

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL  
DE LAS AMÉRICAS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial  
Rediseño del proceso de suministro de oxígeno medicinal en el  
Hospital Adolfo Carit Eva para disminuir costos de la empresa  
Praxair Costa Rica

**AUTORA**

**Marlene Valverde Padilla**

**TUTOR**

**Allan Mora Vargas**

**San José, abril 2019**

## DEDICATORIA

“Si te caes te levanto y si no puedo,  
me tumbo a tu lado”.

-Julio Cortázar

Quiero dedicar cada una de estas palabras a mi familia, que todos los días me demuestra lo linda que es esta vida, lo lindo que es amarlos y tenerlos a mi lado.

A los que, cuando tengo un motivo para caer, me dan fuerzas enormes para levantarme. Son un apoyo incondicional siempre que lo necesito y les agradezco por creer en mí.

Gracias de verdad por llenar mi vida con esperanza y por ser la motivación que brota en mí cuando siento que no doy más, siempre que puedo un poco más es gracias a ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer primero a Dios, por darme la vida, llena de oportunidades, enseñanzas y por ir caminando conmigo en todos mis momentos felices y triunfantes, así como en todos mis momentos de dificultades.

En segundo lugar, a mis dos padres, Marlen y Luis Carlos, he sido tan afortunada de tenerlos con su apoyo en cada paso que doy en esta vida, porque me han dado todo lo que necesito y más, y por ser quienes me han ayudado a llegar donde estoy el día de hoy.

Gracias a todos mis profesores, por enseñarme todo lo que necesitaba para crecer profesionalmente y para superar cualquier obstáculo en mi futuro. Gracias por hacer de este proceso aún más enriquecedor.

A mi jefe y compañeros, gracias porque ha sido con ustedes y con mis quehaceres de todos los días que he crecido como nunca en mi profesión, ha sido el diario vivir en Praxair lo que me facilitó trabajar en esta investigación, espero ser capaz de retribuirles algún día todo lo que me han dado.

## CÓDIGO DE ÉTICA

Universidad Internacional de las Américas

Código de Ética

La suscrita Marlene Alejandra Valverde Padilla, carné de estudiante número 131535, graduada de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Industrial de la Universidad Internacional de las Américas, se compromete a cumplir, durante el ejercicio profesional, con el Código de Ética de la institución, que se rige por los siguientes principios:

**PROBIDAD:** actuar siempre con rectitud y honradez.

**PRUDENCIA:** actuar con pleno conocimiento de la materia sometida a su consideración.

**JUSTICIA:** permanente disposición hacia las funciones de la profesión, bajo los lineamientos legales que debe respetar todo profesional.

**RESPONSABILIDAD:** cumplir con los deberes, tanto en calidad como en oportunidad.

**DISCRECIÓN:** guardar respeto sobre los hechos o informaciones de los que tenga conocimiento con motivo del ejercicio profesional, sin que esto perjudique las funciones y responsabilidades.

**INDEPENDENCIA DE CRITERIO:** no involucrarse o comprometerse con situaciones, intereses o actividades contrarias a la moral, a la sana crítica y que, por ley, sean incompatibles con las funciones profesionales correspondientes.

**DIGNIDAD Y DECORO:** actuar con sobriedad y moderación.

**TOLERANCIA:** evidenciar una actitud paciente y de comprensión ante las opiniones divergentes que puedan expresar otras personas.

**EQUILIBRIO:** desempeñar las funciones profesionales con sentido práctico, buen juicio y equidad.

**ACTUALIZACIÓN:** comprometer parte del tiempo en actualizar los conocimientos y adaptarlos en el desarrollo de la actividad profesional.

**VOCACIÓN:** mostrar siempre apego al trabajo y a la educación recibida, como fundamentos para el desempeño laboral.

**BUENA FE:** toda conducta o comportamiento, criterio emitido y labor desempeñada debe basarse en los más altos principios éticos y tendrá como fundamento la buena fe.

## RESUMEN EJECUTIVO

Praxair Costa Rica es una empresa dedicada a la producción de gases atmosféricos, inició operaciones en Costa Rica desde el año 2012 y está presente en el Coyol desde ese mismo año. Cuenta con diversos departamentos de soporte al área de producción en esta planta; como lo son los Departamentos de Calidad, Compras y Planeación, Manufactura, Seguridad y Ambiente, Distribución, el Área Comercial y Productividad.

El Área de Productividad es la que se encarga de desarrollar proyectos de mejoras en los procesos, con el fin de generar una mayor rentabilidad para la empresa con ayuda de todos los departamentos en sus respectivas actividades. En el presente proyecto, al investigar aspectos de calidad y seguridad, se encuentra que al Hospital Adolfo Carit Eva se le entregan tanques de oxígeno líquido más de una vez a la semana, por lo cual, para Praxair Costa Rica es necesario mejorar el proceso de suministro de oxígeno e investigar si el mismo es rentable para la empresa.

Para el diagnóstico, se evalúa la empresa, el área de impacto y se encierra en el mismo la respuesta a la siguiente pregunta: ¿cuál impacto tiene Praxair Costa Rica actualmente con el suministro de oxígeno líquido al Hospital Adolfo Carit Eva? Con el fin de responder a esta pregunta, se realizaron diversos procedimientos: un análisis teórico de la empresa, los desperdicios que presenta el procedimiento actual de suministro de oxígeno líquido, así como los resultados financieros que tiene el hospital al realizar el proceso de esta manera.

Con lo anterior, se logra concluir que la empresa, al realizar las entregas en tanques pequeños, no cumple con las políticas financieras como lo es la ganancia de operación. Un hallazgo de pérdidas financieras puede implicar que Praxair Costa Rica no pueda continuar con las labores establecidas en el país por la corporación.

Para la propuesta de mejora, se rediseña el proceso de suministro de oxígeno líquido en el Hospital Adolfo Carit Eva, donde se incluye no solo al Departamento de Ventas, sino a varios departamentos de la empresa. Entre sus mejoras también se encuentra el control de implementar el proceso nuevo y posibles riesgos, los cuales se identifican en los planes de acción.

## Contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TUTOR.....	4
CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA .....	5
DECLARACIÓN JURADA.....	6
CÓDIGO DE ÉTICA.....	7
RESUMEN EJECUTIVO .....	8
CAPITULO I INTRODUCCIÓN.....	20
Generalidades de la Empresa.....	21
Planteamiento del Problema .....	22
Objetivos.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos .....	23
Justificación .....	23
Antecedentes.....	24
La Producción de los gases medicinales como fármacos .....	24
Procedimiento de calidad del suministro de oxígeno medicinal en un sector sanitario ....	24
Proyecciones .....	25
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	26
Metodología DMAIC .....	26
Mapeo de Procesos.....	28
Cadena de Valor.....	29
Diagrama de Flujo.....	30

	10
Estadística Descriptiva .....	32
Auto correlaciones .....	33
Pruebas de Hipótesis .....	33
Desperdicios.....	34
Diagrama Analítico .....	34
Proyecto.....	38
Diagrama de Pareto .....	38
Diagrama de Ishikawa .....	40
Evaluación de Proyectos .....	42
Estudio de Factibilidad.....	42
Estudio de Mercado .....	42
Producto.....	42
La Oferta.....	43
La Demanda.....	43
Etapas del Estudio de Mercado.....	43
Técnicas de Proyección del mercado .....	43
El Precio .....	47
Estudio Técnico .....	47
Equipo e Infraestructura .....	47
El Personal .....	48
Costo de los Materiales .....	48
Distribución física .....	48
Estudio del Marco Legal .....	48
Norma CGA (Compressed Gas Association) .....	49

	11
Norma DOT (Department of Transportation).....	50
Norma NFPA 99 .....	52
Estudio Organizacional .....	53
La Participación de Entidades Externas .....	53
Tamaño de la Estructura Organizativa .....	53
Tecnología Administrativa .....	53
Análisis Financiero y Económico .....	53
Estimación de Costos .....	53
Flujo neto de efectivo .....	54
Inversión inicial.....	54
Costo de capital.....	55
Valor presente neto (VPN) .....	55
Tasa interna de rendimiento (TIR).....	56
Periodo de recuperación .....	56
Implementación del proyecto .....	56
EDT (Estructura desglose de trabajo) .....	57
Diagrama de Gantt .....	58
Plan de Control .....	60
Análisis de riesgos.....	61
<b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>65</b>
Enfoque .....	65
Enfoque cualitativo .....	65
Enfoque cuantitativo .....	65
Enfoque Mixto .....	65

	12
Diseño/Método.....	66
Investigación Explicativa .....	66
Investigación Descriptiva .....	66
Investigación Exploratoria.....	66
Investigación Correlacional .....	66
Muestra de la Investigación.....	67
Variables o Unidades de Análisis .....	67
Instrumentos .....	69
Proceso para la Recolección de Datos .....	69
Método de Análisis .....	70
Cronograma .....	70
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	71
Fase de definición .....	71
Mapa de Procesos del Área de Producción .....	72
Cadena de Valor.....	73
Descripción del proceso productivo .....	77
Fase de medición.....	80
Desperdicios.....	86
Etapa de análisis.....	94
Ishikawa posibles causas .....	95
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	99
Conclusiones.....	99
Recomendaciones .....	100
CAPÍTULO VI PROPUESTA .....	102

Propuesta .....	102
Estudio de Mercado .....	102
El Producto .....	102
Análisis de la oferta.....	103
Análisis de la demanda .....	103
Método Holt-Winters .....	104
Análisis de precio .....	110
Estudio técnico.....	110
Descripción del proceso propuesto .....	110
Equipo e infraestructura .....	116
Personal .....	117
Materiales de construcción .....	117
Distribución Física del proyecto .....	118
Marco Legal.....	118
Norma CGA.....	119
Norma DOT .....	121
Norma NFPA99 .....	122
Estructura de equipo del proyecto.....	123
Participación entidades externas .....	123
Tamaño de la estructura organizacional .....	123
Tecnología administrativa .....	125
Análisis Económico .....	125
Estimación de Costos .....	126
Inversión inicial.....	127

	14
Flujo neto de efectivo .....	128
Costo de capital.....	129
Valor presente neto (VPN) y Tasa interna de Retorno (TIR).....	130
Periodo de recuperación .....	131
Requerimientos .....	131
Plan de Implementación .....	132
Diagrama de Gannt.....	132
EDT .....	133
Fase de Control .....	135
Plan de Control del proyecto .....	136
Factores Críticos de éxito o riesgos del proyecto .....	136
REFERENCIAS .....	139
APÉNDICES .....	141

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Etapas Metodología DMAIC.....	26
Figura 2 Mapa de Procesos .....	28
Figura 3 Cadena de Valor.....	29
Figura 4 Símbolos básicos diagrama de flujo.....	31
Figura 5 Fórmula de la media muestral.....	32
Figura 6 Fórmula de la desviación estándar .....	33
Figura 7 Símbolos Diagrama Analítico .....	35
Figura 8 Diagrama Analítico .....	37
Figura 9 Diagrama de Pareto.....	39

	15
Figura 10 Diagrama de Ishikawa .....	40
Figura 11 Especificaciones Norma CGA .....	49
Figura 12 Etiqueta oxígeno medicinal .....	50
Figura 13 Identificación de los peligros de los materiales .....	51
Figura 14 Diagrama Flujo Neto de efectivo .....	55
Figura 15 Ejemplo EDT .....	58
Figura 16 Ejemplo Diagrama de Gannt .....	59
Figura 17 Ejemplo Matriz de riesgo .....	62
Figura 18 WBS del proyecto .....	70
Figura 19 Cronograma Inicial del proyecto .....	71
Figura 20 Mapa de proceso del área de producción .....	72
Figura 21 Cadena de Valor para el proceso productivo .....	74
Figura 22 Diagrama de flujo para el proceso actual de suministro de oxígeno líquido.....	77
Figura 23 Entregas de Oxígeno Líquido .....	80
Figura 24 Consumo en litros de oxígeno líquido 2017-2018.....	81
Figura 25 Gráfico consumo en litros de Oxígeno Líquido 2017/2018.....	81
Figura 26 Precipitación de lluvia mensual promedio de San José.....	82
Figura 27 Gráfico de correlación de variables año 2017/2018.....	83
Figura 28 Datos de regresión.....	84
Figura 29 Análisis de la Varianza.....	85
Figura 30 Entregas Anuales .....	86
Figura 31 Entregas por mes.....	86
Figura 32 Tiempo de recorrido.....	87
Figura 33 Días Requeridos del camión .....	88

