,4 % de llenado, en posición horizontal, con el 100 % ruptura total de la válvula de descarga (diámetro del orificio 1,27 cm).
- Se considera el escape solamente en un cilindro que esté conectado al manifold del dosificador y se asume como posición más desfavorable el escape saliente al nivel de piso y a la altura del eje de tubería/válvula 60 cm.
- Se considera la probabilidad de falla de todos los sistemas de seguridad $P_{\text{sistemas de seguridad}} = 1$, o sea, falla total de cualquier sistema de seguridad que imposibilita la respuesta de mitigación por lo que se produce un accidente mayor en desarrollo libre total.
- Graficar la zona a favor del viento de la descarga en forma de pluma, que representan los peligros (zona roja, naranja y amarilla) y las concentraciones que se alcanzan en esos puntos.
- Graficar en forma radial el alcance de la zona roja (donde tenemos un AEGL-3, 20 ppm) desde el punto donde se simula la fuga y la ubicación del punto de encuentro.
- Graficar en forma radial el alcance de la zona naranja (donde tenemos un AEGL-2) desde el punto donde se simula la fuga y la ubicación del punto de encuentro (playón) previsto en el Plan de emergencia, situado a unos (200 m), a favor del viento.
- Graficar en forma radial el alcance de la zona amarilla (donde tenemos un AEGL-1) desde el punto donde se simula la fuga, a favor del viento,

Una vez introducidos los datos en el programa podremos determinar las **zonas de intervención y de alerta** para un tiempo de 60 minutos de escape libre del gas cloro.

3.3 Utilización de la fórmula Probit para determinar el % de personas afectadas por inhalación de cloro.

En el edificio de la planta potabilizadora existen otras entidades que no pertenecen a la misma:

- Planta envasadora de agua con (5) trabajadores.
- Laboratorio de control y calidad con (24) trabajadores.
- Captación y conducción con (24) trabajadores.

De la planta potabilizadora serían 17 trabajadores, para un total de 70 personas, que pudieran estar amenazadas por el escape de cloro.

Aproximadamente a partir de 280 m del lugar de la fuga simulada se encuentran las instalaciones del parque metropolitano. De acuerdo a información suministrada por la administración de esta entidad, cualquier día entre semana, excluyendo sábados y domingos, concurren a la instalación alrededor de 1 000 visitantes diarios; en el horario pico (10:00 h a 14:00 h) estarían un 40 % de esos mil visitantes, lo que estaríamos hablando de 400 personas en ese horario. (Metropolitano, 2018).

La fórmula empleada para este modelo de vulnerabilidad ((INSHT)) se basa en una función matemática lineal de carácter empírico extraída de estudios experimentales:

$$Pr = a + b \ln V \quad (2)$$

Donde:

Pr = «Probit» o función de probabilidad de daño sobre la población expuesta.

a = Constante dependiente del tipo de lesión y tipo de carga de exposición.

b = Constante dependiente del tipo de carga de exposición.

V = Variable que representa la carga de exposición.

El valor «probit» permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o muerte a causa de una carga de exposición determinada, según se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 7 Equivalencia entre valores "Probit" y porcentaje de población afectada.

Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%
0	0	3,72	10	4,16	20	4,48	30	4,75	40	5,00	50	5,25	60	5,52	70	5,84	80	6,28	90	7,33	99,0
2,67	1	3,77	11	4,19	21	4,50	31	4,77	41	5,03	51	5,28	61	5,55	71	5,88	81	6,34	91	7,37	99,1
2,95	2	3,82	12	4,23	22	4,53	32	4,80	42	5,05	52	5,31	62	5,58	72	5,92	82	6,41	92	7,41	99,2
3,12	3	3,87	13	4,26	23	4,56	33	4,82	43	5,08	53	5,33	63	5,61	73	5,95	83	6,48	93	7,46	99,3
3,25	4	3,92	14	4,29	24	4,59	34	4,85	44	5,10	54	5,36	64	5,64	74	5,99	84	6,55	94	7,51	99,4
3,36	5	3,96	15	4,33	25	4,61	35	4,87	45	5,13	55	5,39	65	5,67	75	6,04	85	6,64	95	7,58	99,5
3,45	6	4,01	16	4,36	26	4,64	36	4,90	46	5,15	56	5,41	66	5,71	76	6,08	86	6,75	96	7,65	99,6
3,52	7	4,05	17	4,39	27	4,67	37	4,92	47	5,18	57	5,44	67	5,74	77	6,13	87	6,88	97	7,75	99,7
3,59	8	4,08	18	4,42	28	4,69	38	4,95	48	5,20	58	5,47	68	5,77	78	6,18	88	7,05	98	7,88	99,8
3,66	9	4,12	19	4,45	29	4,72	39	4,97	49	5,23	59	5,50	69	5,81	79	6,23	89	7,33	99	8,09	99,9

Fuente: ((INSHT))NTP 291

Para determinar el porcentaje de personas afectadas por intoxicación ocasionada por inhalación de una sustancia tóxica se utiliza la función (2) sustituyendo el valor V por la expresión:

$$V = c^n t \quad (3)$$

Siendo:

c = Concentración (ppm = partes por millón).

t = Tiempo de exposición (minutos).

n = Exponente (sin dimensiones 0,6 - 3).

Con lo que sustituyendo la fórmula (3) en la (2) obtenemos la probabilidad de daños sobre las personas:

$$Pr = a + b \ln (c^n t)$$

Para el cloro los valores de a, b y n son: ((INSHT))

- a= - 8,29
- b= 0,92
- n= 2

Obtenido este valor, vamos a la tabla 8 y podemos determinar el % de personas afectadas.

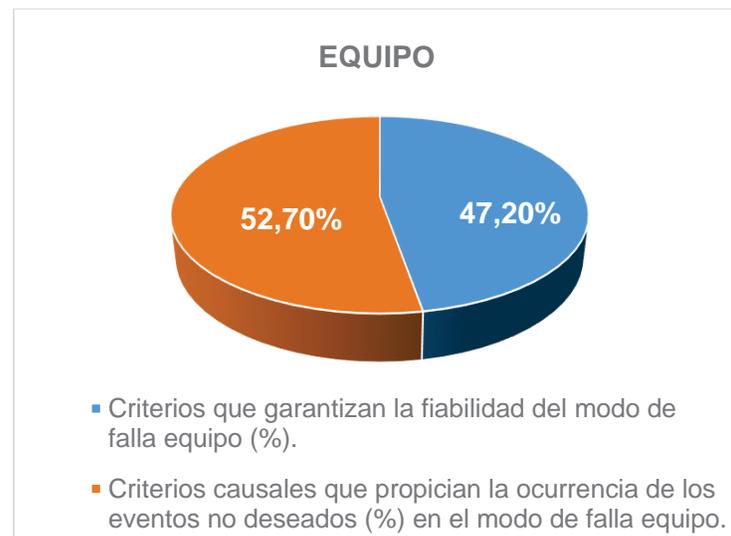
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

4.1 Resultados de la encuesta Causalidad/fiabilidad para cada uno de los modos de fallas.

Tabla 8 Modo de falla EQUIPOS (Hardware) "HR".

No.	Equipo (HR)	Aceptación		Observación
		SI	NO	
		34	38	Cantidad de Respuestas
	Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla equipo (%).		47,2	Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla equipo.	52,7		

Figura 9 Modo de falla EQUIPO



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Equipo” las causas fundamentales que pueden propiciar un evento no deseado van a estar dadas por: falta de recursos para mantenimiento o para mejorar los equipos existentes; equipos fuera de su límite de vida útil; selección inadecuada para la intención de diseño o requerimientos y falta de información al personal clave sobre el estado real del equipamiento.

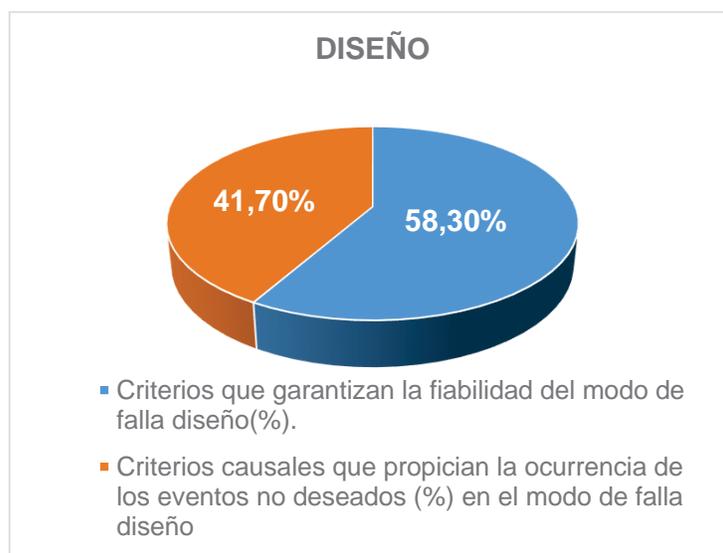
Esto puede conducir a:

Disfunción e invalidez total del equipamiento y las herramientas; roturas antes del término de vida útil del equipo; equipos defectuosos y/o mal funcionamiento de ellos, o sea, no cumplen con la intención de diseño requerida; improvisación de uso de equipos.

Tabla 9 Modo de falla DISEÑO (DE).

		Aceptación		Observación
		SI	NO	
No.	Diseño (DE)	28	20	Cantidad de Respuestas
Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla diseño (%).			41,7	Por ciento
Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla diseño.		58,3		

Figura 10 Modo de falla DISEÑO.



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Diseño”, el mayor % de los criterios favorecían la fiabilidad del sistema, no obstante, hay que mejorar la adecuación del equipamiento de acuerdo a las normas y estándares declarados.

Tabla 10 Modo de falla ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO “MM”.

No.	Administración de mantenimiento	Aceptación		Observación
		SI	NO	
		24	80	Cantidad de Respuestas
	Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla administración de mantenimiento (%).	23,07		Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla administración de mantenimiento		76,93	

Figura 11 Modo de falla ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO “MM”.



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Administración de mantenimiento” las causas fundamentales que pueden propiciar un evento no deseado van a estar dadas por: inadecuada programación, controles, coordinaciones y registros de mantenimiento de quipos y sistemas; poco tiempo para realizar los mantenimientos y escasez de personal especializado ; no disponibilidad de recursos financieros para dar mantenimiento; manuales y documentos inadecuados o faltantes; estrategia inadecuada de mantenimiento; no contar con la logística para reposición de partes, piezas y componentes de equipos claves.

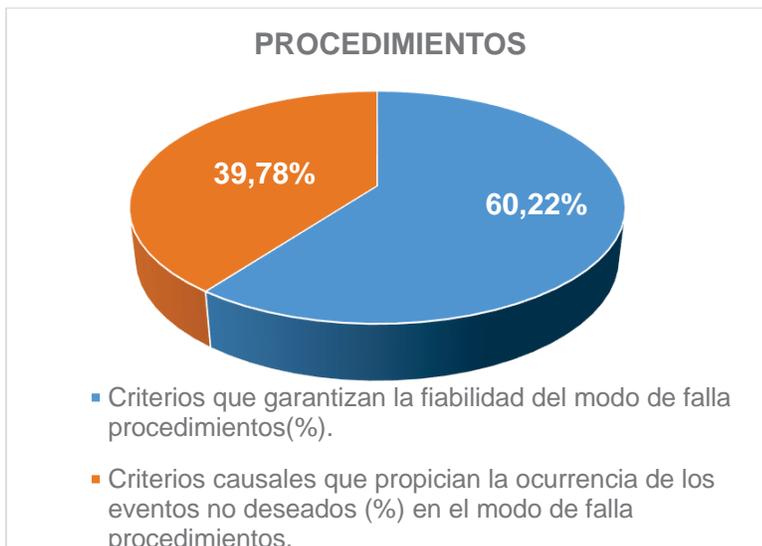
Esto puede conducir a:

Roturas antes de llegada al término de vida útil; programas de mantenimiento por debajo de los requeridos; rápidos niveles de corrosión no previstos; mantenimientos correctivos y otros no planificados; equipamiento no operable de acuerdo a su intención de diseño.

Tabla 11 Modo de falla PROCEDIMIENTOS (PR).

No.	Procedimientos	Aceptación		Observación
		SI	NO	
		53	35	Cantidad de Respuestas
	Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla procedimientos (%).	60,22		Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla procedimientos		39,78	

Figura 12 Modo de falla PROCEDIMIENTOS.

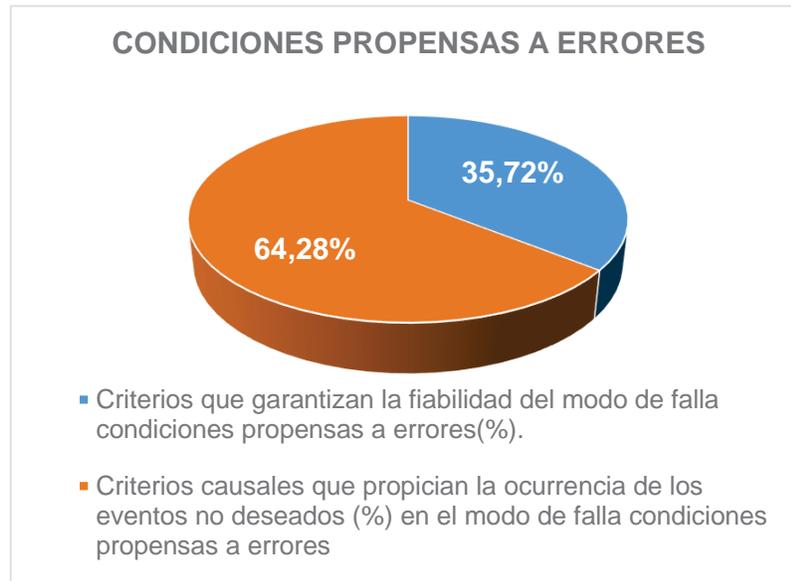


De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Procedimiento”, el mayor % de los criterios favorecían la fiabilidad del sistema, no obstante, hay que involucrar más al personal de seguridad y salud en la elaboración de los procedimientos y en su aplicación.

Tabla 12 Modo de falla CONDICIONES PROPENSAS A ERRORES (EC).

No.	Condiciones propensas a errores	Aceptación		Observación
		SI	NO	
		20	36	Cantidad de Respuestas
	Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla condiciones propensas a errores (%).	35,72		Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla condiciones propensas a errores		64,28	

Figura 13 Modo de falla CONDICIONES PROPENSAS A ERRORES (EC).



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Condiciones propensas a errores” las causas fundamentales que pueden propiciar un evento no deseado van a estar dadas por: no controlar o insuficiente seguimiento a limitaciones humanas, tales como, enfermedades crónicas o eventuales; influencia de factores externos tales como ruidos, temperatura; influencia de factores sociales tales como problemas domésticos, aburrimiento, obstinación; factores personales, tales como ambiciones, comportamiento “macho”, vacilaciones; situaciones laborales, tales como cambios tecnológicos, reestructuraciones.

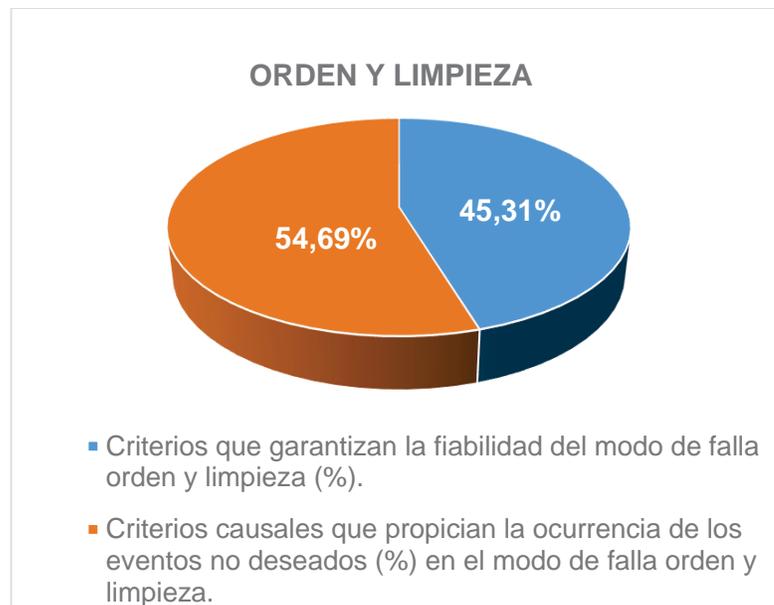
Esto puede conducir a:

Falta de atención, somnolencia, dormirse en el puesto de trabajo; percepción perturbada del ambiente laboral; irritación y pérdida de la motivación del trabajo; incapacidad de comportamiento al nivel de expectación requerido; sobre motivación, o sea, “... yo sí puedo...”

Tabla 13 Modo de falla ORDEN Y LIMPIEZA (HK).

No.	Orden y limpieza	Aceptación		Observación
		SI	NO	
		29	35	Cantidad de Respuestas
	Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla orden y limpieza (%).	45,31		Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla orden y limpieza		54,69	

Figura 14 Modo de falla ORDEN Y LIMPIEZA (HK).



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Orden y limpieza” las causas fundamentales que pueden propiciar un evento no deseado van a estar dadas por: planificaciones inadecuadas de orden y limpieza; suministro inadecuado de materiales y falta de personal; políticas inadecuadas y pérdida de la ejecución de la gestión requerida; no se garantizan las facilidades de deposición de residuos; pérdida de la definición de responsabilidades, pérdidas de sentido de propiedad y autoridades.

Esto puede conducir a:

Condiciones antihigiénicas; basuras y residuos no depuestos adecuadamente o en los recipientes y depósitos adecuados; equipamiento y herramientas ubicados y guardados en lugares inadecuados; áreas de trabajos y herramientas sucios.

Tabla 14 Modo de falla METAS EN CONFLICTO (IG) (Objetivos incompatibles).

No.	Metas en conflicto	Aceptación		Observación
		SI	NO	Cantidad de Respuestas
		17	15	
	Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla metas en conflicto (%).	53,12		Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla metas en conflicto		46,88	

Figura 15 Modo de falla METAS EN CONFLICTO (IG) (Objetivos incompatibles).



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Metas en conflicto”, el mayor % de los criterios favorecían la fiabilidad del sistema, no obstante, hay que tener mucho cuidado en no cometer el error en la producción de “... hacerlo a cualquier precio...”.

Tabla 15 Modo de falla COMUNICACIÓN (CO).

No.	Comunicación	Aceptación		Observación
		SI	NO	
		28	36	Cantidad de Respuestas
	Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla comunicación (%).	43,75		Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla comunicación		56,25	

Figura 16 Modo de falla COMUNICACIÓN.



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Comunicación” las causas fundamentales que pueden propiciar un evento no deseado van a estar dadas por: no hay una adecuada estructura de comunicación y retroalimentación; formatos de comunicación no estandarizados; estructura de comunicación no usada o subutilizada;

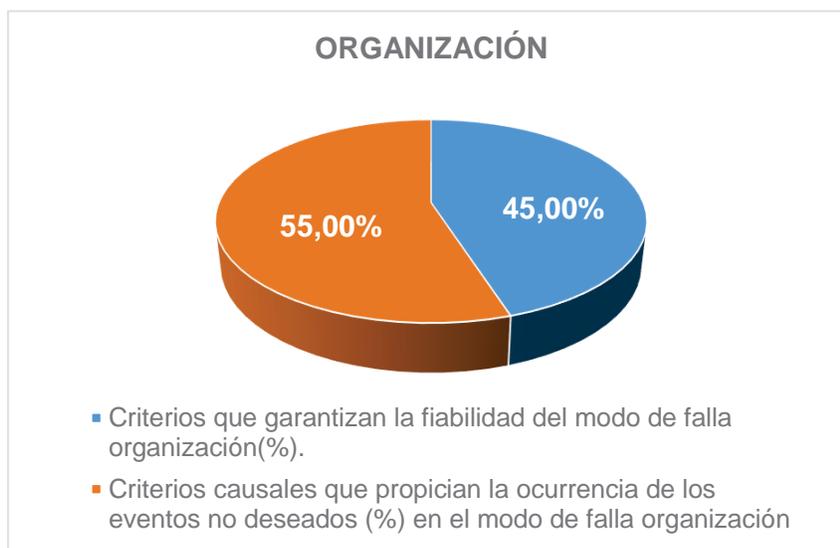
Esto puede conducir a:

Interpretación incorrecta o subvaloración de la información; hacer lo equivocado en el momento equivocado y en el lugar equivocado; pérdida de información, personal no informado; personal que no sabe a quién informar; personal que no sabe dónde se localiza la información.

Tabla 16 Modo de falla ORGANIZACIÓN (OR).

No.	Organización	Aceptación		Observación
		SI	NO	
		36	44	Cantidad de Respuestas
	Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla organización (%).	45,0		Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla organización		55,0	

Figura 17 Modo de falla ORGANIZACIÓN (OR).



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Organización” las causas fundamentales que pueden propiciar un evento no deseado van a estar dadas por: las actividades no se encuentran debidamente planificadas; evaluaciones pobres de riesgos, o pobres identificaciones de amenazas; excesiva burocracia; negligencias, pérdidas de la gestión de dirección, (se entenderá por negligencia la omisión de la diligencia exigible en la naturaleza de la actividad que se realiza).

Esto puede conducir a:

Baja responsabilidad a cambios, jerarquizaciones múltiples; persona equivocada o nadie para tomar responsabilidades; decisiones demoradas o no tomadas; control pobre de la gestión de eventos; reglas y procedimientos no vigentes.

Tabla 17 Modo de falla ENTRENAMIENTO (TR).

No.	Entrenamiento	Aceptación		Observación
		SI	NO	
		29	59	Cantidad de Respuestas
	Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla entrenamiento (%).	32,95		Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla entrenamiento		67,05	

Figura 18 Modo de falla ENTRENAMIENTO (TR).



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Entrenamiento” las causas fundamentales que pueden propiciar un evento no deseado van a estar dadas por: insuficiente planificación de entrenamientos (no se hacen análisis de necesidades de entrenamientos y no se priorizan); no se evalúan la efectividad de los entrenamientos; no se hace una adecuada selección del personal a entrenar y del entrenador.

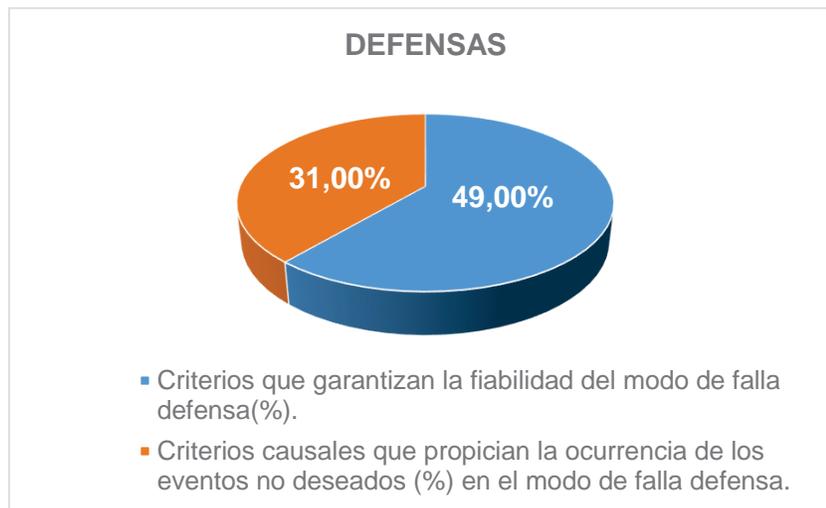
Esto puede conducir a:

Trabajadores con poca experiencia y entrenamiento para realizar la tarea; pocos trabajadores que conozcan el uso de los equipos para enfrentar una emergencia; errores al colocarse los medios de protección que pueden derivar en consecuencias fatales.

Tabla 18 Modo de falla DEFENSAS (DF).

No.	Defensa	Aceptación		Observación
		SI	NO	
		49	31	Cantidad de Respuestas
	Criterios que garantizan la fiabilidad del modo de falla defensas (%).	61,25		Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el modo de falla defensas		38,75	

Figura 19 Modo de falla DEFENSAS (DF).



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta del modo de falla “Defensa”, el mayor % de los criterios favorecían la fiabilidad del sistema, no obstante, hay que:

En el 1er nivel de defensa mantener en completa disposición y operativos los sistemas de detección y alarmas.

En el 2do nivel de defensa mantener el plan de emergencias y evacuación actualizado y que todos los trabajadores lo conozcan y sepan aplicarlo.

En el 3er nivel de defensa que el sistema de parada segura o bloqueo funcione automáticamente desde la sala de control.

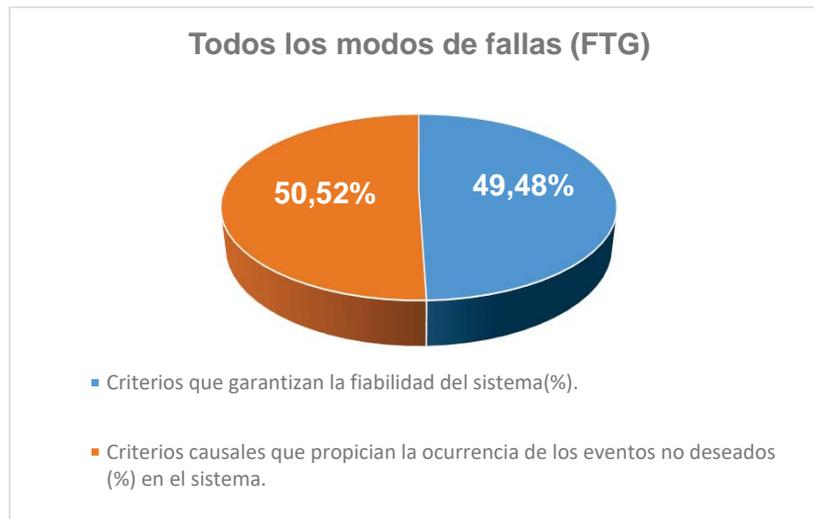
En el 4to nivel de defensa que los EPP y el Kit tipo “B” siempre estén disponibles, en buen estado de limpieza y mantenimiento, así como las mangas-veletas no estén dañadas y sean visibles desde cualquier punto de la entidad.

4.2 Resultados de la encuesta Causalidad/fiabilidad para todos los modos de fallas del sistema (FTG).

Tabla 19 Todos los modos de fallas (FTG).

No.	Todos los modos de fallas (FTG)	Aceptación		Observación
		SI	NO	
		3911	3993	Cantidad de Respuestas
	Criterios que garantizan la fiabilidad del sistema (%).	49,48		Por ciento
	Criterios causales que propician la ocurrencia de los eventos no deseados (%) en el sistema		50,52	

Figura 20 Todos los modos de fallas (FTG).



De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta Causalidad/fiabilidad el mayor % de los criterios corresponden a la posibilidad de que ocurran eventos no deseados por lo que podemos afirmar que el sistema de forma general no es fiable.

4.3 Resultados del Software ALOHA para determinar las zonas de alerta y de intervención.

4.3.1 Datos de entrada:

- Locación: Quito, Planta Bellavista, Ecuador.
- Parámetros del entorno: Con árboles, arbustos y algunas edificaciones.
- Fecha en que se realiza el cálculo: mayo 6, 2018, 8:46 h.
- Sustancia simulada: Cloro.
- Datos atmosféricos:
 - Velocidad del viento: 3,9 m/s.
 - Viento predominante del NE.
 - Rugosidad del suelo: urbano-forestal.
 - Temperatura promedio del aire a la sombra: 24,5 °C.
 - Humedad relativa: 62%.
- Características del contenedor y la fuga:
 - Posición del contenedor de forma horizontal.

- Diámetro: 0,762 m.
- Largo: 2,096 m.
- Contiene cloro líquido.
- Temperatura interior: - 33, 97 ° C.
- Peso neto: 907 kg.
- Por ciento de llenado: 67,4 %.
- Fuga por la válvula en forma circular con diámetro: 1,27 cm.
- A una altura del piso de: 60 cm.

Una vez ejecutado el programa se obtienen los resultados siguientes:

Tabla 20 Texto resumen de la simulación para los AEGLs del cloro.

```

ALOHA 5.4.7 - [Text Summary]
File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help
SITE DATA:
Location: QUITO, PLANTA BELLAVISTA, ECUADOR
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (sheltered single storied)
Time: May 16, 2018 0846 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: CHLORINE
CAS Number: 7782-50-5 Molecular Weight: 70.91 g/mol
AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm AEGL-2 (60 min): 2 ppm AEGL-3 (60 min): 20 ppm
IDLH: 10 ppm
Ambient Boiling Point: -40.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 3.9 meters/second from NE at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 24.5° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 62%

SOURCE STRENGTH:
Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank
Non-flammable chemical is escaping from tank
Tank Diameter: 0.762 meters Tank Length: 2.096 meters
Tank Volume: 0.96 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: -33.97° C
Chemical Mass in Tank: 907 kilograms
Tank is 61% full
Circular Opening Diameter: 1.27 centimeters
Opening is 60 centimeters from tank bottom
Release Duration: 15 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 1.69 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 18.1 kilograms
Note: The chemical escaped from the tank as a gas.

THREAT ZONE:

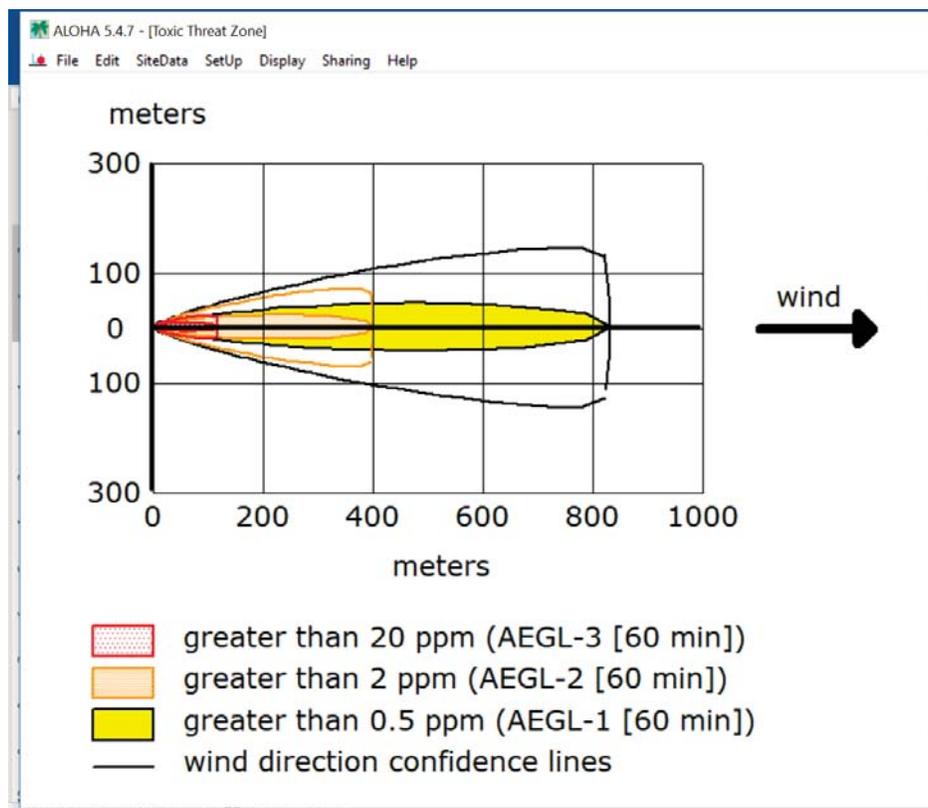
Model Run: Heavy Gas
Red : 119 meters --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
Orange: 402 meters --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
Yellow: 835 meters --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])

```

Zonas de amenazas:

Color	Distancia, (m)	Concentración, (ppm)	Nivel	Tiempo, (min)
Rojo	119	20	AEGL 3	60
Naranja	402	2	AEGL 2	60
Amarillo	835	0,5	AEGL 1	60

Figura 21 Pluma de las zonas de riesgo.

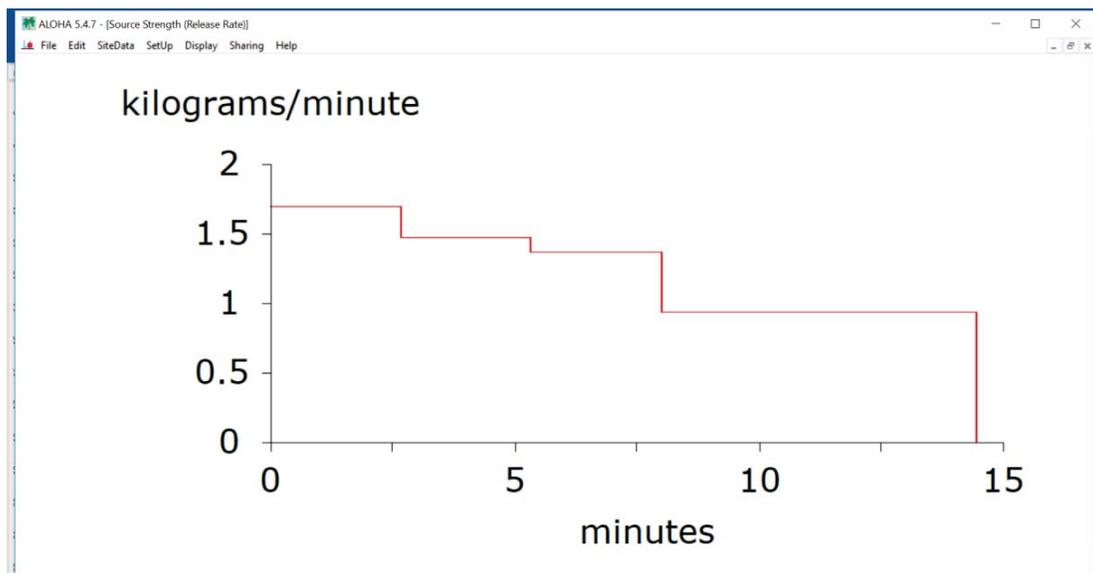


Lo que nos muestran estas figuras es que:

- A la distancia de 119 m (zona roja) desde el punto donde hubo la fuga, la nube alcanza un AEGL 3 (20 ppm) lo que significa que las personas que se encuentren expuestas en esta zona podrían experimentar efectos amenazantes para la vida o incluso provocar la muerte. Estamos en la **zona de intervención**.

- A la distancia hasta 402 m (zona naranja) desde el punto donde hubo la fuga, la nube alcanza un AEGL 2 (2 ppm) lo que significa que las personas que se encuentren expuestas en esta zona podrían experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Estamos en la **zona de intervención**.
- Esto nos permite asegurar que la **zona de intervención** comprende la zona roja y la zona naranja (desde el lugar de comienzo de la fuga hasta 402 m).
- A la distancia entre 402 m y 835 m (zona amarilla) desde el punto donde hubo la fuga, la nube alcanza un AEGL 1 (0,5 ppm) lo que significa que las personas que se encuentren expuestas en esta zona podrían experimentar molestias notables, irritación o ciertos efectos asintomáticos. Estos efectos serían transitorios, no incapacitantes y reversibles una vez que cese el periodo de exposición.
- Por lo que podemos afirmar que la **zona de alerta** comprende la zona amarilla (entre 402 m y 835 m).

Figura 22 Velocidad de descarga de la sustancia



Esto significa que en los primeros 15 min se produce la descarga total de la sustancia desde el contenedor.

4.3.2 Resumen del texto y Gráfico de la concentración del gas en el punto de encuentro previsto en el Plan de emergencia.

El punto de encuentro previsto en el Plan de emergencia está ubicado en un lugar llamado la playa, a una distancia aproximada de 200 m del lugar donde se produce la fuga.

Tabla 21 Resumen del texto en el punto de encuentro (200 m).

```

ALOHA 5.4.7 - [Text Summary]
File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help
SITE DATA:
Location: QUITO, PLANTA BELLAVISTA, ECUADOR
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (sheltered single storied)
Time: May 16, 2018 08:46 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: CHLORINE
CAS Number: 7782-50-5 Molecular Weight: 70.91 g/mol
AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm AEGL-2 (60 min): 2 ppm AEGL-3 (60 min): 20 ppm
IDLH: 10 ppm
Ambient Boiling Point: -40.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 3.9 meters/second from NE at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 24.5° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 62%

SOURCE STRENGTH:
Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank
Non-flammable chemical is escaping from tank
Tank Diameter: 0.762 meters Tank Length: 2.096 meters
Tank Volume: 0.96 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: -33.97° C
Chemical Mass in Tank: 907 kilograms
Tank is 61% full
Circular Opening Diameter: 1.27 centimeters
Opening is 60 centimeters from tank bottom
Release Duration: 15 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 1.69 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 18.1 kilograms
Note: The chemical escaped from the tank as a gas.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 119 meters --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
Orange: 402 meters --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
Yellow: 835 meters --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])

THREAT AT POINT:
Concentration Estimates at the point:
Downwind: 200 meters Off Centerline: 0 meters
Max Concentration:
Outdoor: 7.5 ppm
Indoor: 0.743 ppm

```

Figura 23 Pluma de la zona de riesgo a 200 m (punto de encuentro).