	16
Figura 34 Factor de utilización .....	88
Figura 35 Costo distribución por Kilometro .....	89
Figura 36 Costos de distribución .....	89
Figura 37 Costos de producción Anuales.....	90
Figura 38 Flujo Neto proceso actual.....	90
Figura 39 Diagrama Analítico del proceso actual .....	91
Figura 40 Promedio espera de camión en el Hospital.....	93
Figura 41 Acumulado del Pareto .....	94
Figura 42 Diagrama de Pareto .....	94
Figura 43 Diagrama de Ishikawa .....	96
Figura 44 Periodos de estacionalidad .....	104
Figura 45 Resultado Ecuación To.....	105
Figura 46 Resultado Ecuación To.....	105
Figura 47 Coeficientes de estacionalidad .....	106
Figura 48 Valores Exponentes Suavizantes .....	106
Figura 49 Datos de pronósticos con método Holter Winters .....	107
Figura 50 Demanda años 2017-2018-2019 .....	109
Figura 51 Demanda oxígeno liquido año 2019 .....	109
Figura 52 Diagrama propuesto suministro oxígeno líquido .....	110
Figura 53 Entregas Anuales .....	112
Figura 54 Entregas Mensuales.....	112
Figura 55 Tiempo de recorrido .....	112
Figura 56 Días Requeridos del camión .....	113
Figura 57 Factor de utilización.....	113

Figura 58 Costo por Kilometro Bulk .....	114
Figura 59 Costos Distribución.....	114
Figura 60 Diagrama Analítico .....	115
Figura 61 Promedio minutos en espera.....	116
Figura 62 Área establecida para el proyecto .....	118
Figura 63 Estructura Organizacional .....	123
Figura 64 Costo Variable de producción .....	126
Figura 65 Costo Variable de distribución .....	126
Figura 66 Costos Fijos .....	127
Figura 67 Costo Total .....	127
Figura 68 Inversión Praxair .....	127
Figura 69 Ventas estimadas.....	128
Figura 70 Flujo neto de efectivo.....	128
Figura 71 Resultado Financiero.....	130
Figura 72 Grafico Periodo de Recuperación .....	131
Figura 73 Diagrama de Gantt .....	132
Figura 74 Estructura desglose de trabajo .....	133
Figura 75 Matriz de riesgos del proyecto.....	136

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 Variables de la Investigación.....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 2 Instrumentos de recolección de datos. ....</b>	<b>69</b>
Tabla 5 Descripción técnica del producto .....	102
Tabla 6 Equipo necesario para cambio de proceso.....	116
Tabla 7 Recursos humanos del proyecto.....	117

Tabla 6 Requisitos Norma CGA.....	119
Tabla 7 Requisitos Norma DOT .....	121
Tabla 8 Norma NFPA99 .....	122

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ecuación Suavización Exponencial Doble.....	44
Ecuación 2 Serie suavizada exponencialmente .....	45
Ecuación 3 Estimado de la tendencia.....	45
Ecuación 4 Periodo .....	45
Ecuación 5 Suavización exponencial simple.....	45
Ecuación 6 Factor de suavización.....	45
Ecuación 7 Ecuación promedio móvil simple .....	46
Ecuación 8 Ecuación regresión lineal simple .....	46
Ecuación 9 Método mínimos cuadrados .....	46
Ecuación 10 Método mínimos cuadrados .....	47
Ecuación 11 Calculo VPN.....	55
Ecuación 12 Calculo TIR .....	56
Ecuación 13 Hipótesis Estadística .....	85
Ecuación 14 Entregas Anuales .....	86
Ecuación 15 Entregas por mes.....	86
Ecuación 16 Tiempo Recorrido .....	87
Ecuación 17 Días Requeridos.....	87
Ecuación 18 Factor de Utilización.....	88
Ecuación 19 Costos de distribución.....	89
Ecuación 20 To Valor Inicial para la tendencia .....	104

Ecuación 21 Fo Nivel medio inicial.....	105
Ecuación 22 Factores estacionales.....	105
Ecuación 23 Ft Nivel del periodo actual .....	106
Ecuación 24 Valor del periodo para la tendencia .....	107
Ecuación 25 Valor de la estacionalidad .....	107
Ecuación 26 Valor final para pronosticar año 2019 .....	107

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Este proyecto se desarrolla en el Hospital Rodolfo Carit Eva para la empresa Praxair Costa Rica, específicamente con el Departamento de Productividad. Praxair Inc. es una empresa global que produce, importa y exporta gases industriales y medicinales. Por su parte, Praxair Costa Rica actualmente tiene plantas de separación de aire, dióxido de carbono y acetileno. La capacidad de producción y distribución de Costa Rica proporciona a toda Centroamérica un gran portafolio de productos y servicios sirviendo a las compañías más importantes de la región.

Por la naturaleza del negocio, Praxair Costa Rica siempre busca la eficiencia en todos sus procesos. A lo largo de los años, los proyectos en los que trabaja la empresa siempre buscan aumentar la productividad, por ejemplo en el traslado de oxígeno.

El oxígeno es el gas más utilizado en todos los hospitales del mundo. Los hospitales de la Caja Costarricense del Seguro Social consumen el oxígeno como un medicamento para varios campos de aplicación como Terapia Respiratoria, Unidad de Cuidados Intensivos, Tratamiento de quemaduras, entre otros. En la actualidad, existen dos formas de almacenar el oxígeno: mediante gases comprimidos en tanques de acero-carbono o aluminio para el estado gaseoso o mediante líquidos criogénicos como es el oxígeno líquido en termos o tanques criogénicos fijos.

En el Hospital Adolfo Carit Eva se almacena en forma líquida en termos que son llenados por la empresa Praxair en la planta del Coyol de Alajuela, los cuales son pequeños para el consumo mensual de oxígeno medicinal, esto provoca que se hagan muchas entregas por parte de distribución.

A raíz de investigaciones constantes revisando los aspectos de calidad y seguridad de los productos y servicios en las aplicaciones con clientes, surge una alternativa y necesidad imperante para el suministro de oxígeno líquido en tanques criogénicos fijos como alternativa de soporte para los sistemas hospitalarios. Para Praxair Costa Rica, es necesario mejorar el proceso de suministro de oxígeno e investigar si el mismo es rentable para la empresa.

Para fines del proyecto se establece la principal problemática, con la cual se generó el título de la investigación, el problema y los objetivos. En el capítulo dos se desarrolla el marco teórico del proyecto, el cual sirve como argumento de la presente investigación y viene a sustentar el objeto de estudio.

El proyecto cuenta con un marco metodológico en el tercer capítulo, este detalla aspectos básicos de la metodología utilizada para desarrollar la investigación, indica la información requerida para cumplir con los objetivos, así como las técnicas aplicadas para la recopilación de datos tanto primarias como secundarias.

Después se encuentra detallado el diagnóstico, mediante el cual se determinan las principales causas de conformidades que se producen sobre el proceso de suministro de oxígeno medicinal como su proceso actual explicado; para luego aplicar el diseño que permite mejorar el problema, analizarlo y comprenderlo partiendo de la situación actual del proceso de suministro de oxígeno líquido. El proyecto se enmarca en la línea de investigación de diseño, desarrollo y mejoramiento de procesos.

### **Generalidades de la empresa**

Praxair Inc. es una compañía global con más de cien años de experiencia suministrando gases atmosféricos, especiales, entre otros. Praxair ha tomado algo tan fundamental como el aire y lo ha transformado en maneras de hacer que las fábricas operen de modo más limpio y productivo, la comida tenga mejor sabor, respirar sea más fácil y los procesos productivos se tornen más eficientes.

Praxair México inició sus operaciones en 1968 con la construcción de su primera planta separadora de aire en Monterrey, Nuevo León. En 1979, se incorpora la filial Nitropet, la cual proporciona servicios de inyección de nitrógeno a la industria petrolera.

A finales de la década de los ochenta, Praxair fue la primera empresa en introducir en México unidades autónomas de producción en sitio. En esa misma época Praxair fue el primero en instalar en México un laboratorio de elaboración y análisis de mezclas especiales, obteniendo en 1995 su primera certificación ISO 9002. En 2006, se inaugura el laboratorio de Control de Calidad y Producción de Materiales de Referencia.

En el año 2012, Praxair incorpora a Costa Rica como empresa ya existente. Actualmente, se ubica en el Coyol, en el parque industrial ProPark con más de 200 colaboradores. Por su parte, Praxair México opera como una compañía global con eficiencia local, estableciendo sistemas de producción, distribución y seguridad. Actualmente, diseña, construye y pone en marcha plantas de separación de aire a nivel continental, contando con más de 300 puntos de producción, distribución y ventas en todo México, Costa Rica y Panamá.

En Praxair la seguridad es parte de su filosofía, por lo que conduce todos sus procesos a una disciplina operacional apegada a altos estándares de la industria. Los proyectos que desarrolla con sus clientes están respaldados por procesos que garantizan una mayor productividad.

La misión de Praxair es *hacer el planeta más productivo*, llevando eficiencia y beneficios ambientales a más de 25 segmentos industriales, entre los que destacan el aeroespacial, automotriz, químico, alimentos y bebidas, electrónicos, energía, salud, manufactura, metales, entre otros. Además, la visión de la empresa es ser la compañía de gases industriales con mejor desempeño en el mundo determinado por sus clientes, colaboradores, accionistas, proveedores y las comunidades en las que operan.

### **Planteamiento del problema**

Por la naturaleza del negocio, Praxair siempre busca la eficiencia en todos sus procesos. A lo largo de los años, los proyectos en los que trabaja la empresa siempre buscan aumentar la productividad. Es por esto que Praxair siempre está innovando y mejorando todos sus proyectos bajo herramientas Six Sigma.

En la actualidad, se ha venido experimentando un crecimiento de pacientes por problemas respiratorios en los hospitales del país. Uno de ellos es el Hospital Adolfo Carit Eva, donde el suministro de oxígeno medicinal se hace mediante dos tanques de 230 litros conectados a un *manifold* hacia la red del hospital. Estos tanques no dan abasto por el consumo mensual del hospital, el cual es de 3800 litros aproximadamente, dejando como resultado una baja eficiencia del proceso de suministro de oxígeno medicinal.

Con el objetivo de corregir esta situación, Praxair Costa Rica cree necesario cambiar la forma en que se realiza este proceso, ofreciéndole al Hospital Adolfo Carit Eva un sistema donde se pueda aumentar la capacidad instalada, dando una mejor confianza y seguridad a la hora de suministrar oxígeno medicinal, así como una disminución de costos para la empresa y un incremento en ventas para una segunda fase.

Para el Hospital Adolfo Carit Eva es necesario corregir esta situación, ya que, al ser una institución pública, cualquier mejora que se haga traerá beneficios sociales porque los servicios que presta son básicos para la vida humana. Por ello, se plantea la pregunta de investigación:

¿Cómo rediseñar el proceso de suministro de oxígeno medicinal en el Hospital Adolfo Carit Eva para disminuir costos a la empresa?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Rediseñar el proceso de suministro de oxígeno medicinal en el Hospital Adolfo Carit Eva para disminuir costos a la empresa Praxair Costa Rica

### **Objetivos específicos**

- Definir la proyección de la demanda de oxígeno medicinal líquido precisa del Hospital Adolfo Carit Eva.
- Determinar los requerimientos del proceso de suministro de oxígeno medicinal del Hospital Adolfo Carit Eva.
- Establecer los requisitos administrativos y legales que conlleva una mejora tecnológica en el proceso de suministro de oxígeno líquido en un hospital público.
- Realizar una evaluación económica del proyecto según los valores del VAN y TIR para determinar su rentabilidad.

## **Justificación**

De acuerdo con el objetivo general, el presente estudio busca la rentabilidad del proyecto asociado a la mejora tecnológica del proceso de suministro de oxígeno líquido al Hospital Adolfo Carit Eva. Si se logra cumplir con las fechas de entregas estipuladas con el cliente, la imagen de la empresa se ve beneficiada. Además, se pretende disminuir los costos asociados.

Asimismo, como se indica en la introducción, el propósito de la propuesta para Praxair Costa Rica es hacer un proceso más productivo y seguro, por este motivo, siempre busca mejorar la eficiencia en todos los proyectos que realiza. La importancia de mejorar el proceso de suministro de oxígeno líquido conlleva un beneficio agregado, tanto para el hospital como para la empresa, ya que, al automatizar el proceso, genera una confiabilidad y seguridad más alta por no depender del personal del hospital.

## **Antecedentes**

### **La producción de los gases medicinales como fármacos**

Justino (2017) en el documento titulado *La producción de los gases medicinales como fármacos* habla sobre los cambios normativos de los gases a los gases medicinales como medicamentos y para obtener esta norma la planta debe ser un laboratorio farmacéutico.

Según (Justino, 2017, pág. 18)Justino (2017):

Existen dos tipos de medicamentos, los licuados y los comprimidos. La producción de líquido se produce por compresión y separación de aire mediante temperaturas bajas. El almacén del gas licuado se hace en tanques grandes a baja presión. Estando en los tanques se analiza el producto y ver si tiene la pureza grado medicamento. (p.18)

Ampliando lo que dice Justino (2017):

El producto puede entregarse tanto en granel como en tanques pequeños. Se distribuye al hospital mediante canalizaciones que requieren control, mantenimiento y seguimiento. Las áreas de responsabilidad son el fabricante que debe de dar la pureza que pida la regulación del país, la farmacia que son los encargados del hospital e ingeniería del hospital para dar mantenimiento a la red del hospital. (p.20)

### **Procedimiento de calidad del suministro de oxígeno medicinal en un sector sanitario**

Los autores Rovira, Iglesias y Morey (2011) realizan el trabajo titulado: *Procedimiento de calidad del suministro de oxígeno medicinal en un sector sanitario*, este se desarrolla específicamente para el suministro de oxígeno medicinal en los centros básicos de salud.

Según Rovira, Iglesias y Morey (2011):

Se desarrolla un documento sobre los procedimientos de calidad e información que debe de conocer el personal del centro para la gestión del oxígeno medicinal. Se investiga el consumo de oxígeno en litros correspondientes a los centros básicos de salud y se observa el aumento a partir de las tasas máximas de gripes anuales. (p.46)

En el trabajo de investigación se establecen indicadores de actividad como lo son: litros de oxígeno distribuidos/mes; número de pedidos/mes; número pedidos urgentes/total pedidos mes; y de calidad (número incidencias relacionadas con la gestión del oxígeno en los centros básicos de

salud/mes). Para esta investigación se detectaron dos incidencias mayores y tres menores, lo que ha llevado a detectar puntos débiles y a resolver las no conformidades (Rovira, Iglesias y Morey, 2011, p. 58). Dicho trabajo de investigación demuestra cómo se detectan las incidencias para corregir las no conformidades y así alcanzar el óptimo servicio.

### **Proyecciones**

1. Evaluar el proceso de suministro de oxígeno medicinal en el Hospital Adolfo Carit Eva.
2. Mejorar la productividad en el proceso de suministro de oxígeno líquido en el Hospital Adolfo Carit Eva.
3. Identificar el impacto económico de la implementación.
4. Ayudar a controlar el proyecto a través de herramientas de gestión que permitan la mejora continua de los distintos procesos de la empresa.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

Este capítulo se desarrolla con el fin de brindar sustento al proyecto relacionando las herramientas con los objetivos específicos. Es por esto que se describen los conceptos que permiten tener una visión más clara de cómo solucionar el problema. Por lo tanto, para la correcta comprensión del proyecto, se exponen a continuación aspectos claves que facilitan el entendimiento del desarrollo del tema por tratar. Esto consta de una ayuda teórica al escritor para desarrollar sus ideas de manera clara, concisa y con herramientas que se han comprobado anteriormente como útiles y aplicables.

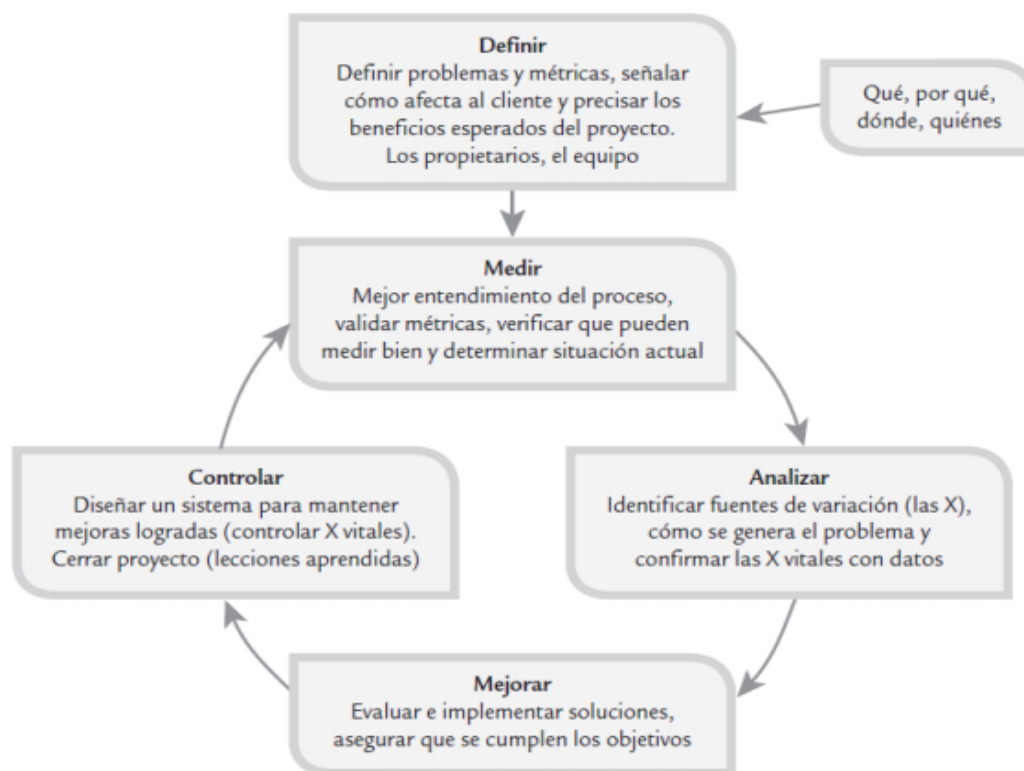
La presente investigación se basa en la metodología DMAIC, junto con algunas herramientas seleccionadas para el desarrollo y aplicación del estudio, con el fin de lograr el objetivo principal.

### Metodología DMAIC

Los datos por sí solos no resuelven los problemas del cliente y del negocio, por ello se necesita una metodología. Según Gutiérrez y De la Vara (2013): “Las iniciales DMAIC son un acrónimo de un proyecto  $6\sigma$ , el cual se apoya en una metodología robusta de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar” (p.403). En la siguiente figura 1: *Las etapas de la metodología DMAIC*, se describen las cinco fases:

#### Figura 1 Etapas de la metodología DMAIC

Figura 1 Etapas de la metodología DMAIC



Nota: Gutiérrez y de la Vara (2013)

En la Figura 1 *Etapas de la metodología DMAIC*, se detallan las cinco fases de la metodología que se usan en el proyecto.

En la primera etapa, se definen los problemas y métricas usadas, el cómo se desarrolla el proyecto para entender mejor el proceso, lo cual apoya a la segunda etapa de la metodología para medir y verificar la situación actual de la empresa y el proceso. Por otra parte, en la tercera etapa se analizan los resultados, además, se busca en qué etapas del proceso se están dando los problemas, sus variaciones, entre otros, lo cual ayuda a la cuarta etapa, para proponer mejoras y soluciones a los problemas y de esta manera lograr los objetivos planteados.

En la quinta etapa se diseña un método de control para mantener las mejoras logradas. Además, se da paso a un ciclo que inicia nuevamente con la etapa dos de medir, evaluar las mejoras y analizar si están dando los resultados esperados. De darse lo contrario, se proponen nuevas mejoras y se controla, en un ciclo de mejora continua. En los siguientes puntos se describe detalladamente cada una de las etapas y las herramientas usadas.

## **Mapeo de procesos**

Una forma fácil de entender el gerenciamiento de los procesos a todo el personal de la empresa es mediante el diseño de un mapa de procesos.

Según Gutiérrez y De la Vara (2013):

Representa la situación particular o propia de la organización y donde primordialmente se identifiquen las interrelaciones de los procesos como mecanismos para mejorar las comunicaciones al interior, que normalmente son deficientes por no conocer que productos y requisitos requieren los clientes internos y más grave aún, cuando se desconocen las necesidades de los clientes externos, que son los que pagan por los servicios y productos. (p.407)

Según la Organización Internacional de Normalización (2015), en la Norma ISO 9001:2015, las divisiones de procesos son las siguientes:

- Procesos operativos: son los procesos que se encuentran ligados de forma directa con la realización del producto o servicio, se habla de procesos en línea. Normalmente ocupan el bloque central en un mapa de procesos y este difiere dependiendo de la actividad que se trate.
- Procesos estratégicos: se encuentran vinculados al ámbito de las responsabilidades de la dirección. Se refieren fundamentalmente a todos los procesos de planificación y los que se considere que están ligados a los factores clave y estratégicos.
- Procesos de soporte: procesos que ofrecen soporte a los procesos operativos. Se suelen referir a todos los procesos que están relacionados con los recursos utilizados y las mediciones realizadas.

En la Figura 2 *Mapa de procesos*, se detallan los procesos indicados.

### **Figura 2 Mapa de procesos**



Nota: NORMA ISO 9001:2015

El representar de manera gráfica el proceso de suministro de oxígeno actual permite observar los pasos y la secuencia de dicho proceso facilitando así el trabajo de corrección y mejora. Así mismo ver el personal que participa en cada una de las tareas.

### Cadena de valor

En la logística intervienen diferentes agentes que aportan valor en la cadena de suministro donde ocurre una planificación, el aprovisionamiento de materiales, la producción, la gestión de inventario y la distribución.

Según Porter (1995): “La cadena de valor es un modelo teórico que gráfica y permite describir las actividades de una organización para generar valor al cliente final y a la misma empresa” (p.106). En la Figura 3 *Cadena de valor*, se detalla de forma genérica la infraestructura que debe llevar.

**Figura 3 Cadena de valor**



Nota: Michael Porter(1995)

Para identificar y entender la cadena de valor, se recomienda seguir los siguientes pasos. Según Porter (2009) :

- Paso 1 Identificar las subactividades para cada actividad principal:  
Hay tres tipos diferentes de subactividades:
  - o Actividades directas: crean valor por sí mismas.
  - o Actividades indirectas: permiten que las actividades directas que se ejecuten sin problemas.
  - o Actividades de aseguramiento de la calidad: aseguran que las actividades directas e indirectas cumplan con los estándares necesarios.
- Paso 2 Identificar las subactividades para cada actividad de apoyo: Para cada una de las actividades de apoyo como la gestión de recursos humanos, desarrollo tecnológico y adquisiciones, hay que determinar las subactividades que crean valor dentro de cada actividad principal.
- Paso 3 Determinar los vínculos: Encuentra las conexiones entre todas las actividades de valor que ha identificado. Esto tomará tiempo, pero los vínculos son clave para aumentar la ventaja competitiva en el marco de la cadena de valor.
- Paso 4 Oportunidades para aumentar valor: Revisar cada una de las subactividades y enlaces identificados, y cambiar o mejorar para maximizar el valor que ofrece a los clientes (clientes de las actividades de apoyo tanto interno como externo). (pp. 128-130)

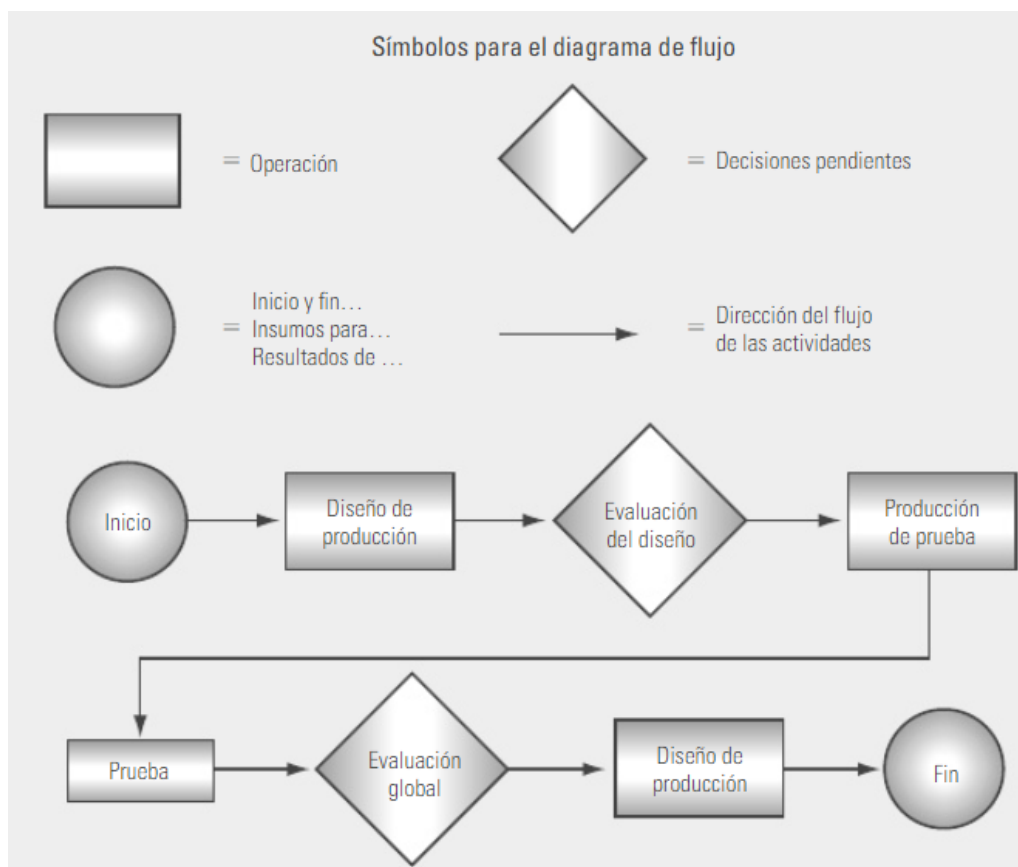
### **Diagrama de flujo**

En la presente investigación, el diagrama de flujo se utilizará para analizar los procesos actuales de suministro de oxígeno líquido, así como para mostrar las mejoras propuestas del proceso. Según Gutiérrez y De la Vara (2013): “Es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso. Por medio de este diagrama es posible ver en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; asimismo, es de utilidad para analizar y mejorar el proceso” (p.158).