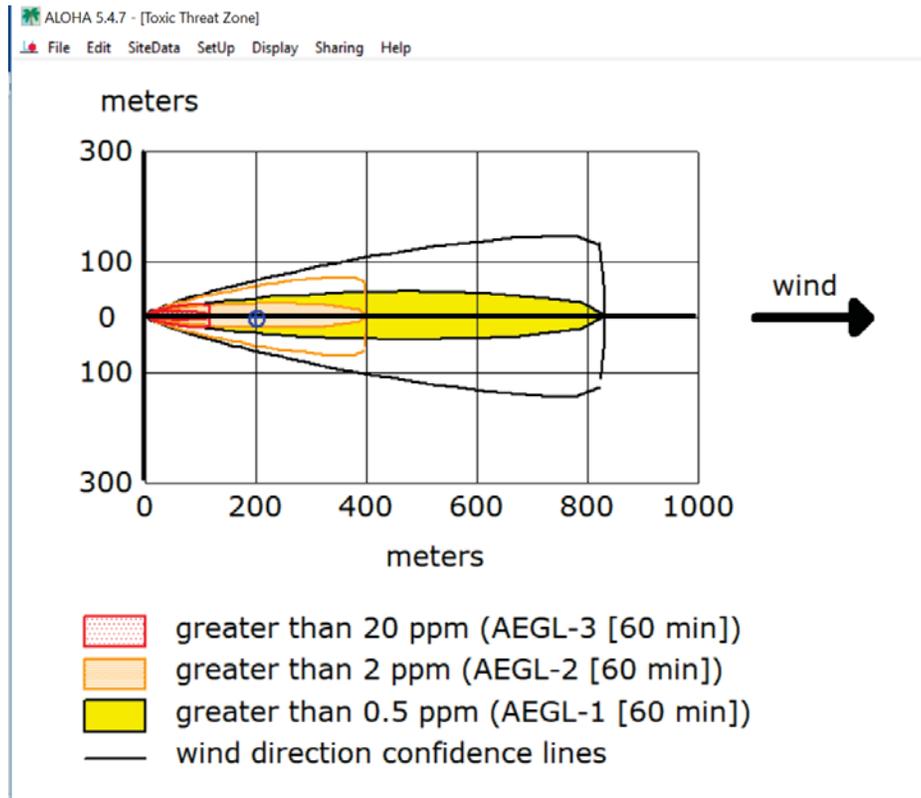
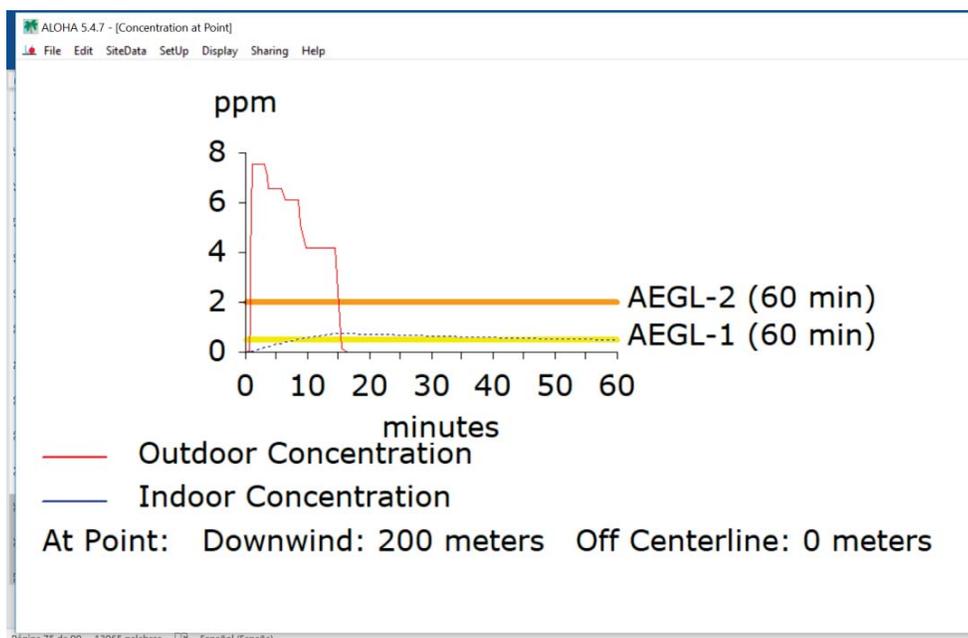


Figura 24 Gráfico de la concentración a 200 m, lugar del punto de encuentro.



La tabla 21 y las figuras 23 y 24 nos muestran que en el punto de encuentro (200 m) estaríamos bajo los efectos del AEGL 2 (línea naranja) con una concentración de 7,5 ppm, lo que significa que las personas (aproximadamente 70) que se encuentren expuestas en esta zona podrían experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Todavía estaríamos en **la zona de intervención**.

4.3.3 Resumen del texto y Gráficos de la concentración del gas en otros puntos (280 m, y 410 m):

Teniendo en consideración que aproximadamente a 280 m del lugar de la fuga comienzan las instalaciones del parque metropolitano y donde en el horario pico y cualquier día entre semana pueden haber alrededor de 400 visitantes, vamos a simular a una distancia de:

- 280 m con 400 personas.
- 410 m con “ n” personas.

Tabla 22 Resumen del texto a 280 m.

```

ALOHA 5.4.7 - [Text Summary]
File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help
SITE DATA:
Location: QUITO, PLANTA BELLAVISTA, ECUADOR
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (sheltered single storied)
Time: May 16, 2018 08:46 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: CHLORINE
CAS Number: 7782-50-5 Molecular Weight: 70.91 g/mol
AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm AEGL-2 (60 min): 2 ppm AEGL-3 (60 min): 20 ppm
IDLH: 10 ppm
Ambient Boiling Point: -40.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 3.9 meters/second from NE at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 24.5° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 62%

SOURCE STRENGTH:
Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank
Non-flammable chemical is escaping from tank
Tank Diameter: 0.762 meters Tank Length: 2.096 meters
Tank Volume: 0.96 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: -33.97° C
Chemical Mass in Tank: 907 kilograms
Tank is 61% full
Circular Opening Diameter: 1.27 centimeters
Opening is 60 centimeters from tank bottom
Release Duration: 15 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 1.69 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 18.1 kilograms
Note: The chemical escaped from the tank as a gas.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 119 meters --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
Orange: 402 meters --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
Yellow: 835 meters --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])

THREAT AT POINT:
Concentration Estimates at the point:
Downwind: 280 meters Off Centerline: 0 meters
Max Concentration:
Outdoor: 3.96 ppm
Indoor: 0.393 ppm

```

Figura 25 Pluma a una distancia de 280 m

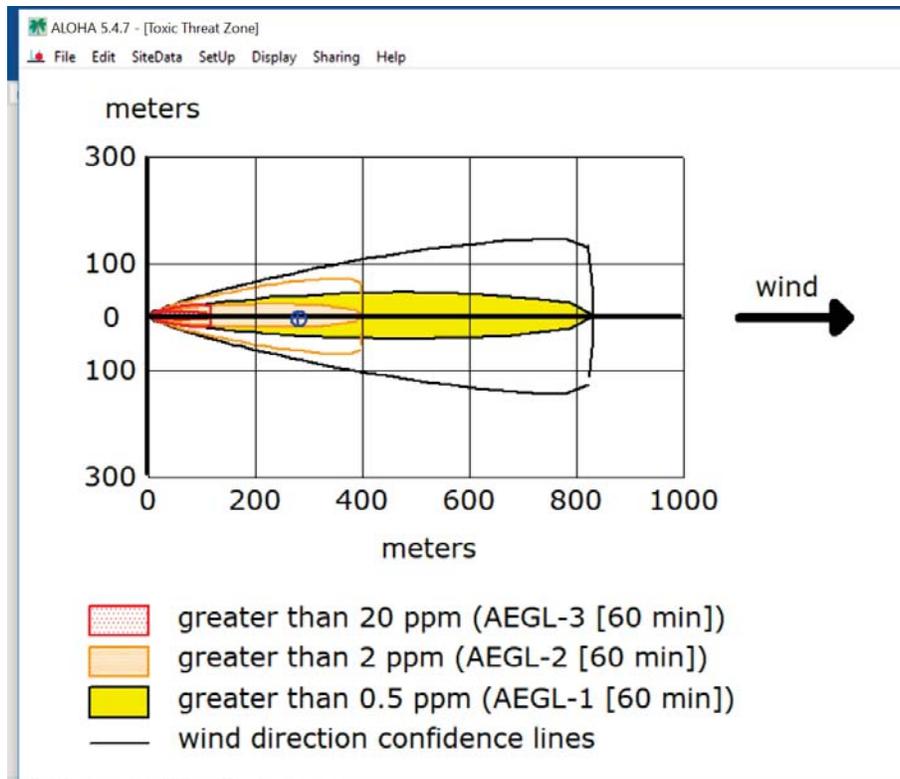
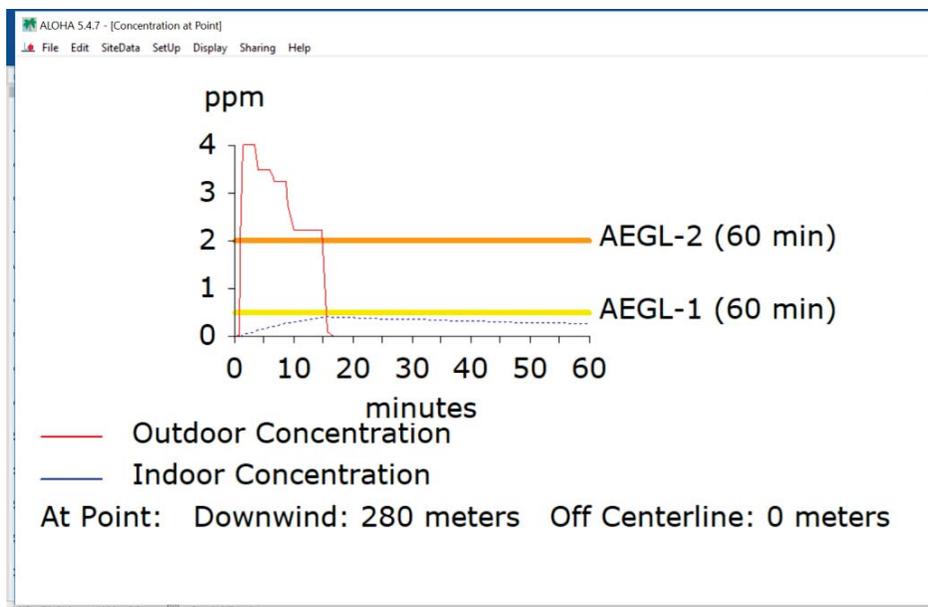


Figura 26 Concentración a 280 m de distancia.



La tabla 22, figuras 25 y 26 nos muestran que desde 280 m que comienzan las instalaciones del parque, los visitantes del parque metropolitano también estarían bajo los efectos del AEGL 2 (línea naranja, concentración 3,96 ppm), lo que significa que las personas (aproximadamente 400) que se encuentren expuestas en esta zona podrían experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Todavía estaríamos en **la zona de intervención**.

Tabla 23 Resumen del texto a 410 m.

```

ALOHA 5.4.7 - [Text Summary]
File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help
SITE DATA:
Location: QUITO, PLANTA BELLAVISTA, ECUADOR
Building Air Exchanges Per Hour: 0.61 (sheltered single storied)
Time: May 16, 2018 08:46 hours SI (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: CHLORINE
CAS Number: 7782-50-5 Molecular Weight: 70.91 g/mol
AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm AEGL-2 (60 min): 2 ppm AEGL-3 (60 min): 20 ppm
IDLH: 10 ppm
Ambient Boiling Point: -40.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 3.9 meters/second from NE at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 24.5° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 62%

SOURCE STRENGTH:
Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank
Non-flammable chemical is escaping from tank
Tank Diameter: 0.762 meters Tank Length: 2.096 meters
Tank Volume: 0.96 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: -33.97° C
Chemical Mass in Tank: 907 kilograms
Tank is 61% full
Circular Opening Diameter: 1.27 centimeters
Opening is 60 centimeters from tank bottom
Release Duration: 15 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 1.69 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 18.1 kilograms
Note: The chemical escaped from the tank as a gas.

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 119 meters --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
Orange: 402 meters --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
Yellow: 835 meters --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])

THREAT AT POINT:
Concentration Estimates at the point:
Downwind: 415 meters Off Centerline: 0 meters
Max Concentration:
Outdoor: 1.88 ppm
Indoor: 0.187 ppm

```

Español (Ecuador)
 Teclado Latinoamericano
 Para cambiar entre métodos de entrada, presione
 la tecla Windows + Esc

Página 20 de 93 14/06/2018 10:18 Fuente (Fuente)

Figura 27 Pluma a 415 m

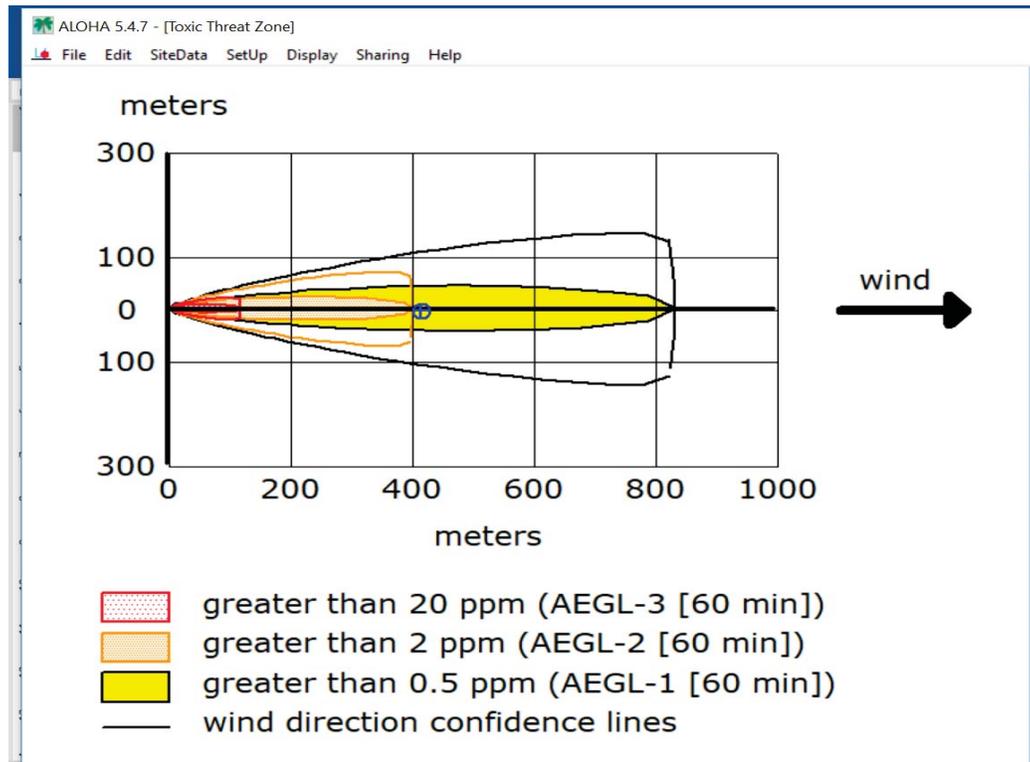
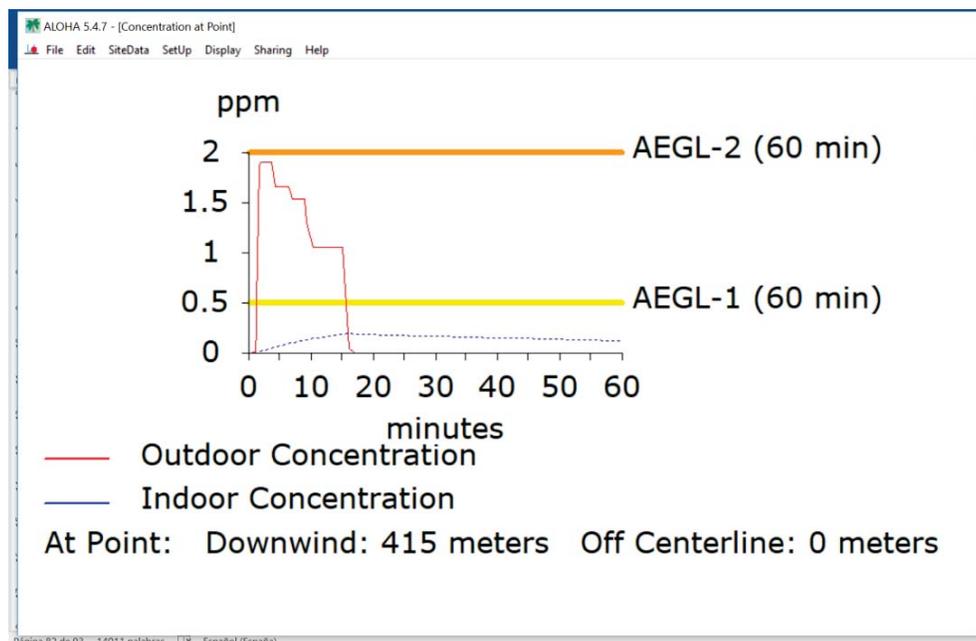


Figura 28 Concentración a 415 m de distancia



La tabla 23, figuras 27 y 28 nos muestran que, a partir de 415 m de la fuga, los visitantes del parque metropolitano estarían bajo los efectos del AEGL 1 (por debajo de la línea naranja, concentración 1,88 ppm, menor a 2 ppm), lo que significa que las personas (n personas) que se encuentren expuestas en esta zona podrían experimentar molestias notables, irritación o ciertos efectos asintomáticos y los mismos serían transitorios, no incapacitantes y reversibles una vez que cese el periodo de exposición. Estaríamos en **la Zona de alerta** y comprendería desde 415 m hasta una distancia de 835 m.

4.4 Resultados de la utilización de la fórmula Probit para determinar el % de personas afectadas por inhalación de cloro.

Vamos a calcular el valor de Pr para dos situaciones:

4.4.1 A una distancia de 119 m (límite de la zona roja).

En esta zona pueden haber alrededor de (46) personas ya que el Laboratorio Central con (24) personas está ubicado fuera de este radio.

En este punto la concentración es de 20 ppm y se calculará para un tiempo de exposición de 60 min.

$$\text{Pr} = a + b \ln (c^n t)$$

$$\text{Pr} = - 8,29 + 0,92 \ln (20^2 \times 60)$$

$$\text{Pr} = 0,99$$

Por la tabla 8 buscamos el valor de Pr= 0,99 y nos dice que el % de fatalidades es de (1,0) %; lo que significa que del total de personas expuestas (46), (1) puede fallecer.

4.4.2 A 200 m del lugar de la fuga (punto de encuentro) donde pueden estar involucrados aproximadamente (70) personas.

En este punto la concentración es de 7,5 ppm y se calculará para un tiempo de exposición de 60 min.

$$\text{Pr} = a + b \ln (c^n t)$$

$$Pr = - 8,29 + 0,92 \ln (7,5^2 \times 60)$$

$$Pr = - 0,81$$

Al dar un número negativo significa que no hay probabilidades de que ocurran fatalidades con esa concentración a esa distancia, lo cual no quiere decir que las personas expuestas no sientan efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar, ya que se encuentran en el rango de AEGL-2. (zona naranja).

4.5 Gráficas de las zonas de intervención y alerta en forma radial.

Figura 29. Zonas de afectación



ZONAS DE AFECTACIÓN:

Model Run: Heavy Gas	
	Red: 119 meters --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
	Orange: 402 meters --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
	Yellow: 835 meters --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])

Figura 30. Zona roja donde se alcanza el valor de AEGL- 3 (20 ppm). Intervención.