Con esta herramienta se ilustra la secuencia de las operaciones del proceso de suministro de oxígeno líquido actual para visualizar qué mejoras se pueden implementar para hacer más eficiente

el proceso. En la Figura 4 *Símbolos básicos diagrama de flujo*, se muestran las formas básicas para un diagrama de flujo.

**Figura 4 Símbolos básicos diagrama de flujo**



Nota: Libro Calidad Total y Productividad, Humberto Gutiérrez Pulido

Los símbolos más utilizados son: rectángulo, rombo y flecha. Según Gutiérrez y De la Vara (2013): “con un rectángulo se identifica un paso o tarea del proceso, mientras que con un rombo se identifican los puntos de decisión (la respuesta a la pregunta determina el camino que debe tomarse)” (p.158).

La representación gráfica de un proceso simplifica su comprensión por parte de los empleados y clientes, además, facilita el monitoreo y la identificación de posibles puntos críticos. Según Gutiérrez y De la Vara (2013), los pasos para crear un diagrama de flujo son:

- Definir el objetivo del diagrama
- Delimitar el proceso bajo estudio

- Hacer un esquema general del proceso
- Profundizar en el nivel de detalle requerido
- Resaltar los puntos de decisión o bifurcación
- Revisar el diagrama completo (pp.158-159).

La gestión de los flujos por parte de Praxair Costa Rica debe ir definida sobre el cambio en el proceso de producción, distribución y entrega del oxígeno medicinal en el Hospital Adolfo Carit Eva.

### **Estadística descriptiva**

El objetivo principal de la estadística descriptiva según Gutiérrez y De la Vara (2013) es: “analizar las principales técnicas para realizar un análisis descriptivo de un conjunto de datos, donde se detecte la tendencia central, la variabilidad, así como la forma de distribución de estos datos” (p.16).

Según Gutiérrez y De la Vara (2013), en la estadística descriptiva se usan los siguientes conceptos:

- Capacidad de proceso: Consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada.
- Estadísticos: Según cantidades o mediciones que se obtienen a partir de los datos de una muestra y que ayudan a resumir las características de la misma.
- Media Muestral: Es una medida de tendencia central que es igual al promedio aritmético de un conjunto de datos, que se obtiene al sumarlos y el resultado se divide entre el - número de datos. (pp.18-21)

En la Figura 5 Fórmula de la *media muestral* .:

#### **Figura 5 Fórmula de la media muestral**

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 \dots x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Nota: Libro Control estadístico de la calidad y Seis Sigma

En la fórmula de la Figura 5 *Fórmula de la media muestral*, el promedio o media se obtiene sumando todos los datos (x) y el resultado de la suma se divide entre el número de datos (n).

- Media poblacional o del proceso,  $\mu$ : el valor que se observa de la media muestral,  $\bar{X}$ , por lo general es diferente a la media del proceso,  $\mu$ , ya que es de toda la población. Su valor depende de las piezas que se seleccionan ( $\bar{X}$  es una variable aleatoria).
- Desviación estándar muestral,  $S$ : según es la medida más usual de variabilidad e indica qué tan esparcidos están los datos con respecto a la media; se denota con la letra  $S$ .

En la Figura 6 *Fórmula de la desviación estándar*, se muestra a continuación:

### Figura 6 Fórmula de la desviación estándar

$$s = \sqrt{((x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2)/(n - 1)}$$

Nota: Libro Control estadístico de la calidad y Seis Sigma

En la Figura 6 *Fórmula de la desviación estándar*,  $S$ , se detalla que  $x_1$ ,  $x_2$ , hasta  $x_n$  son las observaciones numéricas de la muestra,  $n$  su tamaño y  $\bar{x}$  es la media muestral.

- Desviación estándar poblacional o del proceso,  $\sigma$ : si para calcular la desviación estándar se emplean todos los elementos de la población o proceso, entonces se obtiene la desviación estándar poblacional y se denota con la letra griega sigma ( $\sigma$ ). (pp.18-21)

La estadística descriptiva se utiliza para organizar datos y características con el propósito de llegar a conclusiones. Posibilita cuantificar la realidad y disponer de los elementos que permitan su análisis.

### Autocorrelaciones

“Es la correlación que existe entre una variable desfasada uno o más periodos y la misma variable” (Hanke, 1996, p. 164). Los coeficientes de autocorrelación para diferentes desfases de tiempo de una variable se emplean para identificar patrones en las series de tiempo de datos.

“Se utiliza el enfoque del análisis de Auto correlación con los patrones de datos que incluyen componentes como tendencia, estacionalidad e irregularidad” (Taha, 2012, p. 36).

### Pruebas de hipótesis

Según Gómez (2014,p.167) una prueba de hipótesis es: “Un procedimiento para decidir la aceptación o rechazo de una hipótesis estadística”, en otras palabras, se utiliza para evaluar si lo que se está considerando es una posibilidad bajo conceptos estadísticos. En el presente trabajo, se

utilizará para determinar el consumo mensual de oxígeno líquido que requerirá el Hospital Adolfo Carit Eva en el año 2019.

### **Desperdicios**

“Es cualquier cosa o actividad que genera costos pero que no agrega valor al producto” (Gutiérrez y De la Vara, 2013, p. 76). Así mismo, según Gutiérrez y De la Vara (2013), existen siete tipos de desperdicios, se mencionan a continuación:

- Sobreproducción: producir más de lo que necesita el cliente.
- Esperas: tiempo desperdiciado, debido a que durante este tiempo no hubo actividades que le agreguen valor al producto.
- Transportación: movimiento innecesario de materiales y personas.
- Sobreprocesamiento: esfuerzos que no son requeridos por los clientes y que no agregan valor.
- Inventarios: mayor cantidad de partes y materiales que el mínimo requerido para atender los pedidos del cliente.
- Movimientos: movimientos innecesarios de personas y materiales dentro de un proceso.
- Retrabajo: repetición de un proceso.

En el proceso de suministro de oxígeno líquido se analizan las actividades que no aportan valor añadido al producto y servicio que paga la Caja Costarricense del Seguro Social, ya que representan un coste directo para la empresa. La reducción o eliminación de estos desperdicios mejoran la eficacia del proceso productivo.

Una vez identificados los desperdicios del proceso, es importante entender la variabilidad de este, por medio de números que ayuden al análisis.

### **Diagrama analítico**

El diagrama analítico es un diagrama en el que se encuentran las actividades más fundamentales. Según Stevenson (1996, p.48), los detalles que se introducen son de almacenamiento, manipulación, movimiento de los materiales entre las operaciones inherentes a la fabricación. El diagrama representa gráficamente el orden en que suceden las operaciones, las inspecciones, los transportes, las demoras y los almacenamientos durante un proceso o un procedimiento e incluye

información adicional, tal como el tiempo necesario y la distancia recorrida. Por ello se definen las cinco actividades fundamentales que se pueden desarrollar en el proceso:

**Operación:** indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo común, la pieza, materia o producto en estudio se modifica durante la operación.

**Inspección:** indica que se verifica la calidad, la cantidad o ambas.





**Transporte:** indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.



**Espera:** indica la demora en el desarrollo de los hechos; por ejemplo, trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas o abandono momentáneo, no registrado, de cualquier objeto hasta que se necesite.

**Almacenamiento:** indica el depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde sea recibido o entregado, mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.

**Actividad combinada:** cuando se desea indicar que varias actividades son ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario en un mismo lugar de trabajo, se combinan los símbolos de tales actividades. (Stevenson, 1996, pp. 48-53)

**Figura 7 Símbolos del diagrama analítico**

Símbolo	Tipo de proceso	Observaciones
	Operación	Para cambiar
	Inspección	Para verificar
	Demora	Para esperar
	Transporte	Para mover

Símbolo	Tipo de proceso	Observaciones
	Almacenaje	Para proteger
	Actividad combinada	Para actividades simultáneas

Nota: Elaboración propia.

Con los elementos anteriores se puede obtener información detallada de cualquier tipo de proceso, por ello permiten elaborar gráficos y diagramas, de los cuales existen diferentes tipos, dependiendo de su propósito u objetivo en particular, entre ellos se tienen los siguientes:

a) Los que registran la sucesión de hechos en el orden en que ocurren.

b) Los que registran los sucesos, también en el orden en que ocurren, pero indicando su escala de tiempo, de modo que se observe mejor la acción mutua de sucesos relacionados entre sí.

Este diagrama es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos, como distancias recorridas, retrasos, almacenamientos temporales y los de manejo de materiales. Una vez que se han registrado todos los períodos no productivos (demoras, almacenamientos, distancias recorridas), el analista puede proceder al análisis del proceso e idear el nuevo método. (Stevenson, 1996, págs. 55-58)

El diagrama debe contener la siguiente información:

1.- El nombre del producto, material o equipo representado con el número del dibujo o número de clave.

2.- El trabajo o proceso que se realice, indicando claramente el punto de partida y de término y si el método es el utilizado o el proyectado.

3.- El lugar en que se efectúa la operación (departamento, estación, etc.).

4.- El número de referencia del diagrama de la hoja y el número de hojas.

5.- El nombre del observador y, en caso oportuno, el de la persona que aprueba el diagrama.

6.- La fecha del estudio.



## Proyecto

"Se establece que un proyecto no es ni más ni menos que la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre tantas, una necesidad humana" (Sapag, 1995, p. 2).

La optimización de la solución se puede realizar mediante el uso de nuevas tecnologías. El proyecto que se plantea busca una oportunidad de negocio para dar la mejor solución a un problema económico y para esto se realiza una serie de evaluaciones, con el fin de determinar la rentabilidad del proyecto.

### Diagrama de Pareto

"Este diagrama ayuda a clasificar las características de calidad de acuerdo con su frecuencia de ocurrencia y su nivel de criticidad o de importancia, para así saber cuál es la que precisa de más cuidados o controles especiales" (Acuña, 2012, p. 212). Referente a lo que dice Acuña, este gráfico ayudará a ordenar las características ya obtenidas anteriormente, para saber cuál es la característica que está afectando más a los resultados deseados.

Para la clasificación, dice Acuña (2012, p. 212) se utilizan cuatro definiciones diferentes:

Característica de calidad crítica (A): esta característica puede provocar la pérdida de vidas, el daño a la propiedad privada o hacer que el producto no cumpla con la función para lo que fue creado. Necesita ser totalmente eliminada.

Característica de calidad principal o mayor (B): hace que el producto deje de cumplir con la función intentada si cae fuera de los límites establecidos anteriormente. El cliente suele quejarse mucho por esta falla.

Característica de calidad menor (C): hace que el producto tenga fallas de poca importancia. No tiene gran impacto y, por ende, presenta pocas quejas.

Característica de calidad incidental o irrelevante (D): su falla no causa problemas importantes y muchas veces pasa desapercibida.

Para esto, normalmente se usa la regla del 80-20, que dice que si se soluciona alrededor del 20% de los problemas generados por situaciones críticas (A), se obtendrá un beneficio de 80%, ahí

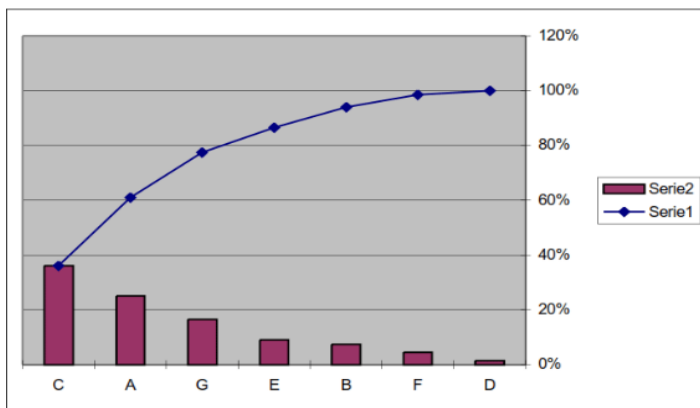
radica la importancia de que con el trabajo se logró encontrar cuáles son las verdaderas situaciones críticas que están afectando (Acuña, 2012, p.212).