Figura 31. Zona naranja donde se alcanza el valor de AEGL-2 (2 ppm). Intervención

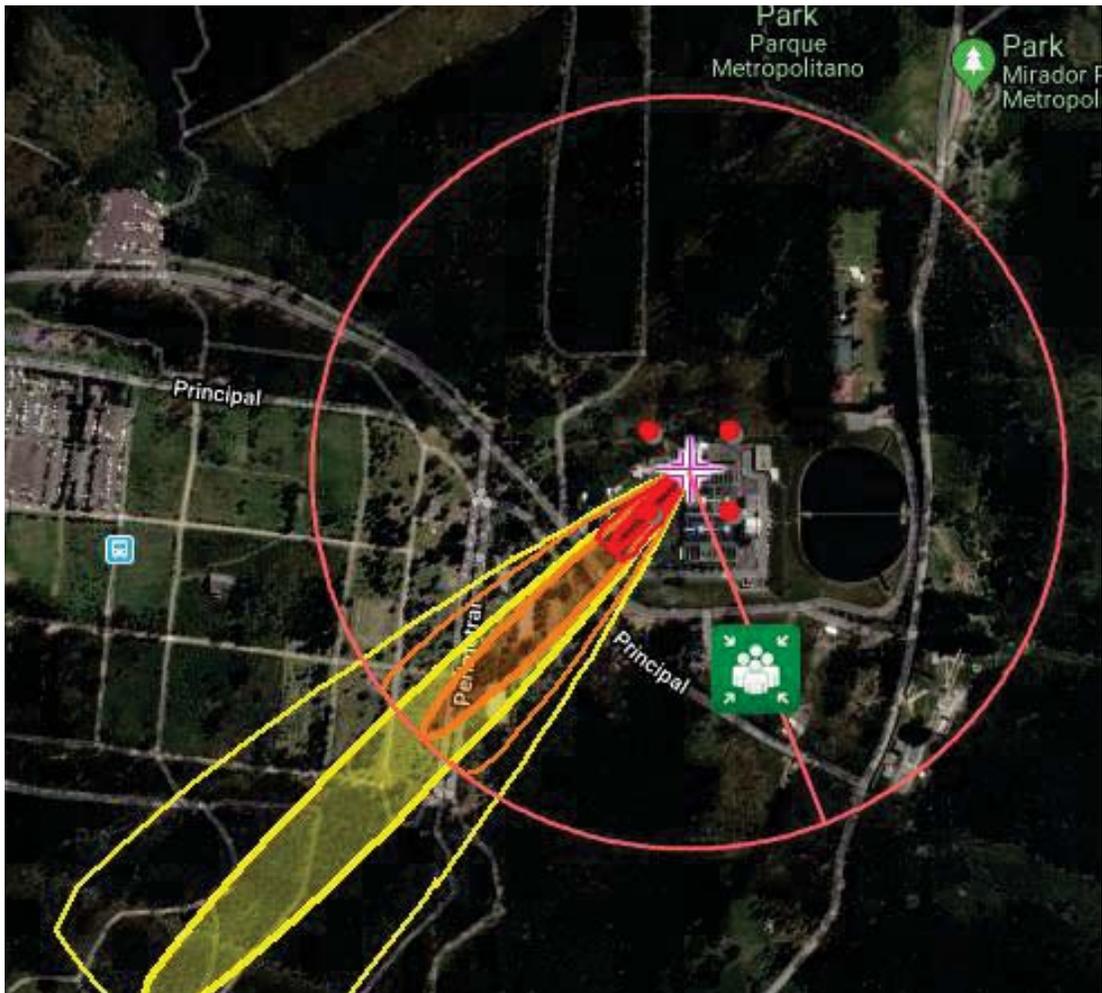


Figura 32. Zona amarilla donde se alcanza el valor de AEGL- 1 (menor a 2 ppm). Alerta.



5. CONCLUSIONES.

1. Por los resultados obtenidos en la encuesta Causalidad/fiabilidad el mayor % de los criterios corresponden a la posibilidad de que ocurran eventos no deseados (50,51 %) por lo que podemos afirmar que el sistema de forma general tiene condiciones y modos de fallas que no le dan fiabilidad al sistema.
2. Los modos de fallas que más inciden en estos resultados negativos son:
 - Equipos (52,7 %).
 - Administración de mantenimiento (76,93 %).
 - Condiciones propensas a errores (64,28 %).
 - Orden y limpieza (54,69 %).
 - Comunicación (56,25 %).
 - Organización (55,0 %).
 - Entrenamiento (67,05 %)
3. Siendo los modos de fallas más críticos los de Administración de mantenimiento con un (76,93 %) y entrenamiento con un (67,05%).
4. Mediante la aplicación del software ALOHA se ha establecido **la zona de intervención** ante un escape de gas cloro la cual se ha calculado abarca un radio de acción desde la fuente de escape hasta 402 m.
5. Mediante la aplicación del software ALOHA se ha establecido **la zona de alerta** ante un escape de gas cloro la cual se ha calculado abarca un radio de acción a partir de 402 m hasta 835 m.
6. A una distancia de 119 m desde la fuente de escape se alcanza una concentración de 20 ppm (AEGL-3) lo que significa que las personas que se encuentren en ese radio de acción podrían experimentar efectos amenazantes para la vida o incluso provocar la muerte. Gran parte de la planta de tratamiento de agua estaría involucrada en esta zona.
7. A una distancia entre 119 m desde la fuente de escape hasta 402 m se alcanza una concentración de 2 ppm (AEGL-2) lo que significa que las personas que se encuentren en ese radio de acción podrían experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para

escapar. Una gran parte de la planta potabilizadora y gran parte de las áreas del parque metropolitano estarían bajo los efectos de esta concentración.

8. Según el Plan de emergencia de la Planta de tratamiento, actualmente el punto de encuentro está a 200 m de la fuente de escape y pueden acudir alrededor de 70 personas; en esta área se alcanza una concentración de 7,5 ppm (muy por encima del AEGL-2 2 ppm) lo que significa que las personas que se encuentren expuestas en esta zona podrían experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar; por lo que consideramos que el punto de encuentro está incorrectamente ubicado.
9. En las figuras 29, 30 y 31 se puede apreciar la zona de intervención y la zona de alerta de forma radial, lo cual indica que debemos tomar las acciones de intervención en todo el perímetro ya que las condiciones meteorológicas y la dirección del viento pueden cambiar.

7. RECOMENDACIONES.

1. Establecer un Plan de acciones correctivas y mejoras inmediatas para eliminar o minimizar aquellos modos de fallas que propician la ocurrencia de eventos no deseados.
2. Los sistemas de detección y alarma deben permanecer siempre operativos.
3. Que el sistema de parada segura o bloqueo del proceso de dosificación funcione automáticamente desde la sala de control.
4. Los equipos de protección personal (EPP) y el Kit de emergencia tipo "B" para enfrentar una emergencia deberán estar siempre aptos para su uso, con el adecuado mantenimiento y limpieza, así como en un lugar de fácil acceso.
5. Realizar una adecuada planificación y ejecución de entrenamientos con todos los trabajadores de la Planta, así como una adecuada evaluación de la efectividad de los mismos.
6. Actualizar el Plan de emergencia con los resultados aquí obtenidos en cuanto a las distancias de intervención y alerta.
7. Reubicar el punto de encuentro previsto en el Plan de emergencia y colocar una manga veleta en dicho sitio.
8. Establecer un protocolo de aviso y cooperación por las autoridades competentes con la administración del Parque Metropolitano ante un posible accidente mayor por escape de cloro.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- (INSAG), I. N. (1999). INSAG-3 Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants. Vienna, Austria.
- (INSHT), I. N. (s.f.). NTP-291. *Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: Método Probit*. España.
- 6, N. d. (20 de Marzo de 2018). *Noticias*. Recuperado el 18 de Mayo de 2018, de <http://www.noticiasd6.com/un-muerto-y-800-evacuados-por-escape-de-cloro-en-el-sur-de-paraguay/>
- AENOR. (23 de 12 de 2015). UNE-EN 62740:2015. *Análisis causa raíz (RCA)*. España.
- APA, N. (24 de Mayo de 2018). *Fórmula para calcular la muestra de una población*. Obtenido de <http://normasapa.net/formula-muestra-poblacion/>
- Civil, M. d. (19 de Septiembre de 2003). Cuadernos de Legislación de Protección Civil. *Cuaderno VII (nuevo). Directriz Básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas*. España: Dirección General de Protección Civil.
- Codificación, C. N. (28 de marzo de 2016). Código de Trabajo. *Registro Oficial suplemento 167, ultima modificación*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Correo, P. E. (14 de Mayo de 2018). *El Correo*. Recuperado el 18 de Mayo de 2018, de <http://www.elcorreo.com/alava/araba/personas-atendidas-desalojadas-20180511141604-nt.html>
- Ecuador, C. d. (21 de diciembre de 2015). Constitución de la República del ecuador. Última revisión. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008.
- Ecuador, P. d. (21 de febrero de 2003). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. *Decreto Ejecutivo 2393. Registro Oficial 565. Última modificación*. Quito, Pichincha, Ecuador.

- Enrique González Farradás, F. J. (2003). Zonas de Planificación para accidentes graves de tipo tóxico (en el ámbito del Real Decreto 1254/99 (Seveso II)). *Zonas de Planificación para accidentes graves de tipo tóxico (en el ámbito del Real Decreto 1254/99 (Seveso II))*. Murcia, España, España: Dirección General de Protección Civil. Ministerio del Interior. Servicio de publicaciones. Universidad de Murcia.
- EPMAPS. (2016). *PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "BELLAVISTA"*. Quito.
- Exteriores, C. A. (15 de noviembre de 2004). Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. *Decisión del acuerdo de Cartagena 584. Registro Oficial Suplemento 461*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- General, M. d. (2 de Abril de 2009). Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendio. *Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendio*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Gephart, L., & Moses, S. (1989). *An Approach to Evaluate the Acute Imports from Simulated Accidental Releases of Chlorine and Ammonia*. Plant/Operation Progress.
- Hidrología, I. N. (2015). Anuario Meteorológico 2015. *Anuario Meteorológico 2015*. Quito, Ecuador.
- Interior, M. d. (19 de septiembre de 2003). 3. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2003/1196_03/PDFs/realdecreto11962003de19desepiembreporelqueseapruebal.pdf. Obtenido de Real decreto REAL DECRETO 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de: España
- Metropolitano, A. P. (28 de Abril de 2018). Cantidad de personas y horarios de mayor afluencia de público. (J. L. Barreto, Entrevistador)
- NFPA. (2013). NFPA 472 Hazardous Materials. Edición 2013 . *NFPA 472 Hazardous Materials. Edición 2013*. Minesota, US.

- Nueva, P. L. (6 de Abril de 2018). *La Nueva*. Recuperado el 18 de Mayo de 2018, de <http://www.lanueva.com/nota/2018-4-6-0-20-0-varias-nenas-tuvieron-que-ser-hospitalizadas-tras-un-escape-de-cloro-en-una-pileta>
- Planta, J. d. (27 de Abril de 2018). Planta Bellavista. (J. L. Alfonso, Entrevistador)
- Quito, C. G. (15 de Junio de 2009). Formato para la elaboración del Plan de Emergencia. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Roberto Hernández Sampierl, C. F. (1991). *Metodología de la investigación*. Mexico : McGRAW-HILL .
- S.A., Q. E. (8 de Enero de 2016). MSDS No. 31. *Hoja de Seguridad de Materiales Cloro Gas*. Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Social, C. D. (4 de marzo de 2016). Reglamento del Sguero General de Riesgos del Trabajo. *Resolución No.C.D.513*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Social, M. d. (3 de Abril de 1979). Ley de Defensa Contra Incendios. *Ley de Defensa Contra Incendios*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- ten Berge, W., Zwart, A., & Appelman, L. (1986). *Concentration time mortality response relationship of irritant and systemically acting vapours and gases*. Journal of Hazardous Materials.
- The Chlorine Institute, I. (2004). *Manual del Cloro*. Whahington, DC: CLOROSUR.
- The Chlorine Institute, I. (2008). Folleto 155. Agua y aguas residuales Manual de cloro para operadores. En I. The Chlorine Institute, *Folleto 155. Agua y aguas residuales Manual de cloro para operadores*. EE.UU.: Clorosur.
- The Chlorine Institute, I. (2014). Folleto 1. Cloro Básico. En I. The Chlorine Institute, *Folleto 1. Cloro Básico*. EE.UU.: CLOROSUR.
- Unidos, E. A. (23 de Abril de 2018). Obtenido de SOFTWARE ALOHA, Versión 5.4.7: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>
- Universo, E. (22 de Enero de 2011). *El Universo*. Recuperado el 18 de Mayo de 2018, de <https://www.eluniverso.com/2011/01/22/1/1447/fuga-cloro-gas-planta-agua-dejo-20-intoxicados.html>

9. GLOSARIO.

- Accidente: Acontecimiento no deseado que da lugar a muerte, enfermedad, lesiones, averías u otras pérdidas.
- Accidente Mayor: Desencadenamiento de un evento, en este caso, producido por la ocurrencia de escapes de sustancias tóxicas que deriva consecuencias fatales a personas, daños irreversibles al medio ambiente o impacto a terceros.
- Accidente Mayor Categoría 3: Accidentes en los que, de acuerdo con el análisis de seguridad y en su caso el análisis cuantitativo del riesgo, se prevea que tengan como consecuencias posibles víctimas, daños materiales graves o alteraciones importantes en el medio ambiente en zonas extensas en el exterior de las instalaciones.
- Accidente del Trabajo: Hecho repentino relacionado causalmente con la actividad laboral que produce lesiones al trabajador o su muerte.
- Acción Correctiva: Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable. Puede haber más de una causa para una no conformidad. La acción correctiva se toma para prevenir que algo vuelva a producirse, mientras que la acción preventiva se toma para prevenir que algo suceda. Existe diferencia entre corrección y acción correctiva.
- Acción Preventiva: Acción para eliminar la causa de una no conformidad potencial u otra situación potencialmente indeseable. Puede haber más de una causa para una no conformidad potencial. La acción preventiva se toma para prevenir que algo suceda mientras que la acción correctiva se toma para prevenir que vuelva a producirse.
- ACGIH: Conferencia Americana de Higiene Gubernamental e industrial.
- AEGL, Acute exposure guideline levels (umbrales límites de exposición aguda), son concentraciones de sustancias químicas en el aire establecidas por la Agencia de Protección del Medio Ambiente, por encima de las cuales las personas expuestas una sola vez, o con muy poca frecuencia, pueden tener efectos adversos sobre la salud.

- AEGL - 1 Es la concentración de una sustancia química en el aire (expresada en ppm o mg/m³) por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, podría experimentar molestias notables, irritación o ciertos efectos asintomáticos. Estos efectos son transitorios, no incapacitantes y reversibles una vez que cesa el periodo de exposición.
- AEGL - 2 Es la concentración de una sustancia química en el aire (expresada en ppm o mg/m³) por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, podría experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar.
- AEGL - 3 Es la concentración de una sustancia química en el aire (expresada en ppm o mg/m³) por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, podría experimentar efectos amenazantes para la vida o incluso provocar la muerte.
- ALOHA (Aerial Locations of Hazardous Atmospheres), Método de simulación analítico.
- Autoridad Competente: La organización, oficina o persona responsable de hacer cumplir los requisitos de un código o norma, o de la aprobación de equipos, materiales e instalación, o un procedimiento.
- CL50 Concentración Letal media: La concentración de un material administrado por vía inhalatoria a la cual se espera que cause la muerte del 50% de la población de animales de experimentación en un tiempo determinado. (La concentración se expresa tanto en ppm como en mg/m³).
- Densidad de vapor: Es el peso de un volumen de vapor o gas puro (sin aire presente) comparado con el peso de un volumen igual de aire seco a la misma temperatura y presión. Una densidad de vapor menor a 1 indica que el vapor es más ligero que el aire y que tenderá a elevarse. Una densidad de vapor mayor a 1 indica que el vapor es más pesado que el aire y tenderá a descender hacia el suelo.
- Derrame de Sustancia. Aporte instantáneo de sustancia al ambiente de trabajo generalmente producida por la pérdida de la contención de

reservorio o sistema que permite la presencia incontrolada de dicha sustancia.

- **Detector de Gases:** Dispositivo que detecta gases ya sean producidos por la combustión de un fuego o por contaminaciones por emanaciones peligrosas desde el orden de atmósferas explosivas hasta concentraciones nocivas para el hombre.
- **Estimación del Riesgo:** Proceso mediante el cual se determina la frecuencia o la probabilidad y las consecuencias que puedan derivarse de la materialización de un peligro.
- **Evaluación del Riesgo:** Proceso general que consiste en estimar la magnitud del riesgo y decidir si el riesgo es tolerable o no.
- **Escape o Fuga de Sustancia.** Aporte durante un determinado intervalo de tiempo de sustancia al ambiente de trabajo generalmente producida por la pérdida de la contención de reservorio o sistema que permite la presencia incontrolada de dicha sustancia.
- **Gestión de Riesgos:** Aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas de gestión para analizar, valorar y evaluar los riesgos. La gestión del riesgo incluye habitualmente la evaluación, el tratamiento y la comunicación del riesgo.
- **Humedad atmosférica.** Se define como humedad atmosférica al contenido del vapor de agua en el aire, existen en este anuario tres parámetros que reflejan este contenido de vapor de agua en el aire.
- **Humedad Relativa:** Es un parámetro que determina el grado de saturación de la atmósfera. Está definido por la relación existente entre la tensión de vapor actual y la tensión de vapor saturado a una determinada temperatura, multiplicada por cien. Su unidad de medida es el porcentaje, mientras más alto sea el porcentaje, mayor es el grado de saturación de la atmósfera.
- **Impacto:** Consecuencia o huella que implica el desencadenamiento de un evento sobre el entorno ambiental, económico o social.
- **Los ERPG, Emergency response planning guidelines** (valores de planeación para respuesta de emergencia), son estimaciones de rangos de

concentraciones entre los cuales uno puede razonablemente anticipar la observación de efectos adversos sobre la salud.

- NIOSH (National Institute for Occupational Health and Safety) es una institución dependiente de la Administración federal que entre otras actividades, desarrolla y revisa periódicamente recomendaciones para límites de exposición a sustancias o condiciones potencialmente peligrosas en el ámbito de trabajo. Los valores que establece el NIOSH se denominan "Recommended Exposure Limits" (REL) y no tienen valor legal.
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration) es el órgano de la Administración federal con competencia en el establecimiento de normas legales relativas a la prevención de riesgos y promoción de la salud en el ámbito laboral.
- Punto de encuentro: Es la zona determinada con anterioridad fuera del lugar donde se presume que pueda haber una emergencia adonde tienen que dirigirse las personas que se evacúan con el fin de permanecer hasta el final de la emergencia. Estos sitios generalmente tienen un campo abierto, en lo posible despejado, donde no representen un peligro para los evacuados y se puede considerar como área de refugio.
- ppm: Partes de una sustancia por millón de partes de aire. Es una medida de concentración por volumen en el aire.
- MSDS, Material Safety data Sheet, (Hoja de Datos de Seguridad del Material), contiene información importante sobre productos químicos y los correspondientes riesgos, efectos sobre la salud y medidas de seguridad.
- Probabilidad: Expresión de la posibilidad de ocurrencia de un suceso de una población objeto de estudio o de su muestra, o bien la posibilidad de éxito o fracaso de un suceso en un ensayo o demanda. Se expresa numéricamente entre el cero (0) que equivale a fracaso total y el uno (1) que equivale a éxito total.
- Riesgo: Combinación de la probabilidad de que ocurra un daño y la gravedad de las consecuencias de éste.
- Riesgo Grave e Inminente: Aquel que resulta probable y pueda racionalmente materializarse en un futuro inmediato y que suponga un daño grave para la salud.