Utilizando nuevamente como base a Acuña (2012), se obtienen los procedimientos por seguir para realizar esta clasificación, los cuales serían:

- Crear una lista de las características de calidad que se dieron en el diagrama de Ishikawa.
- Tomar datos de un registro o una muestra de producto terminado o de producto en proceso de tamaño ya calculado probabilísticamente con anterioridad y cuantificar la frecuencia de fallas.
- Otorgar un peso ( $w$ ) a cada característica después de un análisis de criticidad y ubicarla dentro de una de las cuatro categorías citadas anteriormente. La escala más utilizada es la de Dodge-Torrey, que utiliza los pesos: 100,75, 50,25.
- Se multiplica la frecuencia anotada en el paso 2 y se le multiplica el peso asignado anteriormente.
- Sumar todos los resultados del paso anterior y obtener el total.
- Se calcula el porcentaje de cada característica dividiendo el valor de cada uno de los resultados por separado entre el resultado total.
- Se crea un cuadro con el listado de características de calidad ordenadas de mayor a menor con base en el porcentaje calculado anteriormente.
- Se calcula el porcentaje acumulado.
- Se efectúa el corte al 80% y asigna a cada característica, en el intervalo de 0 a 80% y su calificación correspondiente por la letra.
- Se construye el eje x con escala indiferente, pero de igual ancho para cada característica de calidad y el eje y con una escala de 0 a 100 que representará el porcentaje.
- Se dibuja el rectángulo correspondiente a cada característica de altura que indique la misma.
- Se dibuja el acumulado.
- Se localiza en el eje los valores 80%, 95% y 98% y se buscan en el eje x las características que corresponden, que vendrían siendo las de prioridad. (Acuña, 2012, p.213)

En la Figura 9 *Diagrama de Pareto*, se muestra un ejemplo del gráfico:

### **Figura 9 Diagrama de Pareto**



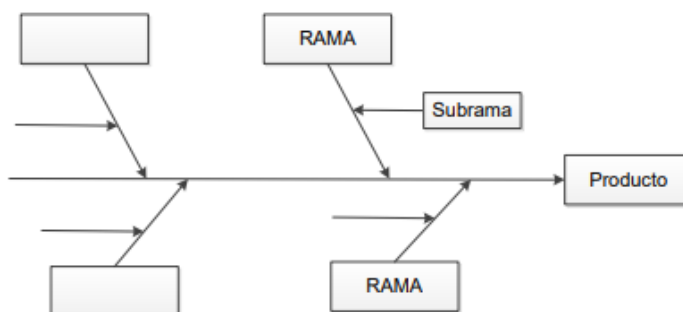
Nota: Marlene Valverde Padilla

La gráfica de la figura 9 permite identificar visualmente en una sola revisión las características más significativas que ocasionan problemas en el proceso de suministro de oxígeno líquido al hospital, a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva.

### Diagrama de Ishikawa

También conocido como diagrama de espina de pescado, es una forma de recolectar todas las características de calidad que giran en torno a la fabricación de un producto y ordenarlas en categorías. Para construir el diagrama de Ishikawa del presente trabajo, se seguirán los pasos establecidos por Acuña (2012, p. 207), los cuales se mostrarán a continuación en la Figura 10 *Diagrama de Ishikawa*.

**Figura 10 Diagrama de Ishikawa**



Nota: Libro Control de la Calidad. Un enfoque integral y estadístico

- Colocar la palabra producto en el extremo derecho de una flecha horizontal.

- Hacer una lista de todas las características de calidad que se generan: esta lista debe ser de todas las partes del producto, del proceso y para cada factor en general.
- Ordenar la información de manera secuencial: acomodar características de producto, proceso y factores en el orden de los factores de la calidad o el orden de las características principales.
- Se trazan las flechas diagonales (ramas) sobre las que se representarán las partes del proceso, del producto, factores o características.
- Dibujar subramas y anotar en ellas las características de calidad: se deben anotar las características de calidad asociadas a la parte o componente anotado en la rama.
- Verificar las características: verificar que si estén todas las anotaciones anteriormente enlistas. (Acuña 2012, p.207)

Para la construcción de este diagrama de manera digital, suelen utilizarse programas como Minitab ®, SAS ® o Visio ®, en el caso del proyecto se ayudará con Minitab ®.

A la hora de enlistar las características dice también Acuña (2012), se toman en consideración los siguientes aspectos:

- Recurso humano: conocimiento, habilidades, capacitación, responsabilidades, eficiencia, aptitudes, actitudes, motivación, educación y conciencia de la calidad.
- Métodos: estándares, procedimiento, condiciones especiales, ergonomía, simplificación de trabajo, especificaciones y consideraciones del diseño.
- Tecnología: capacidad de calidad, condiciones de operación, mantenimiento, capacidad tecnológica, herramientas, ajustes y precisión.
- Material: variabilidad, cambios de material, tecnología del material, proveedores, tipos, cuidados, almacenaje y transporte.
- Medio ambiente: iluminación, ventilación, temperatura, niveles de ruido y contaminación ambiental.
- Administración: programas de muestreo, organización de la inspección, programas de incentivos, asignación de cargas de trabajo, turnos de trabajo, estilo de dirección y liderazgo.
- Capital de trabajo: disponibilidad, requerimientos, costos de calidad, inversión, fuentes de financiamiento.

- Mercado: identificación de nichos, impacto, clientes, ubicación geográfica, competencia y publicidad. (p.210)

### **Evaluación de proyectos**

Baca (2013) define evaluación de proyectos como: “La evaluación, aunque es la parte fundamental del estudio, dado que es la base para decidir sobre el proyecto, depende en gran medida del criterio adoptado de acuerdo con el objetivo general del proyecto” (p.33). Este autor indica que la evaluación es la conceptualización para aceptar o rechazar un proyecto, sin embargo, existen criterios asociados a esto como son la factibilidad de un proyecto.

### **Estudio de factibilidad**

La administración óptima de recursos se considera fundamental en el logro de los objetivos propuestos. Un estudio de factibilidad es: “el estudio que profundiza la investigación en fuentes primarias en investigación de mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto, y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión” (Baca, 2013, p. 32).

La evaluación de un proyecto de inversión debe considerar aspectos mercadológicos, tecnológicos, organizacionales, legales, económicos y financieros.

### **Estudio de mercado**

Uno de los factores más críticos en el estudio de proyectos es determinar el mercado, según Sapag (1995): “El estudio de mercado se identifica con la definición del precio y la demanda a que los consumidores están dispuestos a comprar” (p.47). El cliente que requiere del suministro de oxígeno líquido son los pacientes del Hospital Adolfo Carit Eva y para eso el hospital tiene un contrato de un año prorrogable a tres más para entregar el producto.

### **Producto**

Se define como: “el resultado de un trabajo u operación, cuando se estudia el producto en el conjunto de la estrategia comercial este ayuda a identificar parte del comportamiento esperado” (Sapag, 1995, p. 52).

## **La oferta**

La oferta se define como: "...la cantidad de bienes y servicios que un cierto número de oferentes están dispuestos a poner a disposición del mercado a un precio determinado..." (Parkin, 2009, p. 59).

La oferta, al igual que la demanda, es función de una serie de factores. Dentro de ellos se pueden mencionar: los precios de los bienes relacionados, capacidad instalada, nivel de tecnología y los costos de producción; también existen otros como el apoyo gubernamental y la legislación existente, los cuales deben ser considerados por la investigación.

## **La demanda**

Desde un punto de vista económico, Parkin y Esquivel define la demanda como: "La cantidad total de la capacidad de gasto que las empresas y los individuos quieren dedicar a la adquisición de bienes y servicios en una economía, durante un periodo determinado" (Parkin, 2009, p. 59).

De acuerdo con la definición anterior, el análisis de la demanda consiste en determinar, por medio del uso de diferentes técnicas como la observación, entrevistas y encuestas, o bien mediante el análisis de datos e información estadística, el nivel de aceptación potencial que tendrá el producto que se planea producir.

## **Etapas del estudio de mercado**

Según Sapag (1995), la definición del proceso de estudio de mercado es: "aquella que está en función del carácter cronológico de la información que se analiza. De acuerdo con esto se definirán tres etapas: análisis histórico del mercado, análisis de la situación vigente y análisis de la situación proyectada" (p.53).

Cualquier pronóstico tiene que partir de una situación dada de hechos pasados, por esto es de suma importancia que se deban reunir datos históricos.

## **Técnicas de proyección del mercado**

Su principal uso es determinar qué pasará en el futuro, con el fin de tomar decisiones adecuadas, se usa el término pronosticar para hacer referencia a un método específico, en lugar de la simple adivinanza, para predecir eventos futuros.

Según Sipper (1998):

Existen métodos subjetivos o cualitativos donde, en su forma más simple, utilizan la opinión del experto para obtener el pronóstico. De igual manera están los métodos causales, intentan relacionar la variable que se quiere pronosticar con alguna otra variable. Por último, los métodos de series de tiempo usan el pasado para tratar de determinar el futuro y están basados en principios estadísticos. (p.96)

La serie de datos sucesivos de tiempo pretende explicar o contabilizar los comportamientos de los datos. Estos datos cuentan con los siguientes componentes:

- La tendencia de una serie de tiempo es el componente de largo plazo que representa el crecimiento o disminución en la serie sobre un periodo amplio.
- El componente cíclico es la fluctuación en forma de onda alrededor de la tendencia, afectada por lo regular por las condiciones económicas generales. Los patrones cíclicos tienden a repetirse en los datos aproximadamente cada dos, tres o más años.
- El componente estacional se refiere a un patrón de cambio que se repite a sí mismo año tras año. La variación estacional puede reflejar condiciones de clima, días festivos o la longitud de los meses calendario.
- El componente aleatorio mide la variabilidad de las series de tiempo después de que se retiran los otros componentes. Contabiliza la variabilidad aleatoria en una serie de tiempo ocasionada por factores imprevistos y no recurrentes. (Sipper, 1998, pp. 97-99)

### **¿Cómo elegir un modelo de pronóstico?**

A la hora de elegir un modelo, se toman en consideración diferentes factores, como el horizonte de tiempo por pronosticar, disponibilidad de los datos, precisión requerida, tamaño del presupuesto para el pronóstico y la disponibilidad del personal calificado.

#### **Suavización exponencial doble.**

“La técnica de suavización exponencial doble, también conocida como Método de Brown, se usa para pronosticar series de tiempo que tienen una tendencia lineal. Los conceptos básicos son similares a los de los promedios móviles dobles. Suavización exponencial simple” (Hanke, 1996, p. 171).

Sus ecuaciones son:

#### **Ecuación 1 Ecuación Suavización Exponencial Doble**

$$FTt = F(t - 1) + T(t - 1)$$

Fuente: (Taha, 2012).

### **Ecuación 2 Serie suavizada exponencialmente**

$$FT = FTt + \alpha (Dt - FTt)$$

Fuente: (Taha, 2012).

### **Ecuación 3 Estimado de la tendencia**

$$Tt = T(t - 1) + \beta (FTt - FTt(t - 1) - T(T - 1))$$

Fuente: (Taha, 2012).

### **Ecuación 4 Periodo**

$$T = (Du - D1)/(n - 1)$$

Fuente: (Taha, 2012).

### **Suavización exponencial simple.**

“El método de suavización exponencial simple se calcula el promedio de una serie de tiempo con un mecanismo de autocorrección que busca ajustar los pronósticos en dirección opuesta a las desviaciones del pasado mediante una corrección que se ve afectada por un coeficiente de suavización” (Hanke, 1996, p. 169).

Así entonces, este modelo de pronóstico precisa tan solo de tres tipos de datos: el pronóstico del último período, la demanda del último período y el coeficiente de suavización.

Sus ecuaciones son:

### **Ecuación 5 Suavización exponencial simple**

$$\widehat{X}_t = \hat{x}_{t-1} + \alpha (x_{t-1} - \widehat{X}_{t-1})$$

Fuente: (Taha, 2012).

### **Ecuación 6 Factor de suavización**

$$\alpha = \frac{2}{n + 1}$$

Fuente: (Taha, 2012).

### **Promedio móvil simple.**

El método de pronóstico móvil simple se utiliza cuando se quiere dar más importancia a conjuntos de datos más recientes para obtener la previsión. Cada punto de una media móvil de una serie temporal es la media aritmética de un número de puntos consecutivos de la serie, donde el número de puntos es elegido de tal manera que los efectos estacionales o irregulares sean eliminados (Taha, 2012, p. 56).

Su ecuación es:

#### **Ecuación 7 Ecuación promedio móvil simple**

$$\hat{X}_t = \frac{\sum_{t=1}^n X_t - 1}{n}$$

Fuente: (Taha, 2012).

### **Regresión lineal.**

El modelo de pronóstico de regresión lineal permite hallar el valor esperado de una variable aleatoria a cuando b toma un valor específico. La aplicación de este método implica un supuesto de linealidad cuando la demanda presenta un comportamiento creciente o decreciente, por tal razón, se hace indispensable que previo a la selección de este método exista un análisis de regresión que determine la intensidad de las relaciones entre las variables que componen el modelo. (Hanke, 1996, p. 168)

El pronóstico de regresión lineal simple es un modelo óptimo para patrones de demanda con tendencia (creciente o decreciente), es decir, patrones que presenten una relación de linealidad entre la demanda y el tiempo.

Sus ecuaciones son:

#### **Ecuación 8 Ecuación regresión lineal simple**

$$y = b_0 + b_1 * X$$

Fuente: (Taha, 2012).

#### **Ecuación 9 Método mínimos cuadrados**

$$B_1 = \frac{\sum xy - \frac{\sum x * \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

Fuente: (Taha, 2012).

### **Ecuación 10 Método mínimos cuadrados**

$$B_0 = \frac{\sum y * b_1 * \sum x}{n}$$

Fuente: (Taha, 2012).

### **El precio**

El precio se define como: “...la cantidad de dinero que se cobra por un producto o servicio, o la suma de los valores que los consumidores dan a cambio de los beneficios de tener o usar el producto o servicio” (Keller, 2012, p. 383). El contrato ya tiene establecido el precio del producto, sin embargo, hoy en día se conoce que intervienen otra serie de elementos como el servicio al cliente, la calidad, la distribución física del producto, entre otros.

### **Estudio técnico**

“El estudio técnico consiste en la selección de los medios de producción, su objetivo básico es demostrar la viabilidad del proyecto, justificando seleccionar la mejor alternativa para abastecer el mercado de acuerdo con las restricciones de recursos, ubicación y tecnologías accesibles.” (Baca, 2013, p. 203). En este estudio se establecen, además, ciertas herramientas que permiten identificar todas las actividades que se deben realizar para brindar un servicio.

En esta parte del proyecto, se incluyen ensayos e investigaciones preliminares tendientes a determinar aspectos tales como equipo e infraestructura, personal necesario, así como la cantidad y calidad de la materia prima requerida y la selección del proceso de producción; se citan y explican a continuación:

### **Equipo e infraestructura**

De acuerdo con el autor Sapag (1995), equipo e infraestructura se define como: “...todas las inversiones que permiten la operación normal de la planta de la empresa creada por el proyecto; la infraestructura se identifica como la inversión en obra física que se realiza para la adquisición de

terrenos...” (p.139). Estas inversiones se refieren a la adquisición de maquinaria, herramientas, vehículos y equipo en general, además del terreno y el edificio necesarios.

### **El personal**

Según Sapag (1995), define el balance de personal como: “...aquel que permite sistematizar la información referida a la cantidad de personal, que se requerirá en la operación del proyecto, con el fin de determinar el monto de las remuneraciones...” (p.143).

Como se puede apreciar, este indicador se constituye en uno de los más importantes para el proyecto, pues para determinar el costo de este, se deben considerar aspectos tales como el tipo y el nivel de la tecnología por utilizar en el proceso productivo, el grado de especialización de la mano de obra, disponibilidad de esta, así como el marco legal con el cual se regula su contratación.

### **Costo de los materiales**

Al igual que el rubro anterior, este es uno de los renglones de mayor importancia dentro de la determinación de los costos de operación de la empresa, según el autor Sapag (1995), el cálculo de los materiales se realiza a partir de: “...un programa de producción que defina en primer término el tipo, la calidad y cantidades de materiales directos e indirectos requeridos, para operar a los niveles de producción esperados...” (p.145).

La capacidad normal se presenta cuando las condiciones vigentes durante la ejecución del proyecto permiten operar a un mínimo costo unitario, por lo cual es importante definir los conceptos de capacidad teórica, máxima y normal.

### **Distribución física**

Se define como: “la distribución física de un producto está constituida por aquellos elementos necesarios para poner el producto a disposición del cliente, en el momento y lugar adecuados” (Keller, 2012, p. 446). Es importante señalar que el hospital ha sido el encargado de señalar donde va a realizarse el futuro proyecto, ya que solo cuentan con ese espacio.

### **Estudio del marco legal**

Para efectos de este estudio, el sistema legal se define como: “El conjunto normativo que rige a una sociedad obedeciendo a principios y directrices definidas, tales como el sentido jerárquico de las normas” (Sapag, 1995).

Del concepto anterior, el marco jurídico estudia el ordenamiento jurídico fijado por leyes, reglamentos, decretos y costumbres expresadas en normas permisivas, prohibitivas e imperativas, las cuales de una u otra forma afectan el proyecto y condicionan así los flujos y desembolsos en su implementación.

El proyecto se basa en una licitación de entrega según demanda de gases medicinales. Por lo que las normas que rigen para este tipo de licitación son las siguientes:

### **Norma CGA (Compressed Gas Association)**

Esta norma se utiliza para establecer las reglas que deben ser respetadas para el manejo de gases comprimidos (Compressed Gas Association, 2018). En la Figura 11 *Especificaciones Norma CGA* se observan las descripciones que debe llevar un cilindro.

### **Figura 11 Especificaciones Norma CGA**

1	Válvula de Cilindro
1a	Volante
1b	Salida de gas/ conexión CGA 540 <sup>9</sup>
1c	Válvula de seguridad (dispositivo de ruptura)
2	Tapón de seguridad
3	Rosca para capuchón
4a	Norma de fabricación: DOT (Department of Transportation) ICC (Instate Commerce Comission) hasta 1970
4b	Material de Construcción: 3 A (Acero de alto carbón) 3 AA (Acero tratado con calor) 3 AL (Aluminio)
4c	Presión de llenado en libras
5	Número de serie
6	Marca del fabricante del cilindro
7a	Mes en que se realiza la prueba hidrostática
7b	Marca del laboratorio que realiza la prueba
7c	Año en que se realiza la prueba hidrostática
7d	+ indica que las pruebas de expansión y fuga son aceptables y puede ser llenado a una presión 10% superior a la indicada en el numeral 4c, no aplica a cilindros fabricados con aluminio.
7e	* indica que la prueba hidrostática se puede realizar cada 10 años a 5/3 de la presión de llenado y no cada 5 años como es lo normal, no aplica para cilindros de aluminio.

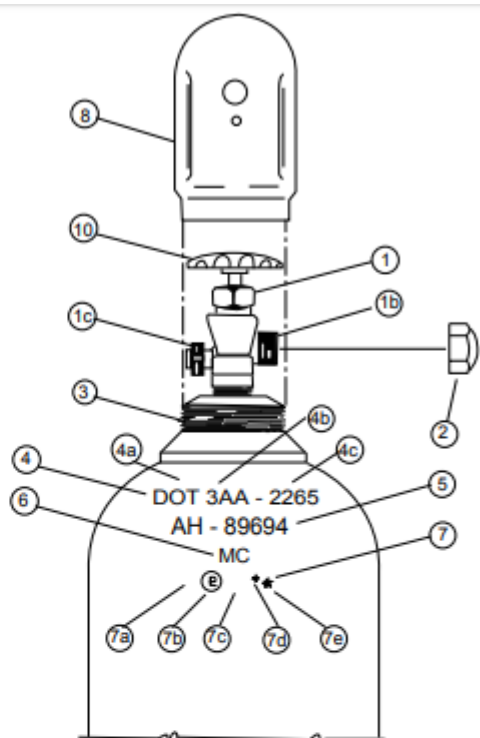


Figura 7.1.3.2 Parte superior del cilindro para mostrar los componentes y datos de diseño.

Nota: Praxair Costa Rica.

### Norma DOT (Department of Transportation)

El Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT por sus siglas en inglés Department of Transportation) (2006) emite otra de las normas que se utiliza en la comercialización de gases en la DOT, la cual debe especificar el tipo de transporte especial para llevar los productos químicos, así como identificarlos tanto en sus empaques como en los camiones. A continuación, se muestra en la Figura 12 *Etiqueta oxígeno medicinal*, lo que debe llevar en la misma según la norma DOT.

### Figura 12 Etiqueta oxígeno medicinal



Nota: Praxair Costa Rica.

El Departamento de Transporte requiere que estos productos, como son catalogados químicos y peligrosos, deben ir identificados por la clasificación de riesgo, así como el nombre del mismo. Estas dos especificaciones deben ir colocadas también en el transporte que se utiliza para este tipo de producto. Como lo señala la Figura 13 *Identificación de los peligros de los materiales*:

**Figura 13 Identificación de los peligros de los materiales**



Nota: Praxair Costa Rica.

El sistema está constituido por un rombo dividido en cuatro partes, con diferentes colores; tres se utilizan para especificar el riesgo asociado: para la salud, en azul; inflamabilidad, en rojo y

reactividad, en amarillo. El cuarto (blanco) se asocia a riesgos o peligros especiales como radioactividad, ácido corrosivo, etc.

### **Norma NFPA 99**

Según la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA por sus siglas en inglés National Fire Protection Association) (s.f.), el código de instalaciones de atención médica es un documento inusual dentro de la familia de códigos y normas de la NFPA, ya que cubre muchos artículos que no están relacionados con la seguridad contra incendios.

La NFPA 99 permite determinar el riesgo para los pacientes de los procedimientos ofrecidos en sus edificios y proporciona los requisitos para protegerse contra esos riesgos.

Las cuatro categorías de riesgo se resumen como:

1. Categoría 1: la falla del sistema o equipo es probable que cause lesiones graves o la muerte a los pacientes o cuidadores.
2. Categoría 2: la falla del sistema o equipo es probable que cause lesiones leves a los pacientes o cuidadores.
3. Categoría 3: no es probable que la falla del sistema o equipo cause lesiones; sino más bien una incomodidad paciente.
4. Categoría 4: la falla del sistema o equipo no tendría ningún impacto en la atención del paciente.

NFPA 99 se aplica a todas las instalaciones de atención médica distintas de aquellas en las que se brinda atención médica domiciliaria.

#### **Almacenamiento de gas.**

El almacenamiento a granel al aire libre exige un mínimo de dos rutas de salida. Los lugares de almacenamiento de gases deben tener la ventilación natural en lugar de la ventilación mecánica. A excepción de los compresores de aire médicos, no se permite ningún equipo impulsado por motor en la misma habitación con almacenamiento de gas médico.

## **Estudio organizacional**

Los efectos económicos de la estructura organizativa se manifiestan tanto en las inversiones como en los costos de operación del proyecto. Por eso, en este tipo de análisis se toman en cuenta factores organizacionales tales como:

### **La participación de entidades externas**

Se refiere a las relaciones con proveedores y clientes, además de unidades coordinadoras y fiscalizadoras como lo son las auditorías externas, contratistas y agencias publicitarias.

### **Tamaño de la estructura organizativa**

Se relaciona directamente con el tamaño del proyecto, relacionado el número de niveles jerárquicos y divisiones funcionales de la organización.

### **Tecnología administrativa**

Se refiere al grado o nivel de automatización de los procedimientos administrativos incorporados al proyecto. Por tal razón, se considera como un complemento del estudio organizacional y se encuentra determinada por el tamaño de este.

El objetivo del rediseño del proceso de suministro de oxígeno líquido en el hospital es lograr un aprovechamiento más eficiente de los recursos disponibles para aumentar la capacidad de producción o de prestación de servicios a un menor costo. Para aprovechar todos los recursos se debe dar seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto, para lo cual se utiliza el análisis financiero y económico.

## **Análisis financiero y económico**

Para seleccionar los proyectos, el principal criterio económico y financiero es la eficiencia. Por este motivo, para aprobar la realización del proyecto en Praxair, se debe hacer una evaluación económica.

### **Estimación de costos**

La estimación de costos constituye uno de los aspectos más relevantes para la investigación, ya que permite determinar la rentabilidad del proyecto.

Según Sapag (1995): “La diferencia de costos de cada alternativa que proporcione un retorno o beneficio similar determinara cuál de ellas debe seleccionarse” (p.106). Los costos de un proyecto expresan un incremento o disminución de los costos totales de la implementación con respecto al proceso base de suministro de oxígeno medicinal.

Cualquier decisión que se tome en el presente afectará los resultados del futuro. Los costos que se deben tomar en cuenta como prioritarios según Sapag (1995) son:

La tasa de salario y requerimientos de mano de obra directa, necesidades de inspección y supervisión, combustible, energía, volumen de producción, volumen de venta, desperdicios, mermas, valor de adquisición, valor residual del equipo en cada año de su vida útil restante, impuestos y seguros, mantenimientos y reparaciones. (p.113)

Por otra parte, según Baca (2013):

El estudio de evaluación económica es la parte final del análisis para la factibilidad de un proyecto, en el cual se hacen comparaciones de dinero a través del tiempo en un solo instante, usualmente en el tiempo cero o presente. Asimismo, debe tomarse en cuenta una tasa de interés, pues esta modifica el valor del dinero conforme transcurre el tiempo. (p.208)

Para la evaluación económica se toman en cuenta algunos conceptos que se describen a continuación.

### **Flujo neto de efectivo**

Según Baca (2013): “Corresponde a la suma de ingresos menos los egresos de efectivo generados en cada periodo de vida económica del proyecto, incluyendo efectos fiscales, inversiones adicionales, variaciones en capital de trabajo, costos de oportunidad y valores de rescate” (p.208).

### **Inversión inicial**

“Sumatoria de desembolsos de efectivo, por adquisición de activos y otros conceptos y requerimientos en capital de trabajo necesarios para que inicie la operación de un proyecto, incluyendo los costos de oportunidad asociados” (Baca, 2013, p. 208). Para poner en marcha la implementación del proyecto de negocio, Praxair requiere invertir en la adquisición de nuevos activos como lo es el tanque de 3000 litros.