- TLV, threshold limit value (valor límite umbral), es el límite de exposición laboral recomendado.
- TLV-TWA (THRESHOLD LIMIT VALUES WEIGHTED AVERAGE) Concentraciones promedio ponderadas por el tiempo para una jornada de trabajo normal de 8 horas por día y 40 horas por semana.
- TLV – STEL (SHORT TERM EXPOSURE LEVEL) Promedio ponderado por el tiempo de 15 minutos de exposición los cuales no se puede exceder en ningún momento de la jornada de trabajo de 8 horas.
- TLV – C (CEILING) Concentración que no debería ser sobrepasada en ningún instante.
- Zona de Alerta: Espacio donde las consecuencias de los accidentes provocan efectos que, aunque perceptibles por la población, no justifican la intervención, excepto para los grupos críticos, que son definidos por el responsable del grupo de emergencia para cada caso concreto.
- Zona de Intervención: Espacio donde las consecuencias de los accidentes producen un nivel de daños que justifica la aplicación inmediata de medidas de protección.
- Zona de Riesgo Máximo: Espacio donde las consecuencias de los accidentes producen un nivel de daños importante que justifica la aplicación inmediata de medidas de protección, considerándose incluso la adopción de medidas emergentes a niveles de jurisdicción externos a la propiedad.
- Zona de Seguridad: Espacio donde las consecuencias de los accidentes no provocan efectos a la población ni daños a la propiedad ni de terceros.

10. ANEXOS.

10.1 Anexo 1. Hoja de seguridad del gas cloro QUIMPAC ECUADOR SA.

COLORO GAS

HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES

1. IDENTIFICACION DEL MATERIAL Y DE LA COMPAÑIA

Nombre Comercial: Cloro Gas Licuado

Nombre Químico: Cloro Gas

Formula Química: Cl₂

Nombre de la Comercializadora: Quimpac Ecuador S.A.

Dirección de la Comercializadora: Km. 16.5 vía a Daule, Av. Rosavín y Cobre.

TELEFONOS DE EMERGENCIA

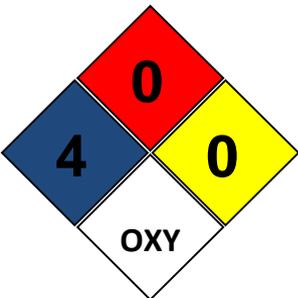
QUIMPAC ECUADOR S.A.:

(593-4) 2162660-2162220 Ext. 330
099-9482-937 / 099-9500-081

2. IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS

ELEMENTO DE PROTECCION PERSONAL	CLASIFICACION SGA DE SUSTANCIA / MEZCLA
     	    
<p>Atención Contiene gas a presión, puede explotar si se calienta.</p>	<p>Peligro Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares</p>
	<p>Peligro Muy tóxico para los organismos acuáticos</p> 
	<p>Peligro Mortal en caso de ingestión o penetrar en las vías respiratorias.</p> 
	<p>Peligro Mortal si se inhala y en caso de ingestión</p>
	<p>UN: 1017</p>

GRADO DE RIESGO (NFPA 704)

		(S) RIESGO A LA SALUD		(I) RIESGO DE INFLAMABILIDAD		(R) RIESGO DE REACTIBILIDAD		(E) RIESGO ESPECIAL
	4	MORTAL	4	INFLAMABLE DEBAJO DE 25°C	4	PUEDE EXPLOTAR SUBITAMENTE	OXY	OXIDANTE
	3	EXTREMADAMENTE RIESGOSO	3	INFLAMABLE DEBAJO DE 37°C	3	PUEDE EXPLOTAR EN CASO DE CHOQUE O CALENTAMIENTO	ACID	ACIDO
	2	PELIGROSO	2	INFLAMABLE DEBAJO DE 93°C	2	INESTABLE EN CASO DE CAMBIO QUIMICO VIOLENTO	CORR	CORROSIVO
	1	POCO PELIGROSO	1	INFLAMABLE SOBRE LOS 93°C	1	INESTABLE SI SE CALIENTA.	ALC	ALCALINO
	0	SIN RIESGO	0	NO SE IMFLAMA	0	ESTABLE	W	NO USAR AGUA

Inhalación: El cloro gaseoso es extremadamente irritante de la membrana mucosa del sistema respiratorio, produce náuseas, dolores de cabeza y bloqueo del sistema nervioso. En altas concentraciones la dificultad de respiración aumenta al punto de muerte por sofocación o neumonía química.

Ingestión: Cloro líquido vaporiza a gas por lo que no es posible ingerirlo.

Contacto con la piel: Cloro líquido en contacto con la piel provoca irritaciones y quemaduras locales.

Contacto con los ojos: Cloro líquido o gaseoso en altas concentraciones provoca visión borrosa y deformada, enrojecimiento, dolor y severa quemadura del tejido ocular, causa ceguera.

Exposición crónica: Baja concentración de cloro gaseoso en el aire produce ligeros síntomas irritantes después de horas de exposición. Exámenes de personas expuestas en tales condiciones no muestran efectos crónicos.

3. COMPOSICION / INFORMACION DE INGREDIENTES

Ingrediente(s) Peligroso(s)	% (p/p)	TLV(ppm)	CAS Nº
Cloro	100	0,5	7782-50-5

4. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Lleve al accidentado a un lugar seguro con aire fresco. Si no respira, dé respiración artificial. Si la respiración es dificultosa, dé oxígeno. Abrigue al paciente. Si ocurre vómito, mantenga la cabeza y el tronco hacia abajo para prevenir la aspiración y mantener las vías respiratorias libres; si la persona está inconsciente, coloque la cabeza de lado. Llame al médico inmediatamente

Ingestión: No aplicable.

Ojos: Lavarse con abundante agua por 15 minutos mínimo, levantando ocasionalmente el párpado inferior y superior hasta eliminar el remanente de cloro. Llame al médico inmediatamente.

Piel: Lavarla con mucho agua por 15 minutos, retirando las ropas contaminadas. Lave la piel con agua y jabón y nunca con neutralizantes químicos. No aplique ningún tipo de pomadas.

5. MEDIDAS CONTRA FUEGO Y EXPLOSION

Peligros por Fuego y explosión: No es explosivo y no es inflamable. Sin embargo es comburente de ciertas sustancias, reacciona con compuestos orgánicos y puede causar ignición al contacto con materiales finamente divididos. Extremadamente peligroso en contacto con hidrogeno, acetileno, éter, amoniaco, hidrocarburos y metales en polvo.

Medio para extinguir el fuego: No utilice extintores de polvo químico seco, dióxido de carbono o compuestos halogenados. Es recomendable usar agua en forma pulverizada, cuando se trata de enfriar tanques expuestos al fuego.

Nota para la brigada de emergencia: Todos los Bomberos deben usar equipo de respiración autónomo y traje de PVC completo. Si es posible, mover los cilindros fuera del área de fuego. Enfríe los cilindros con una lluvia de agua hasta lograr control del incendio. Permanezca lejos de los tanques de almacenamiento.

Si el fuego es en la zona de almacenamiento: evacúe del área a las personas sin equipo de protección, aisle el área de riesgo, mantenga el sentido de ubicación con respecto a la dirección contraria del viento, enfríe los cilindros hasta mucho después de terminado el incendio.

6. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

Nunca use agua sobre la fuga, evacúe la zona afectada en dirección contraria al viento, no tocar ni caminar sobre el material derramado, asegúrese de usar el equipo de protección adecuado antes de intentar detener una fuga, si es posible, voltee los contenedores que presenten fugas para que escapen los gases en lugar del líquido. Utilice el Kit de Emergencia correspondiente. El cloro puede absorberse en soda o potasa cáustica, caliza, etc.

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Manejo: Los recipientes se deberán utilizar en el orden en que llegan, una vez se termine de utilizarlos se deben cerrar las válvulas, colocar los respectivos tapones y tapas protectoras, a fin de proteger las válvulas. Los cambios de recipientes deben realizarse utilizando los respiradores media cara u otro equipo de protección personal aprobado. Nunca se deberá aplicar calor directo al recipiente, ni colocarlo en un baño de agua para incrementar la rata de descarga.

Almacenamiento: Los recipientes, estén llenos o vacíos deberán mantenerse siempre asegurados, con la cubierta protectora de válvulas, en lugares limpios, bien ventilados y protegidos contra incendios; no deberán almacenarse cerca de ascensores o sistemas de ventilación, ni de sustancias inflamables, combustibles y otros envases de gases comprimidos. Al área de almacenamiento se debe restringir el acceso, por parte de personal no autorizado.

8. MEDIDAS DE CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCION INDIVIDUAL

Control de ingeniería:

Las áreas deben estar aisladas y con adecuada ventilación para garantizar la circulación de aire. Equipos de protección para personal no involucrado en la maniobras pero que están en el área de acción, deberá portar mascarilla media cara con filtros para gases y mono gafas.

Para operaciones normales:

Para protección de cara y vías respiratorias utilizar mascarilla full face y para protección de manos, utilizar guantes resistentes a químicos (neopreno alta densidad).

Para casos de emergencias:

En caso de emergencias declarada se debe utilizar traje para químicos tipo A o B, equipos de respiración autónomo, botas para químicos, recomendada por el fabricante. Mantener en las áreas equipos de escape rápido para evacuación.

9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Apariencia y Color:	Líquido color ámbar, gas amarillo verdoso
Forma en que se presenta:	Gas licuado comprimido
Temperatura de Fusión:	-100.9 °C
Temperatura de Ebullición (760 mm Hg):	-34.05 °C
Presión de vapor (0°C):	2748 mm Hg
Solubilidad en Agua (20°C):	7.3 g/l
Densidad Líquido (16 °C):	1.421 g/cm ³
Densidad Gas (1.1°C):	3.20 Kg/m ³
Peso Molecular:	70.91g/mol
Temperatura crítica:	114°C
Presión Crítica:	76.1 atm
Peligros de fuego o explosión:	Puede provocar explosiones al entrar en contacto con materiales orgánicos, amoniaco anhidro y metales finamente divididos.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Estable en condiciones normales de uso y almacenamiento (presión atmosférica, temperatura ambiente, bajo sombra, humedad relativa máxima 80%, recipientes con cierre hermético).

Productos de descomposición: Ninguno.

Incompatibilidad: Húmedo es altamente corrosivo para la mayoría de los metales. Con algunos compuestos orgánicos puede ser explosivo.

Condiciones a evitar: Calor, Humedad, compuestos incompatibles, gases inflamables como el acetileno, metales finamente divididos y amoniaco.

11. INFORMACIÓN SOBRE TOXICIDAD

Se estima que entre 1 y 3 ppm se produce la ligera irritación de las mucosas del aparato respiratorio, entre 5 y 15 ppm la molestia se torna más fuerte siendo relativamente tolerable, a 30 ppm puede producir tos fuerte, dolor en el pecho y desfallecimiento.

La exposición directa a altas concentraciones resulta en una sintomatología más severa que incluye una irritación severa de los pulmones, irritación de la vista y de la piel, la muerte puede sobrevenir rápidamente.

Experimentos científicos

0,2-0,5 ppm: no hay efecto toxico inmediato.

1-3 ppm: hay olor perceptible e irritación de ojos y nariz.

5-8 ppm: irritación de garganta, ojos y membranas mucosas.

30 ppm: accesos de tos intensos.

34-51 ppm: es letal en una exposición de 1 a 1 ½ hora.

40-60 ppm: una exposición de 30 a 60 minutos puede causar irritación en las vías respiratorias, edema pulmonar o bronconeumonía.

100 ppm: puede resultar fatal después de 50 minutos de exposición) (estimado).

430 ppm: es la menor concentración conocida necesaria para causar la muerte después de 30 minutos de exposición.

1.000 ppm: puede ser fatal con apenas unas cuantas aspiraciones profundas.

Otros datos

El olor característico y penetrante del cloro gaseoso por lo general indica su presencia en el aire.

No es clasificado como cancerígeno.

El cloro reacciona con el agua presente en los tejidos vivos y forma algunos ácidos que son nocivos para el organismo cuyos efectos y gravedad de las lesiones dependen de la concentración del gas, la duración del contacto y la condición clínica de las personas.

Los sobrevivientes de la exposición pueden tener tos persistente durante 14 días o incluso durante varios meses.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Al contacto con el agua, el cloro gas reacciona rápidamente formando ácido hipocloroso, elimina toda especie acuática presente, el radio de acción varía de acuerdo con la cantidad liberada.

Al liberarse en el aire el cloro gas se disuelve en la atmosfera, el tiempo de dispersión varía de acuerdo a la cantidad liberada.

13. INFORMACIÓN SOBRE ELIMINACIÓN O DISPOSICIÓN

Utilice y procese si es posible, el Cloro se puede absorber en una solución alcalina como: Soda Caustica, Ceniza de soda o cal hidratada.

Los cilindros vacíos o con algún daño deben ser entregados al proveedor de este gas.

14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Descripción DOT: Cloro
Clase Peligro DOT: 2.3, Gas no inflamable / venenoso
UN serie #/IMDG Pág.: 1017/2020

15. INFORMACIÓN SOBRE REGULACIONES

Regulaciones Nacionales: NTE INEN 2266:2000
Ordenanzas Municipales
Régimen Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos

16. OTRA INFORMACIÓN

La información presentada aquí es exacta y confiable. El uso de esta información y las condiciones de uso del producto es responsabilidad del Cliente. No aceptamos responsabilidad legal por cualquier pérdida o daño ocasionado al cliente.

Sin embargo nuestro personal técnico estará complacido en responder preguntas relacionadas con los procedimientos de manejo y uso seguro.

Elaborado Por:

Dpto. Seguridad Industrial y Medio Ambiente
QUIMPAC ECUADOR S.A.

Celular: 0999482937 - 593-4-2162660 Ext. 330

E-mail: seguridad_industrial@quimpac.com.ec

INFORMACIÓN COMERCIAL: 099-9500-081 – (593-4)-2162660 ext. 103

10.2 Anexo 2. Encuestas de Análisis de causalidad /fiabilidad.

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
Trípode

Planta	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA " BELLA VISTA "
Proceso	TRATAMIENTO DE AGUA CON CLORO
Sistema	INYECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CLOR AL AGUA
Pto Trabajo	<i>Revisión de todas las encuestas por modos de fallas</i>
Fecha	<i>30-04-2014</i>
Revisor	Ing. José Luis Alfonso Barreto

No.	Modos de Fallas	Aceptación (S/N)
	Equipo (HR)	34/38
1	Existencia de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.	7 1
	Estado de adecuación del equipamiento para cubrir las intensiones de diseño o requerimientos de explotación.	3 5
	Disponibilidad de recursos para mantenimiento.	2 6
	Disponibilidad de recursos para modernización.	2 6
	Estado de vigencia de la tecnología aplicada.	4 4
	Se controla la existencia de equipos fuera del ciclo de vida útil.	4 4
	Disponibilidad de información sobre el estado real del equipamiento.	2 6
	Disponibilidad del récord de mantenimiento existente.	5 3
	Incidentes y accidentes relacionados con el funcionamiento del equipamiento.	5 3
	Diseño (DE)	28/20
2	Adecuación del equipamiento de acuerdo a las normas y estándares declarados, aplicables a la tecnología.	4 4
	Correspondencia de la instalación con el criterio de diseño.	5 3
	Adaptabilidad de los criterios de diseño asumidos en los puestos de trabajo.	5 3
	Viabilidad y eficacia de comunicación en las tareas antes y post diseño.	5 3
	Existencia de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	5 3
	Fiabilidad de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	4 4
	Administración de Mantenimiento (MM)	24/80
3	Programación adecuada de mantenimientos de acuerdo a los criterios de diseño y régimen de explotación.	4 4
	Adecuado control de calidad de la ejecución de los mantenimientos.	1 7
	Mecanismos suficientes de coordinación para la ejecución de mantenimientos.	3 5
	Adecuación de los registros de mantenimientos de equipos y sistemas, a las normas y estándares declarados.	2 6
	Suficiencia de personal especializado para la ejecución de los mantenimientos.	2 6
	Disponibilidad del tiempo necesario para la ejecución de mantenimientos.	2 6
	Disponibilidad financiera para la ejecución de mantenimientos.	1 7
	Suficiencia de manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	2 6
	Adecuación a las normas declaradas de los manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	2 6
	Adecuada estrategia de mantenimiento.	1 7
	Adecuada identificación de fallas críticas en equipos y sistemas.	2 6
Adecuada selección de tareas de mantenimiento y sus frecuencias.	1 7	
Adecuada logística para reposición de partes, piezas y componentes de equipos claves.	1 7	
	Procedimiento (PR)	53/35
4	Procedimientos acordes a las normativas y estándares declarados.	5 3
	Adecuada retroalimentación de la implementación práctica de los procedimientos.	5 3
	Adecuada actualización de los procedimientos de acuerdo a la normativa y estándares declarados.	5 3
	Adecuada ubicación de los procedimientos que garantizan su consulta eficaz.	5 3
	Los procedimientos cubren la totalidad de las acciones y actividades que lo requieren.	4 4
	Se dispone de procedimientos escritos viables en la práctica.	6 2
	Se aplican procedimientos de entrenamiento.	2 6
	El personal de operación conoce todos los procedimientos existentes y las nuevas actualizaciones.	6 2
	El personal de operación participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	6 2
	El personal de seguridad y salud participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	4 4
	Se cumplen lo niveles de aprobación de los procedimientos requeridos.	5 3
	Condiciones Propensas a Errores (FC)	20/36
5	Se controlan las limitaciones humanas (enfermedades crónicas y eventuales).	1 7
	Se controla la influencia de factores externos (ruido, oscuridad, temperatura).	6 2
	Se controla la influencia de factores de comportamiento social (problemas domésticos, aburrimiento, obstinación).	2 6
	Se controla la influencia de factores personales (ambiciones, comportamiento "Macho", vacilaciones).	2 6
	Se controla la afectación por la fluctuación del personal.	1 7
	Se controla el consumo de alcohol o estupefacientes.	5 3
	Se garantiza la estabilidad de situaciones laborales como cambios tecnológicos o reestructuraciones.	3 5

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD

Trípode

Resumen de todas las encuestas por modo de fallas.

	Orden y Limpieza (HK)	29/35
6	Adecuado suministro de materiales y personal.	3 5
	Adecuada política para la ejecución de la gestión requerida.	3 5
	Se controla la eficacia de la ejecución de la gestión requerida.	3 5
	Ambiente de gestión que no propicia dificultades.	4 4
	Se aseguran facilidades de deposición de residuos.	5 3
	Adecuada definición de responsabilidades.	3 5
	Los valores de sentido de pertenencia y autoridades son sostenidos.	4 4
	Adecuada planificación de orden y limpieza.	4 4
	Metas en Conflicto (Objetivos Incompatibles) (IG)	17/15
7	Se excluye la aceptación de prioridades de producción "hacerlo a cualquier precio".	4 4
	Se excluye la aceptación de prioridades financieras.	4 4
	Se excluye la aceptación de prioridades sociales.	4 4
	Se excluye la aceptación de prioridades individuales.	5 3
	Comunicación (CO)	28/36
8	Adecuado uso del lenguaje.	7 1
	Adecuada estructura de comunicación.	4 4
	Adecuados lineamientos de comunicación.	5 3
	Adecuados formatos de comunicación.	5 3
	Adecuada retroalimentación en la comunicación.	1 7
	Los formatos de comunicación están estandarizados.	3 5
	Se eliminan estructuras de comunicación no usadas o subutilizadas.	2 6
	Se controla la sobrecarga en las líneas de comunicación	1 7
	Organización (OR)	36/44
9	Los departamentos y áreas se encuentran debidamente definidos en cuanto a su estructura y funcionamiento.	6 2
	La delegación de autoridad y responsabilidad está debidamente definida.	6 2
	Existe una adecuada definición de los objetivos.	5 3
	Las actividades se encuentran debidamente coordinadas.	5 3
	Las actividades se encuentran debidamente planificadas.	4 4
	Existe una adecuada evaluación de los riesgos.	2 6
	Existe una adecuada identificación de amenazas.	3 5
	Se controla el exceso de burocracia.	1 7
	Se controlan los actos de negligencia y/o pérdida de la gestión de dirección.	2 6
	Se garantiza la limitación de reorganizaciones frecuentes.	2 6
	Entrenamiento (TR)	29/59
10	Se evidencian experiencias efectivas.	4 4
	Educación primaria compatible con las necesidades del trabajo.	5 3
	Efectivo proceso de selección para el empleo.	5 3
	Adecuada planificación de programas de entrenamientos.	1 7
	Adecuada evaluación de la efectividad del entrenamiento.	1 7
	Ejecución de entrenamientos compatibles.	2 6
	Se realizan entrenamientos.	4 4
	Se priorizan los entrenamientos.	1 7
	Son efectivos los entrenamientos.	3 5
	Adecuada selección del personal a entrenar.	1 7
	Adecuada selección del entrenador.	2 6
	Defensas (DF)	49/31
11	Detección.	6 2
	Aviso.	7 1
	Control.	5 3
	Recuperación.	2 6
	Protección.	5 3
	Contención.	2 6
	Escape.	6 2
	Rescate.	4 4
	Concientización de las personas.	6 2
	Uso de equipos de protección personal, colectivos y/o tecnológicos.	6 2

CRITERIOS QUE GARANTIZAN LA FIABILIDAD DEL SISTEMA	0,00%	49,48%
CRITERIOS CAUSALES QUE PROPICIAN LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS NO DESEADOS	0,00%	50,52%

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
 Tripode



Planta	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA " BELLA VISTA "
Proceso	TRATAMIENTO DE AGUA CON CLORO
Sistema	INYECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CLORO AL AGUA
Pto Trabajo	Operarios de la planta, dosificación (2 trabajadores)
Fecha	12-04-2018
Revisor	Ing. José Luis Alfonso Barreto

No.	Modos de Fallas	Aceptación (S/N)
Equipo (HR)		
1	Existencia de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.	S
	Estado de adecuación del equipamiento para cubrir las intensiones de diseño o requerimientos de explotación.	S
	Disponibilidad de recursos para mantenimiento.	N
	Disponibilidad de recursos para modernización.	N
	Estado de vigencia de la tecnología aplicada.	S
	Se controla la existencia de equipos fuera del ciclo de vida útil.	S
	Disponibilidad de información sobre el estado real del equipamiento.	N
	Disponibilidad del récord de mantenimiento existente.	S
	Incidentes y accidentes relacionados con el funcionamiento del equipamiento.	S
Diseño (DE)		
2	Adecuación del equipamiento de acuerdo a las normas y estándares declarados, aplicables a la tecnología.	S
	Correspondencia de la instalación con el criterio de diseño.	S
	Adaptabilidad de los criterios de diseño asumidos en los puestos de trabajo.	S
	Viabilidad y eficacia de comunicación en las tareas antes y post diseño.	S
	Existencia de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	S
	Fiabilidad de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	S
Administración de Mantenimiento (MM)		
3	Programación adecuada de mantenimientos de acuerdo a los criterios de diseño y régimen de explotación.	S
	Adecuado control de calidad de la ejecución de los mantenimientos.	N
	Mecanismos suficientes de coordinación para la ejecución de mantenimientos.	N
	Adecuación de los registros de mantenimientos de equipos y sistemas, a las normas y estándares declarados.	N
	Suficiencia de personal especializado para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Disponibilidad del tiempo necesario para la ejecución de mantenimientos.	N
	Disponibilidad financiera para la ejecución de mantenimientos.	N
	Suficiencia de manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Adecuación a las normas declaradas de los manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Adecuada estrategia de mantenimiento.	N
	Adecuada identificación de fallas críticas en equipos y sistemas.	N
	Adecuada selección de tareas de mantenimiento y sus frecuencias.	N
Adecuada logística para reposición de partes, piezas y componentes de equipos claves.	N	
Procedimiento (PR)		
4	Procedimientos acordes a las normativas y estándares declarados.	S
	Adecuada retroalimentación de la implementación práctica de los procedimientos.	S
	Adecuada actualización de los procedimientos de acuerdo a la normativa y estándares declarados.	S
	Adecuada ubicación de los procedimientos que garantizan su consulta eficaz.	S
	Los procedimientos cubren la totalidad de las acciones y actividades que lo requieren.	S
	Se dispone de procedimientos escritos viables en la práctica.	S
	Se aplican procedimientos de entrenamiento.	N
	El personal de operación conoce todos los procedimientos existentes y las nuevas actualizaciones.	S
	El personal de operación participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	S
	El personal de seguridad y salud participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	S
Se cumplen lo niveles de aprobación de los procedimientos requeridos.	S	
Condiciones Propensas a Errores (EC)		
5	Se controlan las limitaciones humanas (enfermedades crónicas y eventuales).	N
	Se controla la influencia de factores externos (ruido, oscuridad, temperatura).	S
	Se controla la influencia de factores de comportamiento social (problemas domésticos, aburrimiento, obstinación).	N
	Se controla la influencia de factores personales (ambiciones, comportamiento "Macho", vacilaciones).	N
	Se controla la afectación por la fluctuación del personal.	N
	Se controla el consumo de alcohol o estupefacientes.	N
	Se garantiza la estabilidad de situaciones laborales como cambios tecnológicos o reestructuraciones.	N

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
 Tripode

Operarios de la planta dosificación (1 trabajador)

Orden y Limpieza (HK)		
6	Adecuado suministro de materiales y personal.	N
	Adecuada política para la ejecución de la gestión requerida.	N
	Se controla la eficacia de la ejecución de la gestión requerida.	N
	Ambiente de gestión que no propicia dificultades.	N
	Se aseguran facilidades de deposición de residuos.	N
	Adecuada definición de responsabilidades.	N
	Los valores de sentido de pertenencia y autoridades son sostenidos.	N
	Adecuada planificación de orden y limpieza.	N
Metas en Conflicto (Objetivos Incompatibles) (IG)		
7	Se excluye la aceptación de prioridades de producción "hacerlo a cualquier precio".	S
	Se excluye la aceptación de prioridades financieras.	S
	Se excluye la aceptación de prioridades sociales.	S
	Se excluye la aceptación de prioridades individuales.	S
Comunicación (CO)		
8	Adecuado uso del lenguaje.	S
	Adecuada estructura de comunicación.	N
	Adecuados lineamientos de comunicación.	N
	Adecuados formatos de comunicación.	N
	Adecuada retroalimentación en la comunicación.	N
	Los formatos de comunicación están estandarizados.	N
	Se eliminan estructuras de comunicación no usadas o subutilizadas.	N
	Se controla la sobrecarga en las líneas de comunicación	N
Organización (OR)		
9	Los departamentos y áreas se encuentran debidamente definidos en cuanto a su estructura y funcionamiento.	S
	La delegación de autoridad y responsabilidad está debidamente definida.	S
	Existe una adecuada definición de los objetivos.	S
	Las actividades se encuentran debidamente coordinadas.	S
	Las actividades se encuentran debidamente planificadas.	N
	Existe una adecuada evaluación de los riesgos.	N
	Existe una adecuada identificación de amenazas.	N
	Se controla el exceso de burocracia.	S
	Se controlan los actos de negligencia y/o pérdida de la gestión de dirección.	N
Se garantiza la limitación de reorganizaciones frecuentes.	N	
Entrenamiento (TR)		
10	Se evidencian experiencias efectivas.	S
	Educación primaria compatible con las necesidades del trabajo.	S
	Efectivo proceso de selección para el empleo.	S
	Adecuada planificación de programas de entrenamientos.	N
	Adecuada evaluación de la efectividad del entrenamiento.	N
	Ejecución de entrenamientos compatibles.	N
	Se realizan entrenamientos.	S
	Se priorizan los entrenamientos.	N
	Son efectivos los entrenamientos.	S
	Adecuada selección del personal a entrenar.	N
Adecuada selección del entrenador.	N	
Defensas (DF)		
11	Detección.	S
	Aviso.	S
	Control.	N
	Recuperación.	N
	Protección.	N
	Contención.	N
	Escape.	S
	Rescate.	S
	Concientización de las personas.	S
	Uso de equipos de protección personal, colectivos y/o tecnológicos.	S

CRITERIOS QUE GARANTIZAN LA FIABILIDAD DEL SISTEMA	0,00%
CRITERIOS CAUSALES QUE PROPICIAN LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS NO DESEADOS	0,00%

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
Trípode



Planta	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA " BELLA VISTA "
Proceso	TRATAMIENTO DE AGUA CON CLORO
Sistema	INYECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CLORO AL AGUA
Pto Trabajo	Operadores de Planta, dosificación (2do trabajadores)
Fecha	22-04-2018
Revisor	Ing. José Luis Alfonso Barreto

No.	Modos de Fallas	Aceptación (S/N)
Equipo (HR)		
1	Existencia de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.	S
	Estado de adecuación del equipamiento para cubrir las intensiones de diseño o requerimientos de explotación.	N
	Disponibilidad de recursos para mantenimiento.	N
	Disponibilidad de recursos para modernización.	N
	Estado de vigencia de la tecnología aplicada.	N
	Se controla la existencia de equipos fuera del ciclo de vida útil.	N
	Disponibilidad de información sobre el estado real del equipamiento.	N
	Disponibilidad del récord de mantenimiento existente.	S
Incidentes y accidentes relacionados con el funcionamiento del equipamiento.	S	
Diseño (DE)		
2	Adecuación del equipamiento de acuerdo a las normas y estándares declarados, aplicables a la tecnología.	N
	Correspondencia de la instalación con el criterio de diseño.	S
	Adaptabilidad de los criterios de diseño asumidos en los puestos de trabajo.	S
	Viabilidad y eficacia de comunicación en las tareas antes y post diseño.	S
	Existencia de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	S
Fiabilidad de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	S	
Administración de Mantenimiento (MM)		
3	Programación adecuada de mantenimientos de acuerdo a los criterios de diseño y régimen de explotación.	S
	Adecuado control de calidad de la ejecución de los mantenimientos.	N
	Mecanismos suficientes de coordinación para la ejecución de mantenimientos.	S
	Adecuación de los registros de mantenimientos de equipos y sistemas, a las normas y estándares declarados.	S
	Suficiencia de personal especializado para la ejecución de los mantenimientos.	S
	Disponibilidad del tiempo necesario para la ejecución de mantenimientos.	S
	Disponibilidad financiera para la ejecución de mantenimientos.	N
	Suficiencia de manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	S
	Adecuación a las normas declaradas de los manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	S
	Adecuada estrategia de mantenimiento.	N
	Adecuada identificación de fallas críticas en equipos y sistemas.	S
Adecuada selección de tareas de mantenimiento y sus frecuencias.	S	
Adecuada logística para reposición de partes, piezas y componentes de equipos claves.	N	
Procedimiento (PR)		
4	Procedimientos acordes a las normativas y estándares declarados.	S
	Adecuada retroalimentación de la implementación práctica de los procedimientos.	N
	Adecuada actualización de los procedimientos de acuerdo a la normativa y estándares declarados.	S
	Adecuada ubicación de los procedimientos que garantizan su consulta eficaz.	N
	Los procedimientos cubren la totalidad de las acciones y actividades que lo requieren.	N
	Se dispone de procedimientos escritos viables en la práctica.	S
	Se aplican procedimientos de entrenamiento.	S
	El personal de operación conoce todos los procedimientos existentes y las nuevas actualizaciones.	S
	El personal de operación participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	S
El personal de seguridad y salud participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	S	
Se cumplen los niveles de aprobación de los procedimientos requeridos.	S	
Condiciones Propensas a Errores (EC)		
5	Se controlan las limitaciones humanas (enfermedades crónicas y eventuales).	N
	Se controla la influencia de factores externos (ruido, oscuridad, temperatura).	N
	Se controla la influencia de factores de comportamiento social (problemas domésticos, aburrimiento, obstinación).	N
	Se controla la influencia de factores personales (ambiciones, comportamiento "Macho", vacilaciones).	N
	Se controla la afectación por la fluctuación del personal.	N
	Se controla el consumo de alcohol o estupefacientes.	N
Se garantiza la estabilidad de situaciones laborales como cambios tecnológicos o reestructuraciones.	S	

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
 Trípede

Operador de planta dosificadora (2^{to} trabajador)

Orden y Limpieza (HK)		
6	Adecuado suministro de materiales y personal.	2
	Adecuada política para la ejecución de la gestión requerida.	2
	Se controla la eficacia de la ejecución de la gestión requerida.	2
	Ambiente de gestión que no propicia dificultades.	5
	Se aseguran facilidades de deposición de residuos.	5
	Adecuada definición de responsabilidades.	5
	Los valores de sentido de pertenencia y autoridades son sostenidos.	5
Adecuada planificación de orden y limpieza.		
Metas en Conflicto (Objetivos Incompatibles) (IG)		
7	Se excluye la aceptación de prioridades de producción "hacerlo a cualquier precio".	2
	Se excluye la aceptación de prioridades financieras.	2
	Se excluye la aceptación de prioridades sociales.	2
	Se excluye la aceptación de prioridades individuales.	2
Comunicación (CO)		
8	Adecuado uso del lenguaje.	5
	Adecuada estructura de comunicación.	5
	Adecuados lineamientos de comunicación.	5
	Adecuados formatos de comunicación.	5
	Adecuada retroalimentación en la comunicación.	2
	Los formatos de comunicación están estandarizados.	2
	Se eliminan estructuras de comunicación no usadas o subutilizadas.	2
Se controla la sobrecarga en las líneas de comunicación	2	
Organización (OR)		
9	Los departamentos y áreas se encuentran debidamente definidos en cuanto a su estructura y funcionamiento.	5
	La delegación de autoridad y responsabilidad está debidamente definida.	5
	Existe una adecuada definición de los objetivos.	5
	Las actividades se encuentran debidamente coordinadas.	5
	Las actividades se encuentran debidamente planificadas.	5
	Existe una adecuada evaluación de los riesgos.	2
	Existe una adecuada identificación de amenazas.	2
	Se controla el exceso de burocracia.	2
Se controlan los actos de negligencia y/o pérdida de la gestión de dirección.	2	
Se garantiza la limitación de reorganizaciones frecuentes.	2	
Entrenamiento (TR)		
10	Se evidencian experiencias efectivas.	5
	Educación primaria compatible con las necesidades del trabajo.	5
	Efectivo proceso de selección para el empleo.	2
	Adecuada planificación de programas de entrenamientos.	2
	Adecuada evaluación de la efectividad del entrenamiento.	2
	Ejecución de entrenamientos compatibles.	2
	Se realizan entrenamientos.	5
	Se priorizan los entrenamientos.	2
	Son efectivos los entrenamientos.	2
	Adecuada selección del personal a entrenar.	2
Adecuada selección del entrenador.	2	
Defensas (DF)		
11	Detección.	5
	Aviso.	5
	Control.	5
	Recuperación.	2
	Protección.	5
	Contención.	2
	Escape.	5
	Rescate.	5
	Concientización de las personas.	2
	Uso de equipos de protección personal, colectivos y/o tecnológicos.	5

CRITERIOS QUE GARANTIZAN LA FIABILIDAD DEL SISTEMA	0,00%
CRITERIOS CAUSALES QUE PROPICIAN LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS NO DESEADOS	0,00%

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
 Tripode



Planta	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA " BELLA VISTA "
Proceso	TRATAMIENTO DE AGUA CON CLORO
Sistema	INYECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CLORO AL AGUA
Pto Trabajo	<i>Operador de la Planta (sala de control)</i>
Fecha	<i>23-04-2018</i>
Revisor	Ing. José Luis Alfonso Barreto

No.	Modos de Fallas	Aceptación (S/N)
Equipo (HR)		
1	Existencia de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.	S
	Estado de adecuación del equipamiento para cubrir las intensiones de diseño o requerimientos de explotación.	S
	Disponibilidad de recursos para mantenimiento.	N
	Disponibilidad de recursos para modernización.	N
	Estado de vigencia de la tecnología aplicada.	S
	Se controla la existencia de equipos fuera del ciclo de vida útil.	S
	Disponibilidad de información sobre el estado real del equipamiento.	N
	Disponibilidad del récord de mantenimiento existente.	S
Incidentes y accidentes relacionados con el funcionamiento del equipamiento.	S	
Diseño (DE)		
2	Adecuación del equipamiento de acuerdo a las normas y estándares declarados, aplicables a la tecnología.	S
	Correspondencia de la instalación con el criterio de diseño.	S
	Adaptabilidad de los criterios de diseño asumidos en los puestos de trabajo.	N
	Viabilidad y eficacia de comunicación en las tareas antes y post diseño.	S
	Existencia de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	S
Fiabilidad de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	S	
Administración de Mantenimiento (MM)		
3	Programación adecuada de mantenimientos de acuerdo a los criterios de diseño y régimen de explotación.	S
	Adecuado control de calidad de la ejecución de los mantenimientos.	N
	Mecanismos suficientes de coordinación para la ejecución de mantenimientos.	N
	Adecuación de los registros de mantenimientos de equipos y sistemas, a las normas y estándares declarados.	N
	Suficiencia de personal especializado para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Disponibilidad del tiempo necesario para la ejecución de mantenimientos.	N
	Disponibilidad financiera para la ejecución de mantenimientos.	N
	Suficiencia de manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Adecuación a las normas declaradas de los manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Adecuada estrategia de mantenimiento.	N
	Adecuada identificación de fallas críticas en equipos y sistemas.	N
Adecuada selección de tareas de mantenimiento y sus frecuencias.	N	
Adecuada logística para reposición de partes, piezas y componentes de equipos claves.	S	
Procedimiento (PR)		
4	Procedimientos acordes a las normativas y estándares declarados.	S
	Adecuada retroalimentación de la implementación práctica de los procedimientos.	S
	Adecuada actualización de los procedimientos de acuerdo a la normativa y estándares declarados.	S
	Adecuada ubicación de los procedimientos que garantizan su consulta eficaz.	S
	Los procedimientos cubren la totalidad de las acciones y actividades que lo requieren.	S
	Se dispone de procedimientos escritos viables en la práctica.	S
	Se aplican procedimientos de entrenamiento.	N
	El personal de operación conoce todos los procedimientos existentes y las nuevas actualizaciones.	S
	El personal de operación participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	S
El personal de seguridad y salud participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	S	
Se cumplen lo niveles de aprobación de los procedimientos requeridos.	S	
Condiciones Propensas a Errores (EC)		
5	Se controlan las limitaciones humanas (enfermedades crónicas y eventuales).	N
	Se controla la influencia de factores externos (ruido, oscuridad, temperatura).	S
	Se controla la influencia de factores de comportamiento social (problemas domésticos, aburrimiento, obstinación).	N
	Se controla la influencia de factores personales (ambiciones, comportamiento "Macho", vacilaciones).	N
	Se controla la afectación por la fluctuación del personal.	N
	Se controla el consumo de alcohol o estupefacientes.	N
Se garantiza la estabilidad de situaciones laborales como cambios tecnológicos o reestructuraciones.	N	