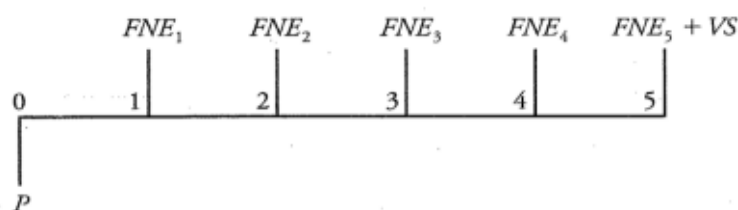
## Costo de capital

“Es el costo promedio ponderado de las fuentes de financiamiento utilizadas para cubrir las inversiones del proyecto. Las fuentes de financiamiento, por lo general, provienen de deudas financieras y fondos propios, cuyas proporciones de aporte se ponderan y, finalmente, se promedian con sus costos directos asociados” (Baca, 2013, p. 208).

## Valor presente neto (VPN)

El término VPN significa Valor Presente Neto, según Baca (2013): “es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Para calcular el VPN se utiliza el costo de capital (TMAR) y los flujos netos de efectivo (FNE)” (p.208). La Figura 14 *Diagrama de flujo neto de efectivo* es un diagrama que muestra el flujo del efectivo a través del tiempo.

**Figura 14 Diagrama de flujo neto de efectivo**



Nota: Libro Evaluación de Proyectos.

De acuerdo con la Figura 14 *Diagrama de flujo neto de efectivo*, se muestra el año cero, con una línea hacia abajo representando una inversión. Posteriormente, en cada una de las escalas se numeran los años (1, 2, 3, 4 y 5) con sus flujos netos de efectivo respectivamente, con una línea hacia arriba, indicando los ingresos.

Como indica Baca (2013): “si el VPN es mayor a cero indica una ganancia; indicador que podría dar un aval para aceptar un proyecto. Al aplicar la TMAR en el cálculo del VPN se puede estimar si el proyecto tiene ganancias, pérdidas o apenas mantiene el valor adquisitivo real”(p.209)

La ecuación para calcular el VPN se muestra en la Ecuación 11 *Cálculo VPN*.

### Ecuación 11 Cálculo VPN

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5}$$

Nota: Libro Evaluación de Proyectos

En la Ecuación 11 *Cálculo VPN*, Baca (2013) dice que: “el valor del VPN es inversamente proporcional al valor de la  $i$  aplicada, de modo que la  $i$  aplicada es la TMAR” (p.209). La implementación del proyecto para Praxair debe obtener ganancia, por lo que el VPN debe ser mayor a cero.

### **Tasa Interna de Rendimiento (TIR)**

Es la tasa de descuento por la cual el VPN es igual a cero. Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial, y se le llama así porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad. Es decir, se trata de la tasa de rendimiento generada en su totalidad en el interior de la empresa por medio de la reinversión. (Baca, 2013, p. 209)

En la Ecuación 12 *Cálculo TIR* se muestra la fórmula para calcularla.

### **Ecuación 12 Cálculo TIR**

$$0 = -P + \frac{FNE1}{(1+i)^1} + \frac{FNE2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Nota: Libro Evaluación de Proyectos

Por política corporativa, los proyectos de productividad de Praxair deben dar una TIR del 14% como mínimo.

### **Periodo de recuperación**

“Consiste en determinar el número de periodos, generalmente en años, requeridos para recuperar la inversión inicial emitida, por medio de flujos de efectivos futuros que generará el proyecto” (Baca, 2013, p. 212). Los contratos con la Caja Costarricense del Seguro Social son de un año prorrogable a tres años más. Por política de Praxair, el periodo de recuperación debe ser en el tiempo del contrato.

### **Implementación del proyecto**

El plan de implementación se especifica de la siguiente manera:

## **EDT (Estructura desglose de trabajo)**

Una vez tomada la decisión de implementar el proyecto, se debe definir el trabajo que se realizará y esto se puede hacer mediante la estructura de desglose de trabajo.

Según Yepes (2010, pp. 52-54), como primer paso de la planificación, se utiliza la técnica denominada *Estructura de Descomposición del Trabajo* (EDT) que permite dividir sucesivamente una obra en actividades con el fin de gestionarla adecuadamente. La EDT consiste en la identificación y la subdivisión jerárquica en tareas. El fraccionamiento sucesivo de la EDT se lleva a cabo en etapas que presentan un nivel de detalle cada vez mayor. El escalonamiento se visualiza en forma de diagrama de árbol; de este modo se reduce la complejidad de la obra al descomponerlo en conjuntos de actividades. Puede llegarse al nivel de descomposición que se estime más adecuado. El nivel más bajo de descomposición que define una actividad depende de factores tales como la tipología, la magnitud y la duración de la obra, la finalidad de la programación y los requisitos de control exigidos.

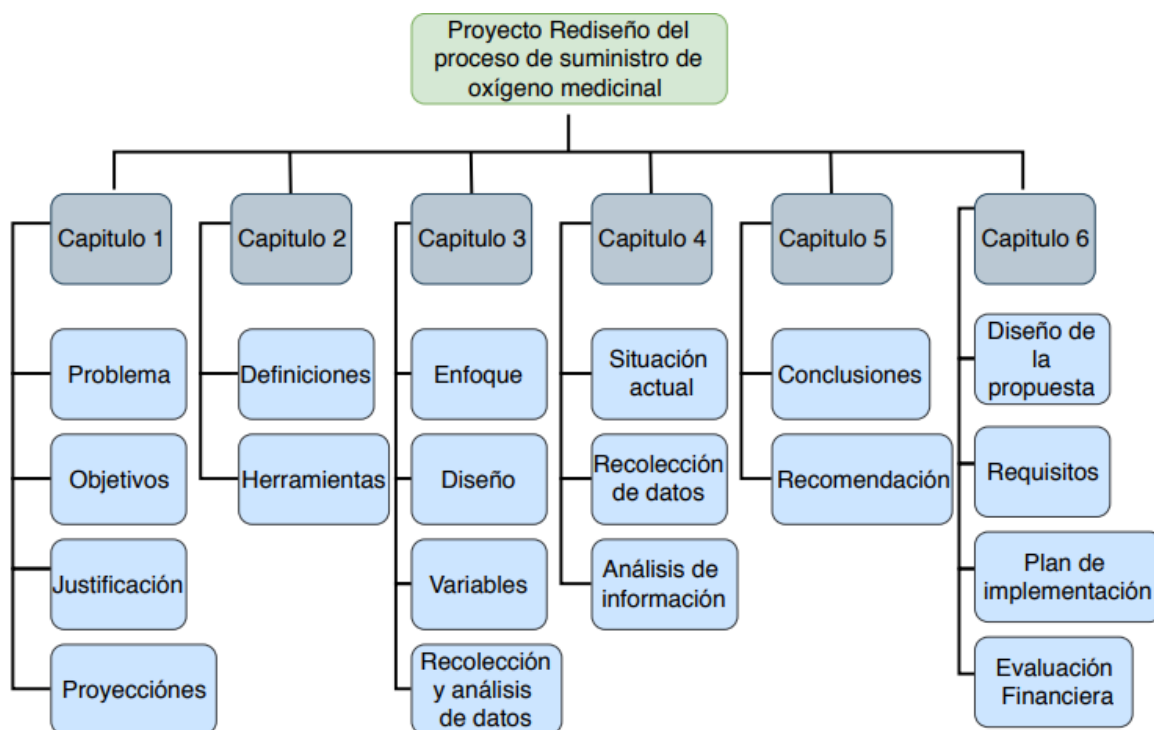
Los pasos por seguir para la creación de una estructura de desglose de trabajo son los siguientes:

1. Organizar una reunión y puesta en común con las principales partes interesadas: los miembros del equipo son uno de los activos más valiosos en el proceso de creación de la estructura de desglose de trabajo. Ellos cuentan con los conocimientos, la experiencia y la creatividad necesaria para definir cada entregable llegando a los detalles más específicos.
2. Completar la definición de todos los entregables del proyecto: se trata de ir un paso más allá del nivel alcanzado en la planificación y completar al 100% la información sobre todos los entregables del proyecto, incluyendo internos y externos, asociando cada uno a su plazo de compleción estimado.
3. Descomponer cada entregable en pequeñas partes más manejables: se trata de alcanzar un nivel de planificación del trabajo realista por parte del director del proyecto, el cual garantice que, sin interferir en el plazo total de proyecto estimado y el plan general, pueda ser completado por los equipos de trabajo. Se trata de determinar los paquetes de trabajo. Estas unidades constituyen el nivel más bajo de la EDT y son piezas de trabajo que se asignan específicamente a una persona o un equipo de personas para ser completado, bajo

la supervisión del director de Proyecto. Es recomendable que se centren en un único punto de responsabilidad.

4. Revisar los resultados obtenidos: con los grupos de interés, tanto en el momento de finalizar la elaboración de la estructura de desglose de trabajo, como cuando se incluyan modificaciones o actualizaciones, si es el caso. (Yepes, 2010, pp. 54-56)

**Figura 15 Ejemplo EDT**



Nota: Marlene Valverde Padilla

### Diagrama de Gantt

Según Heizer y Render (2007): “El Diagrama de Gantt es una herramienta gráfica que se usa para secuenciar las actividades de acuerdo con el eje del tiempo y es útil para preparar y revisar el plan del proyecto” (p.61). Además, según los mismos autores: “...las gráficas de Gantt son un medio de bajo costo con el que los gerentes se aseguran de que se planeen todas las actividades, se tome en cuenta el orden de desempeño, se registren las estimaciones de tiempo de cada actividad y se desarrolle el tiempo global del proyecto” (Heizer y Render, 2007, p.61).

En la Figura 16 *Ejemplo de Diagrama de Gantt*, se muestra un ejemplo de este diagrama, el cual sirve para controlar las distintas etapas de implementación.

**Figura 16 Ejemplo de Diagrama de Gantt**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capitulo 4										
Descripcion de la situacion actual										
Analisis de la situacion actual										
Evaluacion de alternativas de solucion										
Capitulo 5										
Conclusiones										
Recomendaciones										
Capitulo 6										
Diseño de la propuesta										
Plan de implementacion										
Costo de la Inversion										
Evaluacion Economica										

Nota: Marlene Valverde Padilla

Los pasos para realizar un diagrama de Gantt utilizando el *software* MS Project son:

- Crear una lista de todas las tareas que son necesarias para el proyecto, si no están establecidas, realizar una lluvia de ideas y comenzar a determinar las que son necesarias.
- Anotarlas en las primeras columnas del Project.
- Crear cada una de las tareas poniendo una sangría a cada una ellas.
- Especificar un tiempo para cada una de las tareas por realizar, recordando el trabajo que puede llevar cada una de las tareas.
- Crear dependencia entre las tareas, ya que se pueden hacer dos tareas a la vez, manteniendo la producción.
- Asignar recursos de mano de obra para cada proceso, intentando mantener los menores recursos.

Para el presente trabajo se programan las tareas, duración y secuencia, además de la programación de las fechas de inicio y finalización previstas para el proyecto. Gracias al diagrama de Gantt, es posible un seguimiento claro del progreso para descubrir con facilidad los puntos críticos y poder tomar decisiones.

Según indican Gutiérrez y De la Vara (2013): “en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto. Esto implica la participación y adaptación a los cambios de toda la gente involucrada en el proceso, por lo que se pueden presentar resistencias y complicaciones” (p.408).

De acuerdo con Gutiérrez y De la Vara (2013), para mantener las mejoras es importante tomar acciones como:

1. Estandarizar el proceso: buscar cambios permanentes en los procesos y en los métodos de operación.
2. Documentar el plan de control: la estandarización vía documentación contempla procedimientos bien escritos, videos y hojas de trabajo ilustradas. Otras alternativas para lograr la estandarización de los métodos son: la capacitación, tanto para nuevos trabajadores como para los actuales, así como los sistemas pruebas de errores.
3. Monitorear el proceso: los controles pueden realizarse sobre entradas claves del proceso, así como sobre variables de salida crítica.
4. Cerrar y difundir el proyecto: la comunicación ayudará a elevar el nivel de compromiso de los involucrados para mantener el éxito del proyecto.

El control es uno de los pasos más importantes dentro de los procesos por que se observan todas las irregularidades que se presentaron y facilita que no se vuelvan a hacer de acuerdo con su planeación.

Una puesta en marcha que tiene como principal objetivo mejorar la calidad de los procesos. Los planes de calidad forman parte de todos los modelos de excelencia, así como de aquellos que se basan en la norma ISO 9001.

### **Plan de control**

Según indican Gutiérrez y De la Vara (2013): “en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto. Esto implica la participación y adaptación a los cambios de toda la gente involucrada en el proceso, por lo que se pueden presentar resistencias y complicaciones” (p.408).