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD

Trípode

Operador de la Planta (Sala de Control)

Orden y Limpieza (HK)		
6	Adecuado suministro de materiales y personal.	N
	Adecuada política para la ejecución de la gestión requerida.	N
	Se controla la eficacia de la ejecución de la gestión requerida.	N
	Ambiente de gestión que no propicia dificultades.	N
	Se aseguran facilidades de deposición de residuos.	N
	Adecuada definición de responsabilidades.	N
	Los valores de sentido de pertenencia y autoridades son sostenidos.	N
Adecuada planificación de orden y limpieza.	N	
Metas en Conflicto (Objetivos Incompatibles) (IG)		
7	Se excluye la aceptación de prioridades de producción "hacerlo a cualquier precio".	S
	Se excluye la aceptación de prioridades financieras.	S
	Se excluye la aceptación de prioridades sociales.	S
	Se excluye la aceptación de prioridades individuales.	S
Comunicación (CO)		
8	Adecuado uso del lenguaje.	S
	Adecuada estructura de comunicación.	N
	Adecuados lineamientos de comunicación.	N
	Adecuados formatos de comunicación.	N
	Adecuada retroalimentación en la comunicación.	N
	Los formatos de comunicación están estandarizados.	N
	Se eliminan estructuras de comunicación no usadas o subutilizadas.	N
Se controla la sobrecarga en las líneas de comunicación	N	
Organización (OR)		
9	Los departamentos y áreas se encuentran debidamente definidos en cuanto a su estructura y funcionamiento.	S
	La delegación de autoridad y responsabilidad está debidamente definida.	S
	Existe una adecuada definición de los objetivos.	N
	Las actividades se encuentran debidamente coordinadas.	N
	Las actividades se encuentran debidamente planificadas.	N
	Existe una adecuada evaluación de los riesgos.	N
	Existe una adecuada identificación de amenazas.	N
	Se controla el exceso de burocracia.	N
Se controlan los actos de negligencia y/o pérdida de la gestión de dirección.	N	
Se garantiza la limitación de reorganizaciones frecuentes.	N	
Entrenamiento (TR)		
10	Se evidencian experiencias efectivas.	S
	Educación primaria compatible con las necesidades del trabajo.	S
	Efectivo proceso de selección para el empleo.	S
	Adecuada planificación de programas de entrenamientos.	N
	Adecuada evaluación de la efectividad del entrenamiento.	N
	Ejecución de entrenamientos compatibles.	N
	Se realizan entrenamientos.	N
	Se priorizan los entrenamientos.	N
	Son efectivos los entrenamientos.	N
	Adecuada selección del personal a entrenar.	N
Adecuada selección del entrenador.	N	
Defensas (DF)		
11	Detección.	S
	Aviso.	S
	Control.	S
	Recuperación.	N
	Protección.	S
	Contención.	N
	Escape.	S
	Rescate.	N
	Concientización de las personas.	S
	Uso de equipos de protección personal, colectivos y/o tecnológicos.	S

CRITERIOS QUE GARANTIZAN LA FIABILIDAD DEL SISTEMA	0,00%
CRITERIOS CAUSALES QUE PROPICIAN LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS NO DESEADOS	0,00%

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
Trípode



Planta	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA " BELLA VISTA "
Proceso	TRATAMIENTO DE AGUA CON CLORO
Sistema	INYECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CLORO AL AGUA
Pto Trabajo	Mantenimiento de Planta Operador (1 ^{er} Trípode)
Fecha	21-04-2014
Revisor	Ing. José Luis Alfonso Barreto

No.	Modos de Fallas	Aceptación (S/N)
Equipo (HR)		
1	Existencia de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.	S
	Estado de adecuación del equipamiento para cubrir las intensiones de diseño o requerimientos de explotación.	Z
	Disponibilidad de recursos para mantenimiento.	Z
	Disponibilidad de recursos para modernización.	Z
	Estado de vigencia de la tecnología aplicada.	Z
	Se controla la existencia de equipos fuera del ciclo de vida útil.	Z
	Disponibilidad de información sobre el estado real del equipamiento.	Z
	Disponibilidad del récord de mantenimiento existente.	Z
Incidentes y accidentes relacionados con el funcionamiento del equipamiento.	S	
Diseño (DE)		
2	Adecuación del equipamiento de acuerdo a las normas y estándares declarados, aplicables a la tecnología.	Z
	Correspondencia de la instalación con el criterio de diseño.	Z
	Adaptabilidad de los criterios de diseño asumidos en los puestos de trabajo.	Z
	Viabilidad y eficacia de comunicación en las tareas antes y post diseño.	Z
	Existencia de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	Z
Fiabilidad de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	Z	
Administración de Mantenimiento (MM)		
3	Programación adecuada de mantenimientos de acuerdo a los criterios de diseño y régimen de explotación.	Z
	Adecuado control de calidad de la ejecución de los mantenimientos.	Z
	Mecanismos suficientes de coordinación para la ejecución de mantenimientos.	Z
	Adecuación de los registros de mantenimientos de equipos y sistemas, a las normas y estándares declarados.	Z
	Suficiencia de personal especializado para la ejecución de los mantenimientos.	Z
	Disponibilidad del tiempo necesario para la ejecución de mantenimientos.	Z
	Disponibilidad financiera para la ejecución de mantenimientos.	Z
	Suficiencia de manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	Z
	Adecuación a las normas declaradas de los manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	Z
	Adecuada estrategia de mantenimiento.	Z
	Adecuada identificación de fallas críticas en equipos y sistemas.	Z
	Adecuada selección de tareas de mantenimiento y sus frecuencias.	Z
Adecuada logística para reposición de partes, piezas y componentes de equipos claves.	Z	
Procedimiento (PR)		
4	Procedimientos acordes a las normativas y estándares declarados.	Z
	Adecuada retroalimentación de la implementación práctica de los procedimientos.	Z
	Adecuada actualización de los procedimientos de acuerdo a la normativa y estándares declarados.	Z
	Adecuada ubicación de los procedimientos que garantizan su consulta eficaz.	Z
	Los procedimientos cubren la totalidad de las acciones y actividades que lo requieren.	Z
	Se dispone de procedimientos escritos viables en la práctica.	Z
	Se aplican procedimientos de entrenamiento.	Z
	El personal de operación conoce todos los procedimientos existentes y las nuevas actualizaciones.	Z
	El personal de operación participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	Z
	El personal de seguridad y salud participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	Z
Se cumplen lo niveles de aprobación de los procedimientos requeridos.	Z	
Condiciones Propensas a Errores (EC)		
5	Se controlan las limitaciones humanas (enfermedades crónicas y eventuales).	Z
	Se controla la influencia de factores externos (ruido, oscuridad, temperatura).	Z
	Se controla la influencia de factores de comportamiento social (problemas domésticos, aburrimiento, obstinación).	Z
	Se controla la influencia de factores personales (ambiciones, comportamiento "Macho", vacilaciones).	Z
	Se controla la afectación por la fluctuación del personal.	Z
	Se controla el consumo de alcohol o estupefacientes.	S
	Se garantiza la estabilidad de situaciones laborales como cambios tecnológicos o reestructuraciones.	Z

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD

Tripode

Mantenimiento de planta Operador (1er trabajos)

Orden y Limpieza (HK)		
6	Adecuado suministro de materiales y personal.	Z
	Adecuada política para la ejecución de la gestión requerida.	Z
	Se controla la eficacia de la ejecución de la gestión requerida.	Z
	Ambiente de gestión que no propicia dificultades.	Z
	Se aseguran facilidades de deposición de residuos.	Z
	Adecuada definición de responsabilidades.	Z
	Los valores de sentido de pertenencia y autoridades son sostenidos.	Z
Adecuada planificación de orden y limpieza.		Z
Metas en Conflicto (Objetivos Incompatibles) (IG)		
7	Se excluye la aceptación de prioridades de producción "hacerlo a cualquier precio".	Z
	Se excluye la aceptación de prioridades financieras.	Z
	Se excluye la aceptación de prioridades sociales.	Z
	Se excluye la aceptación de prioridades individuales.	Z
Comunicación (CO)		
8	Adecuado uso del lenguaje.	Z
	Adecuada estructura de comunicación.	Z
	Adecuados lineamientos de comunicación.	Z
	Adecuados formatos de comunicación.	Z
	Adecuada retroalimentación en la comunicación.	Z
	Los formatos de comunicación están estandarizados.	Z
	Se eliminan estructuras de comunicación no usadas o subutilizadas.	Z
Se controla la sobrecarga en las líneas de comunicación	Z	
Organización (OR)		
9	Los departamentos y áreas se encuentran debidamente definidos en cuanto a su estructura y funcionamiento.	Z
	La delegación de autoridad y responsabilidad está debidamente definida.	Z
	Existe una adecuada definición de los objetivos.	Z
	Las actividades se encuentran debidamente coordinadas.	Z
	Las actividades se encuentran debidamente planificadas.	Z
	Existe una adecuada evaluación de los riesgos.	Z
	Existe una adecuada identificación de amenazas.	Z
	Se controla el exceso de burocracia.	Z
Se controlan los actos de negligencia y/o pérdida de la gestión de dirección.	Z	
Se garantiza la limitación de reorganizaciones frecuentes.	Z	
Entrenamiento (TR)		
10	Se evidencian experiencias efectivas.	Z
	Educación primaria compatible con las necesidades del trabajo.	Z
	Efectivo proceso de selección para el empleo.	Z
	Adecuada planificación de programas de entrenamientos.	Z
	Adecuada evaluación de la efectividad del entrenamiento.	Z
	Ejecución de entrenamientos compatibles.	Z
	Se realizan entrenamientos.	Z
	Se priorizan los entrenamientos.	Z
	Son efectivos los entrenamientos.	Z
	Adecuada selección del personal a entrenar.	Z
Adecuada selección del entrenador.	Z	
Defensas (DF)		
11	Detección.	Z
	Aviso.	Z
	Control.	Z
	Recuperación.	Z
	Protección.	Z
	Contención.	Z
	Escape.	Z
	Rescate.	Z
	Concientización de las personas.	Z
	Uso de equipos de protección personal, colectivos y/o tecnológicos.	Z

CRITERIOS QUE GARANTIZAN LA FIABILIDAD DEL SISTEMA	0,00%
CRITERIOS CAUSALES QUE PROPICIAN LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS NO DESEADOS	0,00%

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
Trípode



Planta	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA " BELLA VISTA "
Proceso	TRATAMIENTO DE AGUA CON CLORO
Sistema	INYECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CLORO AL AGUA
Pto Trabajo	Mantenimiento de planta Operador (2do Trabajador)
Fecha	21-04-2018
Revisor	Ing. José Luis Alfonso Barreto

No.	Modos de Fallas	Aceptación (S/N)
Equipo (HR)		
1	Existencia de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.	N
	Estado de adecuación del equipamiento para cubrir las intensiones de diseño o requerimientos de explotación.	N
	Disponibilidad de recursos para mantenimiento.	N
	Disponibilidad de recursos para modernización.	N
	Estado de vigencia de la tecnología aplicada.	N
	Se controla la existencia de equipos fuera del ciclo de vida útil.	N
	Disponibilidad de información sobre el estado real del equipamiento.	N
	Disponibilidad del récord de mantenimiento existente.	N
Diseño (DE)		
2	Adecuación del equipamiento de acuerdo a las normas y estándares declarados, aplicables a la tecnología.	N
	Correspondencia de la instalación con el criterio de diseño.	N
	Adaptabilidad de los criterios de diseño asumidos en los puestos de trabajo.	N
	Viabilidad y eficacia de comunicación en las tareas antes y post diseño.	N
	Existencia de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	N
Administración de Mantenimiento (MM)		
3	Programación adecuada de mantenimientos de acuerdo a los criterios de diseño y régimen de explotación.	N
	Adecuado control de calidad de la ejecución de los mantenimientos.	N
	Mecanismos suficientes de coordinación para la ejecución de mantenimientos.	N
	Adecuación de los registros de mantenimientos de equipos y sistemas, a las normas y estándares declarados.	N
	Suficiencia de personal especializado para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Disponibilidad del tiempo necesario para la ejecución de mantenimientos.	N
	Disponibilidad financiera para la ejecución de mantenimientos.	N
	Suficiencia de manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Adecuación a las normas declaradas de los manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Adecuada estrategia de mantenimiento.	N
Procedimiento (PR)		
4	Procedimientos acordes a las normativas y estándares declarados.	N
	Adecuada retroalimentación de la implementación práctica de los procedimientos.	N
	Adecuada actualización de los procedimientos de acuerdo a la normativa y estándares declarados.	N
	Adecuada ubicación de los procedimientos que garantizan su consulta eficaz.	N
	Los procedimientos cubren la totalidad de las acciones y actividades que lo requieren.	N
	Se dispone de procedimientos escritos viables en la práctica.	N
	Se aplican procedimientos de entrenamiento.	N
	El personal de operación conoce todos los procedimientos existentes y las nuevas actualizaciones.	N
	El personal de operación participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	N
El personal de seguridad y salud participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	N	
Condiciones Propensas a Errores (EC)		
5	Se controlan las limitaciones humanas (enfermedades crónicas y eventuales).	N
	Se controla la influencia de factores externos (ruido, oscuridad, temperatura).	N
	Se controla la influencia de factores de comportamiento social (problemas domésticos, aburrimiento, obstinación).	N
	Se controla la influencia de factores personales (ambiciones, comportamiento "Macho", vacilaciones).	N
	Se controla la afectación por la fluctuación del personal.	N
	Se controla el consumo de alcohol o estupefacientes.	N
Se garantiza la estabilidad de situaciones laborales como cambios tecnológicos o reestructuraciones.		
		N

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
 Trípode

Mantenimiento de planta Operados (2to Subejido)

Orden y Limpieza (HK)		
6	Adecuado suministro de materiales y personal.	S
	Adecuada política para la ejecución de la gestión requerida.	S
	Se controla la eficacia de la ejecución de la gestión requerida.	N
	Ambiente de gestión que no propicia dificultades.	N
	Se aseguran facilidades de deposición de residuos.	N
	Adecuada definición de responsabilidades.	N
	Los valores de sentido de pertenencia y autoridades son sostenidos.	N
Adecuada planificación de orden y limpieza.	N	
Metas en Conflicto (Objetivos Incompatibles) (IG)		
7	Se excluye la aceptación de prioridades de producción "hacerlo a cualquier precio".	N
	Se excluye la aceptación de prioridades financieras.	N
	Se excluye la aceptación de prioridades sociales.	N
	Se excluye la aceptación de prioridades individuales.	N
Comunicación (CO)		
8	Adecuado uso del lenguaje.	S
	Adecuada estructura de comunicación.	S
	Adecuados lineamientos de comunicación.	S
	Adecuados formatos de comunicación.	S
	Adecuada retroalimentación en la comunicación.	N
	Los formatos de comunicación están estandarizados.	N
	Se eliminan estructuras de comunicación no usadas o subutilizadas.	N
Se controla la sobrecarga en las líneas de comunicación	N	
Organización (OR)		
9	Los departamentos y áreas se encuentran debidamente definidos en cuanto a su estructura y funcionamiento.	N
	La delegación de autoridad y responsabilidad está debidamente definida.	N
	Existe una adecuada definición de los objetivos.	N
	Las actividades se encuentran debidamente coordinadas.	S
	Las actividades se encuentran debidamente planificadas.	S
	Existe una adecuada evaluación de los riesgos.	N
	Existe una adecuada identificación de amenazas.	N
	Se controla el exceso de burocracia.	N
Se controlan los actos de negligencia y/o pérdida de la gestión de dirección.	N	
Se garantiza la limitación de reorganizaciones frecuentes.	N	
Entrenamiento (TR)		
10	Se evidencian experiencias efectivas.	N
	Educación primaria compatible con las necesidades del trabajo.	N
	Efectivo proceso de selección para el empleo.	N
	Adecuada planificación de programas de entrenamientos.	N
	Adecuada evaluación de la efectividad del entrenamiento.	N
	Ejecución de entrenamientos compatibles.	N
	Se realizan entrenamientos.	N
	Se priorizan los entrenamientos.	N
	Son efectivos los entrenamientos.	N
	Adecuada selección del personal a entrenar.	N
Adecuada selección del entrenador.	N	
Defensas (DF)		
11	Detección.	N
	Aviso.	S
	Control.	N
	Recuperación.	N
	Protección.	S
	Contención.	N
	Escape.	N
	Rescate.	N
	Concientización de las personas.	N
	Uso de equipos de protección personal, colectivos y/o tecnológicos.	N

CRITERIOS QUE GARANTIZAN LA FIABILIDAD DEL SISTEMA	0,00%
CRITERIOS CAUSALES QUE PROPICIAN LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS NO DESEADOS	0,00%

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
Trípode



Planta	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA " BELLA VISTA "
Proceso	TRATAMIENTO DE AGUA CON CLORO
Sistema	INYECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CLORO AL AGUA
Pto Trabajo	LABORATORISTA
Fecha	20-04-2018
Revisor	Ing. José Luis Alfonso Barreto

No.	Modos de Fallas	Aceptación (S/N)
Equipo (HR)		
1	Existencia de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.	1
	Estado de adecuación del equipamiento para cubrir las intensiones de diseño o requerimientos de explotación.	1
	Disponibilidad de recursos para mantenimiento.	1
	Disponibilidad de recursos para modernización.	1
	Estado de vigencia de la tecnología aplicada.	1
	Se controla la existencia de equipos fuera del ciclo de vida útil.	1
	Disponibilidad de información sobre el estado real del equipamiento.	1
	Disponibilidad del récord de mantenimiento existente.	1
Incidentes y accidentes relacionados con el funcionamiento del equipamiento.	1	
Diseño (DE)		
2	Adecuación del equipamiento de acuerdo a las normas y estándares declarados, aplicables a la tecnología.	1
	Correspondencia de la instalación con el criterio de diseño.	1
	Adaptabilidad de los criterios de diseño asumidos en los puestos de trabajo.	1
	Viabilidad y eficacia de comunicación en las tareas antes y post diseño.	1
	Existencia de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	1
Fiabilidad de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	1	
Administración de Mantenimiento (MM)		
3	Programación adecuada de mantenimientos de acuerdo a los criterios de diseño y régimen de explotación.	1
	Adecuado control de calidad de la ejecución de los mantenimientos.	1
	Mecanismos suficientes de coordinación para la ejecución de mantenimientos.	1
	Adecuación de los registros de mantenimientos de equipos y sistemas, a las normas y estándares declarados.	1
	Suficiencia de personal especializado para la ejecución de los mantenimientos.	1
	Disponibilidad del tiempo necesario para la ejecución de mantenimientos.	1
	Disponibilidad financiera para la ejecución de mantenimientos.	1
	Suficiencia de manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	1
	Adecuación a las normas declaradas de los manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	1
	Adecuada estrategia de mantenimiento.	1
	Adecuada identificación de fallas críticas en equipos y sistemas.	1
Adecuada selección de tareas de mantenimiento y sus frecuencias.	1	
Adecuada logística para reposición de partes, piezas y componentes de equipos claves.	1	
Procedimiento (PR)		
4	Procedimientos acordes a las normativas y estándares declarados.	1
	Adecuada retroalimentación de la implementación práctica de los procedimientos.	1
	Adecuada actualización de los procedimientos de acuerdo a la normativa y estándares declarados.	1
	Adecuada ubicación de los procedimientos que garantizan su consulta eficaz.	1
	Los procedimientos cubren la totalidad de las acciones y actividades que lo requieren.	1
	Se dispone de procedimientos escritos viables en la práctica.	1
	Se aplican procedimientos de entrenamiento.	1
	El personal de operación conoce todos los procedimientos existentes y las nuevas actualizaciones.	1
El personal de operación participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	1	
El personal de seguridad y salud participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	1	
Se cumplen los niveles de aprobación de los procedimientos requeridos.	1	
Condiciones Propensas a Errores (EC)		
5	Se controlan las limitaciones humanas (enfermedades crónicas y eventuales).	1
	Se controla la influencia de factores externos (ruido, oscuridad, temperatura).	1
	Se controla la influencia de factores de comportamiento social (problemas domésticos, aburrimiento, obstinación).	1
	Se controla la influencia de factores personales (ambiciones, comportamiento "Macho", vacilaciones).	1
	Se controla la afectación por la fluctuación del personal.	1
	Se controla el consumo de alcohol o estupefacientes.	1
Se garantiza la estabilidad de situaciones laborales como cambios tecnológicos o reestructuraciones.	1	

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD

Tripode

Laboratorista

	Orden y Limpieza (HK)	
6	Adecuado suministro de materiales y personal.	2
	Adecuada política para la ejecución de la gestión requerida.	2
	Se controla la eficacia de la ejecución de la gestión requerida.	2
	Ambiente de gestión que no propicia dificultades.	2
	Se aseguran facilidades de deposición de residuos.	2
	Adecuada definición de responsabilidades.	2
	Los valores de sentido de pertenencia y autoridades son sostenidos.	2
	Metas en Conflicto (Objetivos Incompatibles) (IG)	
7	Se excluye la aceptación de prioridades de producción "hacerlo a cualquier precio".	5
	Se excluye la aceptación de prioridades financieras.	5
	Se excluye la aceptación de prioridades sociales.	5
	Se excluye la aceptación de prioridades individuales.	5
	Comunicación (CO)	
8	Adecuado uso del lenguaje.	5
	Adecuada estructura de comunicación.	5
	Adecuados lineamientos de comunicación.	5
	Adecuados formatos de comunicación.	5
	Adecuada retroalimentación en la comunicación.	2
	Los formatos de comunicación están estandarizados.	2
	Se eliminan estructuras de comunicación no usadas o subutilizadas.	2
Se controla la sobrecarga en las líneas de comunicación	2	
	Organización (OR)	
9	Los departamentos y áreas se encuentran debidamente definidos en cuanto a su estructura y funcionamiento.	5
	La delegación de autoridad y responsabilidad está debidamente definida.	5
	Existe una adecuada definición de los objetivos.	5
	Las actividades se encuentran debidamente coordinadas.	2
	Las actividades se encuentran debidamente planificadas.	2
	Existe una adecuada evaluación de los riesgos.	2
	Existe una adecuada identificación de amenazas.	2
	Se controla el exceso de burocracia.	2
Se controlan los actos de negligencia y/o pérdida de la gestión de dirección.	2	
Se garantiza la limitación de reorganizaciones frecuentes.	2	
	Entrenamiento (TR)	
10	Se evidencian experiencias efectivas.	2
	Educación primaria compatible con las necesidades del trabajo.	2
	Efectivo proceso de selección para el empleo.	2
	Adecuada planificación de programas de entrenamientos.	2
	Adecuada evaluación de la efectividad del entrenamiento.	2
	Ejecución de entrenamientos compatibles.	2
	Se realizan entrenamientos.	2
	Se priorizan los entrenamientos.	2
	Son efectivos los entrenamientos.	2
Adecuada selección del personal a entrenar.	2	
Adecuada selección del entrenador.	2	
	Defensas (DF)	
11	Detección.	5
	Aviso.	5
	Control.	5
	Recuperación.	2
	Protección.	2
	Contención.	2
	Escape.	2
	Rescate.	2
	Concientización de las personas.	2
Uso de equipos de protección personal, colectivos y/o tecnológicos.	2	

CRITERIOS QUE GARANTIZAN LA FIABILIDAD DEL SISTEMA	0,00%
CRITERIOS CAUSALES QUE PROPICIAN LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS NO DESEADOS	0,00%

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
 Tripode



Planta	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA " BELLA VISTA "
Proceso	TRATAMIENTO DE AGUA CON CLORO
Sistema	INYECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CLORO AL AGUA
Pto Trabajo	Oficinista (Técnico de Seguridad e Higiene del Trabajo).
Fecha	25-04-2018
Revisor	Ing. José Luis Alfonso Barreto

No.	Modos de Fallas	Aceptación (S/N)
Equipo (HR)		
1	Existencia de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.	S
	Estado de adecuación del equipamiento para cubrir las intensiones de diseño o requerimientos de explotación.	S
	Disponibilidad de recursos para mantenimiento.	S
	Disponibilidad de recursos para modernización.	S
	Estado de vigencia de la tecnología aplicada.	S
	Se controla la existencia de equipos fuera del ciclo de vida útil.	S
	Disponibilidad de información sobre el estado real del equipamiento.	S
	Disponibilidad del récord de mantenimiento existente.	S
Incidentes y accidentes relacionados con el funcionamiento del equipamiento.	N	
Diseño (DE)		
2	Adecuación del equipamiento de acuerdo a las normas y estándares declarados, aplicables a la tecnología.	S
	Correspondencia de la instalación con el criterio de diseño.	S
	Adaptabilidad de los criterios de diseño asumidos en los puestos de trabajo.	S
	Viabilidad y eficacia de comunicación en las tareas antes y post diseño.	S
	Existencia de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	S
Fiabilidad de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	S	
Administración de Mantenimiento (MM)		
3	Programación adecuada de mantenimientos de acuerdo a los criterios de diseño y régimen de explotación.	S
	Adecuado control de calidad de la ejecución de los mantenimientos.	S
	Mecanismos suficientes de coordinación para la ejecución de mantenimientos.	S
	Adecuación de los registros de mantenimientos de equipos y sistemas, a las normas y estándares declarados.	S
	Suficiencia de personal especializado para la ejecución de los mantenimientos.	S
	Disponibilidad del tiempo necesario para la ejecución de mantenimientos.	S
	Disponibilidad financiera para la ejecución de mantenimientos.	N
	Suficiencia de manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Adecuación a las normas declaradas de los manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	S
	Adecuada estrategia de mantenimiento.	S
	Adecuada identificación de fallas críticas en equipos y sistemas.	S
Adecuada selección de tareas de mantenimiento y sus frecuencias.	S	
Adecuada logística para reposición de partes, piezas y componentes de equipos claves.	S	
Procedimiento (PR)		
4	Procedimientos acordes a las normativas y estándares declarados.	S
	Adecuada retroalimentación de la implementación práctica de los procedimientos.	S
	Adecuada actualización de los procedimientos de acuerdo a la normativa y estándares declarados.	S
	Adecuada ubicación de los procedimientos que garantizan su consulta eficaz.	S
	Los procedimientos cubren la totalidad de las acciones y actividades que lo requieren.	S
	Se dispone de procedimientos escritos viables en la práctica.	S
	Se aplican procedimientos de entrenamiento.	S
	El personal de operación conoce todos los procedimientos existentes y las nuevas actualizaciones.	S
	El personal de operación participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	S
El personal de seguridad y salud participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	S	
Se cumplen los niveles de aprobación de los procedimientos requeridos.	S	
Condiciones Propensas a Errores (EC)		
5	Se controlan las limitaciones humanas (enfermedades crónicas y eventuales).	S
	Se controla la influencia de factores externos (ruido, oscuridad, temperatura).	S
	Se controla la influencia de factores de comportamiento social (problemas domésticos, aburrimiento, obstinación).	S
	Se controla la influencia de factores personales (ambiciones, comportamiento "Macho", vacilaciones).	S
	Se controla la afectación por la fluctuación del personal.	S
	Se controla el consumo de alcohol o estupefacientes.	S
Se garantiza la estabilidad de situaciones laborales como cambios tecnológicos o reestructuraciones.	S	

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD

Tripode

Oficina Técnica de Seguridad e Higiene del Trabajo

	Orden y Limpieza (OK)	
6	Adecuado suministro de materiales y personal.	S
	Adecuada política para la ejecución de la gestión requerida.	S
	Se controla la eficacia de la ejecución de la gestión requerida.	S
	Ambiente de gestión que no propicia dificultades.	S
	Se aseguran facilidades de deposición de residuos.	S
	Adecuada definición de responsabilidades.	S
	Los valores de sentido de pertenencia y autoridades son sostenidos.	S
	Adecuada planificación de orden y limpieza.	
	Metas en Conflicto (Objetivos Incompatibles) (IG)	
7	Se excluye la aceptación de prioridades de producción "hacerlo a cualquier precio".	S
	Se excluye la aceptación de prioridades financieras.	S
	Se excluye la aceptación de prioridades sociales.	S
	Se excluye la aceptación de prioridades individuales.	S
	Comunicación (CO)	
8	Adecuado uso del lenguaje.	S
	Adecuada estructura de comunicación.	S
	Adecuados lineamientos de comunicación.	S
	Adecuados formatos de comunicación.	S
	Adecuada retroalimentación en la comunicación.	S
	Los formatos de comunicación están estandarizados.	S
	Se eliminan estructuras de comunicación no usadas o subutilizadas.	S
Se controla la sobrecarga en las líneas de comunicación	S	
	Organización (OR)	
9	Los departamentos y áreas se encuentran debidamente definidos en cuanto a su estructura y funcionamiento.	S
	La delegación de autoridad y responsabilidad está debidamente definida.	S
	Existe una adecuada definición de los objetivos.	S
	Las actividades se encuentran debidamente coordinadas.	S
	Las actividades se encuentran debidamente planificadas.	S
	Existe una adecuada evaluación de los riesgos.	S
	Existe una adecuada identificación de amenazas.	S
	Se controla el exceso de burocracia.	S
Se controlan los actos de negligencia y/o pérdida de la gestión de dirección.	S	
Se garantiza la limitación de reorganizaciones frecuentes.	S	
	Entrenamiento (TR)	
10	Se evidencian experiencias efectivas.	S
	Educación primaria compatible con las necesidades del trabajo.	S
	Efectivo proceso de selección para el empleo.	S
	Adecuada planificación de programas de entrenamientos.	S
	Adecuada evaluación de la efectividad del entrenamiento.	S
	Ejecución de entrenamientos compatibles.	S
	Se realizan entrenamientos.	S
	Se priorizan los entrenamientos.	S
	Son efectivos los entrenamientos.	S
	Adecuada selección del personal a entrenar.	S
Adecuada selección del entrenador.	S	
	Defensas (DF)	
11	Detección.	S
	Aviso.	S
	Control.	S
	Recuperación.	S
	Protección.	S
	Contención.	S
	Escape.	S
	Rescate.	S
	Concientización de las personas.	S
	Uso de equipos de protección personal, colectivos y/o tecnológicos.	S

CRITERIOS QUE GARANTIZAN LA FIABILIDAD DEL SISTEMA	0,00%
CRITERIOS CAUSALES QUE PROPICIAN LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS NO DESEADOS	0,00%

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD
Trípode



Planta	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA " BELLA VISTA "
Proceso	TRATAMIENTO DE AGUA CON CLORO
Sistema	INYECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL CLORO AL AGUA
Pto Trabajo	5 ^a de Planta
Fecha	19-04-2014
Revisor	Ing. José Luis Alfonso Barreto

No.	Modos de Fallas	Aceptación (S/N)
Equipo (HR)		
1	Existencia de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema.	S
	Estado de adecuación del equipamiento para cubrir las intensiones de diseño o requerimientos de explotación.	N
	Disponibilidad de recursos para mantenimiento.	S
	Disponibilidad de recursos para modernización.	S
	Estado de vigencia de la tecnología aplicada.	S
	Se controla la existencia de equipos fuera del ciclo de vida útil.	N
	Disponibilidad de información sobre el estado real del equipamiento.	S
	Disponibilidad del récord de mantenimiento existente.	S
Incidentes y accidentes relacionados con el funcionamiento del equipamiento.	N	
Diseño (DE)		
2	Adecuación del equipamiento de acuerdo a las normas y estándares declarados, aplicables a la tecnología.	S
	Correspondencia de la instalación con el criterio de diseño.	S
	Adaptabilidad de los criterios de diseño asumidos en los puestos de trabajo.	S
	Viabilidad y eficacia de comunicación en las tareas antes y post diseño.	S
	Existencia de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	S
Fiabilidad de sistemas de salvaguardas en el equipamiento de acuerdo a los parámetros de diseño.	N	
Administración de Mantenimiento (MM)		
3	Programación adecuada de mantenimientos de acuerdo a los criterios de diseño y régimen de explotación.	N
	Adecuado control de calidad de la ejecución de los mantenimientos.	N
	Mecanismos suficientes de coordinación para la ejecución de mantenimientos.	N
	Adecuación de los registros de mantenimientos de equipos y sistemas, a las normas y estándares declarados.	N
	Suficiencia de personal especializado para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Disponibilidad del tiempo necesario para la ejecución de mantenimientos.	N
	Disponibilidad financiera para la ejecución de mantenimientos.	N
	Suficiencia de manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Adecuación a las normas declaradas de los manuales y documentos rectores para la ejecución de los mantenimientos.	N
	Adecuada estrategia de mantenimiento.	N
	Adecuada identificación de fallas críticas en equipos y sistemas.	N
	Adecuada selección de tareas de mantenimiento y sus frecuencias.	N
Adecuada logística para reposición de partes, piezas y componentes de equipos claves.	N	
Procedimiento (PR)		
4	Procedimientos acordes a las normativas y estándares declarados.	S
	Adecuada retroalimentación de la implementación práctica de los procedimientos.	S
	Adecuada actualización de los procedimientos de acuerdo a la normativa y estándares declarados.	S
	Adecuada ubicación de los procedimientos que garantizan su consulta eficaz.	S
	Los procedimientos cubren la totalidad de las acciones y actividades que lo requieren.	N
	Se dispone de procedimientos escritos viables en la práctica.	N
	Se aplican procedimientos de entrenamiento.	N
	El personal de operación conoce todos los procedimientos existentes y las nuevas actualizaciones.	S
	El personal de operación participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	S
El personal de seguridad y salud participa activa y pasivamente en la elaboración de los procedimientos.	N	
Se cumplen los niveles de aprobación de los procedimientos requeridos.	S	
Condiciones Propensas a Errores (EC)		
5	Se controlan las limitaciones humanas (enfermedades crónicas y eventuales).	N
	Se controla la influencia de factores externos (ruido, oscuridad, temperatura).	S
	Se controla la influencia de factores de comportamiento social (problemas domésticos, aburrimiento, obstinación).	N
	Se controla la influencia de factores personales (ambiciones, comportamiento "Macho", vacilaciones).	N
	Se controla la afectación por la fluctuación del personal.	N
	Se controla el consumo de alcohol o estupefacientes.	S
Se garantiza la estabilidad de situaciones laborales como cambios tecnológicos o reestructuraciones.	S	

ANÁLISIS DE CAUSALIDAD/FIABILIDAD

Trípode

Jefe de Planta.

6	Orden y Limpieza (HK)		
	Adecuado suministro de materiales y personal.		0000000000
	Adecuada política para la ejecución de la gestión requerida.		
	Se controla la eficacia de la ejecución de la gestión requerida.		
	Ambiente de gestión que no propicia dificultades.		
	Se aseguran facilidades de deposición de residuos.		
	Adecuada definición de responsabilidades.		
7	Metas en Conflicto (Objetivos Incompatibles) (IG)		
	Se excluye la aceptación de prioridades de producción "hacerlo a cualquier precio".		2222
	Se excluye la aceptación de prioridades financieras.		2222
	Se excluye la aceptación de prioridades sociales.		2
8	Comunicación (CO)		
	Adecuado uso del lenguaje.		0000000000
	Adecuada estructura de comunicación.		
	Adecuados lineamientos de comunicación.		
	Adecuados formatos de comunicación.		
	Adecuada retroalimentación en la comunicación.		200002
	Los formatos de comunicación están estandarizados.		
9	Organización (OR)		
	Los departamentos y áreas se encuentran debidamente definidos en cuanto a su estructura y funcionamiento.		0000000000
	La delegación de autoridad y responsabilidad está debidamente definida.		
	Existe una adecuada definición de los objetivos.		
	Las actividades se encuentran debidamente coordinadas.		
	Las actividades se encuentran debidamente planificadas.		
	Existe una adecuada evaluación de los riesgos.		
	Existe una adecuada identificación de amenazas.		
10	Entrenamiento (TR)		
	Se evidencian experiencias efectivas.		200022
	Educación primaria compatible con las necesidades del trabajo.		
	Efectivo proceso de selección para el empleo.		
	Adecuada planificación de programas de entrenamientos.		
	Adecuada evaluación de la efectividad del entrenamiento.		
	Ejecución de entrenamientos compatibles.		
	Se realizan entrenamientos.		
	Se priorizan los entrenamientos.		
Son efectivos los entrenamientos.			
11	Defensas (DF)		
	Detección.		0000000000
	Aviso.		
	Control.		
	Recuperación.		
	Protección.		
	Contención.		
	Escape.		
	Rescate.		
Concientización de las personas.			
CRITERIOS QUE GARANTIZAN LA FIABILIDAD DEL SISTEMA		0,00%	
CRITERIOS CAUSALES QUE PROPICIAN LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS NO DESEADOS		0,00%	

10.3 Anexo 3. Evidencias fotográficas.



Recolección de la información con los operadores de la planta.



Etiqueta en el contenedor con la información del proveedor (caso de estudio).



Traslado del contenedor con puente grúa desde área de cilindros llenos hasta las balanzas.



Diámetro de la válvula donde se simula la fuga.



Colocación del contenedor en la balanza.



Colocación de los medios de protección antes de conectar el contenedor al serpentín.



Herramienta que se utiliza para la conexión del contenedor al serpentín.



Manipulación y conexión de la válvula del contenedor al serpentín.



Verificación de posibles fugas con solución amoniacal.