## **Análisis de riesgos**

Los riesgos siempre van a estar presentes en todo proyecto por realizar, se puede decir que los riesgos son los efectos acumulativos de cambio de un evento incierto, que ocurre y afecta negativa o positivamente el proyecto. Al tener en cuenta que siempre van a existir riesgos, se debe tener un plan con el cual se pueda controlar estos riesgos, los cuales se pueden eliminar o se puede minimizar su impacto.

Según Baca (2013, p. 227), para disminuir los riesgos, se deben seguir los siguientes pasos:

### 1. Planificación de la gestión de riesgos

La planificación es importante para proporcionar los recursos y el tiempo suficientes para las actividades de gestión de riesgos y establecer una base acordada para evaluar los riesgos. Por lo tanto, la comunicación entre todos los departamentos y subcontratistas debe ser primordial.

### 2. Identificación de riesgos

Identificar los riesgos es el proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto y se documentan sus características. El proceso debe involucrar al equipo del proyecto, de modo que pueda desarrollar y mantener un sentido de propiedad y responsabilidad por los riesgos y las acciones de respuesta asociadas.

### 3. Análisis cualitativo del riesgo

Realizar el análisis cualitativo de riesgos es el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos. El proceso de realizar el análisis cualitativo de riesgos evalúa la prioridad de los riesgos identificados usando la probabilidad relativa de ocurrencia, el impacto correspondiente sobre los objetivos del proyecto si los riesgos se presentan, así como otros factores, tales como el plazo de respuesta y la tolerancia al riesgo por parte de la organización asociados con las restricciones del proyecto en cuanto a costos, cronograma, alcance y calidad.

### 4. Análisis cuantitativo del riesgo

Realizar el análisis cuantitativo de riesgos es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.

La disponibilidad de tiempo y presupuesto, así como la necesidad de declaraciones cualitativas o cuantitativas acerca de los riesgos y sus impactos, determinarán cuáles métodos emplear para un proyecto en particular.

#### 5. Planificar la respuesta al riesgo

Planificar la respuesta a los riesgos es el proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

#### 6. Monitorear y controlar los riesgos

Monitorear y controlar los riesgos es el proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorean los riesgos residuales, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso contra los riesgos a través del proyecto. (pp. 228-239)

Para aplicar la técnica de análisis de riesgo, se toma como herramienta la matriz de riesgo, el autor Antonio Creus la define como: “Una herramienta para la evaluación cualitativa del riesgo. Proporciona una correlación entre la severidad de dicho riesgo y su frecuencia” (Creus, 1991, p. 97).

Creus utiliza la relación entre las variables de impacto y la probabilidad de perturbación para representar en una matriz las variables con valores de bajo, medio y alto. “La situación del riesgo dentro de la matriz nos orienta sobre la política a seguir en el tratamiento del mismo. Como es natural existe una zona de identificación que debe tratarse con precaución en cuanto su propia evaluación” (Creus, 1991, p. 98).

A continuación, en la Figura 17 *Ejemplo de Matriz de riesgo*, se muestra un ejemplo de esta.

### **Figura 17 Ejemplo de Matriz de riesgo**

Matriz de Análisis de Riesgo		Probabilidad de Amenaza					
Elementos de Información	Magnitud de Daño	Criminalidad		Sucesos físicos		Negligencia	
		Robo	Virus	Incendio	Falta de Corriente	Compartir contraseñas	No cifrar datos críticos
		3	4	2	3	4	3
Datos e Información							
RR.HH	3	9	12	6	9	12	9
Finanzas	4	12	16	8	12	16	12
Sistema e Información							
Computadoras	2	6	8	4	6	8	6
Portátiles	3	9	12	6	9	12	9
Personal							
Coordinador	4	12	16	8	12	16	12
Personal técnico	3	9	12	6	9	12	9

Nota: Marlene Valverde Padilla

El esquema de la matriz de riesgo se refiere a la identificación de los peligros y evaluación de los riesgos, mediante las posibilidades y consecuencias de las ocurrencias, se basa en un control efectivo de los riesgos mediante la eliminación, reducción, control y monitoreo de los riesgos residuales.

### **Pasos esenciales en el proceso de matriz de riesgos.**

Para llevar a cabo una óptima realización de una matriz de riesgos, se deberá considerar seguir de manera disciplinada los siguientes pasos:

Paso 1: asegurar el proceso por analizar.

Paso 2: involucrar a todo el personal, en especial a aquellos que se encuentren expuestos al riesgo y sus representantes dentro de un esquema de trabajo.

Paso 3: utilizar un enfoque sistemático que permita garantizar que los peligros y los riesgos reciben un tratamiento adecuado.

Paso 4: establecer e identificar los peligros de importancia, sin minimizar u obviar lo que se considere de forma insignificante.

Paso 5: observar lo que sucede de forma real y existe en el centro laboral, donde se tiene que incluir todas aquellas labores no rutinarias.

Paso 6: incluir en el análisis a todos los empleados que se encuentren en riesgo, incluyendo al personal visitante y contratistas.

Paso 7: reunir y compilar toda la información que se pueda.

Paso 8: realizar un análisis e identificar los peligros significativos.

Paso 9: evaluar el riesgo e identificar los controles que se basan en la jerarquía de los mismos.

Paso 10: registrar siempre por escrito todo el proceso de matriz de riesgo, y llevar a cabo el seguimiento respectivo a los controles adoptados. (Creus 1991 pp.99-105)

La matriz tiene siete columnas distintas. En la primera columna, se mencionan los riesgos detectados. La segunda muestra el nivel de deficiencia, los cuales determinan los peligros o consecuencias negativas que podría tener si no se interviene el riesgo. La tercera columna muestra el nivel de exposición, lo que indica cuántas veces podría presentarse el riesgo durante las jornadas laborales.

Asimismo, la cuarta columna es el nivel de probabilidad, el cual surge de multiplicar el nivel de deficiencia y exposición. La quinta columna muestra la criticidad o el impacto del riesgo, el cual tiene cuatro posibles valores desde bajo a muy alto.

La sexta columna es el resultado obtenido al multiplicar el nivel de probabilidad por el impacto, donde los resultados obtenidos reflejan los principales riesgos a los cuales se les debe dar seguimiento. En la última columna se detallan las posibles acciones por tomar para minimizar los riesgos.

## CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

A continuación, se desarrollan de manera descriptiva los métodos de investigación utilizados para el estudio, partiendo desde la búsqueda de información, la recolección de datos y su análisis e interpretación. El marco metodológico es la explicación de los mecanismos utilizados para el análisis de la problemática de investigación.

La metodología contiene tipos de investigación respectivos a cada etapa del documento y las fuentes de donde se obtienen los datos que se utilizan para el desarrollo y propuestas del estudio.

La presente investigación tiene como objetivo central cumplir de la manera más productiva con el suministro de oxígeno líquido en el Hospital Adolfo Carit Eva. Pero para lograr este objetivo se deben realizar una serie de pasos, con el fin de analizar los problemas que inciden en el cumplimiento de este. El primer paso para seguir es definir el enfoque de la investigación, el cual se describe seguidamente.

### Enfoque

#### Enfoque cualitativo

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014): “el enfoque cualitativo utiliza la recolección y análisis de datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p.7).

#### Enfoque cuantitativo

“El enfoque cuantitativo consiste en la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 4).

#### Enfoque Mixto

“El Enfoque mixto consiste en la utilización combinada del enfoque cualitativo y el enfoque cuantitativo” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 7).

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que utiliza una medición numérica y análisis estadístico, además, se recolectan y analizan datos para afinar la investigación. La adquisición de la información, los análisis que se practiquen y el tipo de resultados que se obtengan serán numéricos; la selección del proceso de investigación logra cumplir con el objetivo de toda

investigación, por lo que se escoge el enfoque cuantitativo que es clave y guía para determinar resultados congruentes, claros, objetivos y significativos.

Adicionalmente, este enfoque se complementa con un método que se define en el siguiente punto.

### **Diseño/Método**

#### **Investigación explicativa**

“La investigación explicativa busca establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 95).

#### **Investigación descriptiva**

“Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 92).

#### **Investigación exploratoria**

“Se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 92).

#### **Investigación correlacional**

“Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 94). Los métodos de investigación según el objeto de estudio son la investigación descriptiva, investigación explicativa y la investigación correlacional.

Es explicativa porque se determinan las causas de por qué ocurren los eventos. El fin principal es explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones. Se trata de un tipo de investigación que descubre por qué y para qué de un fenómeno. Se revelan causas y efectos de lo estudiado a partir de una explicación del problema de forma deductiva. Los resultados y conclusiones de este tipo de investigación representan un nivel profundo de conocimiento del objeto estudiado.

Es correlacional, ya que investiga el efecto del cambio de proceso al que será sometida la entrega de oxígeno líquido. Se debe analizar si un aumento o disminución en una variable coincide con un aumento o disminución en la otra variable. La investigación correlacional busca variables que parecen interactuar entre sí.

Para realizar la investigación es necesario conocer la población a la cual se estudiará, para esto se realizan muestras, las que se detallan en el siguiente punto.

### Muestra de la investigación

“La muestra es un subgrupo de la población de interés de donde se van a obtener los datos y que tiene que definirse y delimitarse de antemano y con precisión, además de ser representativo de la población el interés principal es que sea representativo estadísticamente de la población” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 135).

Los datos del presente proyecto se tomarán por conveniencia, por medio de entrevistas a los gerentes y encargados de logística y producción; asimismo, los costos asociados se verán con los encargados del área financiera, producción y logística, con el fin de evaluar la situación actual.

La muestra de esta investigación es no probabilística, ya que según Méndez, Mendoza y Cuevas (2017): “la elección de las unidades para este tipo de muestra no depende de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características de la investigación” (p.136).

Los datos dependen de la demanda mensual del Hospital Adolfo Carit Eva, del consumo diario de oxígeno medicinal líquido para relacionarlo con la cantidad de entregas que se realiza al mes.

### VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS

El siguiente paso es recolectar los datos sobre las variables de estudio, para medir la información pertinente. Las variables se muestran en la Tabla 1 *VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN*.

**Tabla 1 Variables de la Investigación**

Objetivos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Analizar el proceso actual de suministro de oxígeno medicinal del Hospital Adolfo Carit Eva	Proceso	Según Bravo, (2011): “Conjunto de actividades que contiene entrada transformación y salida” (p.9).	Mano de obra utilizada/oxígeno o por entregar al mes Entregas/mes Horas trabajadas/mes	Diagrama de Proceso Diagrama de Flujo Cadena de Valor. Diagrama Analítico

Objetivos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Medir la magnitud del problema definiendo los puntos críticos del proceso que requieren ser abordados.	Magnitud del problema	Según Gutiérrez y De la Vara, (2013,p.27): “La magnitud permite determinar el tamaño del problema”.	Desperdicios/mes	Estadística descriptiva.
Analizar las variables identificadas y correlacionarlas con la problemática para determinar los puntos de mejora del proyecto.	Variables	Según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.38) la variable es la: “propiedad, atributo, característica, aspecto o dimensión de un objeto, hecho o fenómeno que puede variar y cuya variación es medible”.	Ventas/ Recursos utilizados	Evaluación Económica
Proponer los requerimientos del rediseño del proceso de suministro de oxígeno medicinal del Hospital Adolfo Carit Eva.	Requerimientos	Según Bravo, (2011): “El requerimiento es la petición de una cosa o característica que se considera necesaria” (p.142).	Porcentaje de cumplimiento del proyecto	Diagrama de Gantt WBS

Nota: Marlene Valverde Padilla

### Instrumentos

Los instrumentos son utilizados para medir las variables de estudio, los cuales recaban información tanto cualitativa como cuantitativa. Los instrumentos para la presente investigación se muestran en la Tabla 2 *Instrumentos de recolección de datos*.

**Tabla 2 Instrumentos de recolección de datos.**

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos	Beneficios Esperados
¿Qué se va a medir?	¿Con qué se mide?	¿Qué se necesita?	¿Para qué se mide?
Proceso de suministro de oxígeno	Diagrama de Flujo, Diagrama de procesos, Diagrama analítico	Humanos Materiales	Para mejorar el proceso
Desperdicios	Indicadores de productividad	Datos históricos	Mejorar la productividad
Costo beneficio del proceso nuevo	Informes Hojas de observación Remisiones	Humanos Materiales Computadora	Para tomar decisiones, factibilidad del proyecto
Avance del proyecto	Cronograma, Gantt	Humanos Computadora	Porcentaje de avance del cumplimiento del proyecto

Nota: Marlene Valverde Padilla

### Proceso para la recolección de datos

La recolección de datos se basa en observar las áreas de estudio, entrevistar a los encargados de cada parte del proceso relacionado y los costos asociados, así como el porcentaje de avance del proyecto para calcular el beneficio de este. Se investigan los procesos de producción, logística y entrega de oxígeno líquido. Los datos se agrupan para analizar su comportamiento.

## Método de análisis

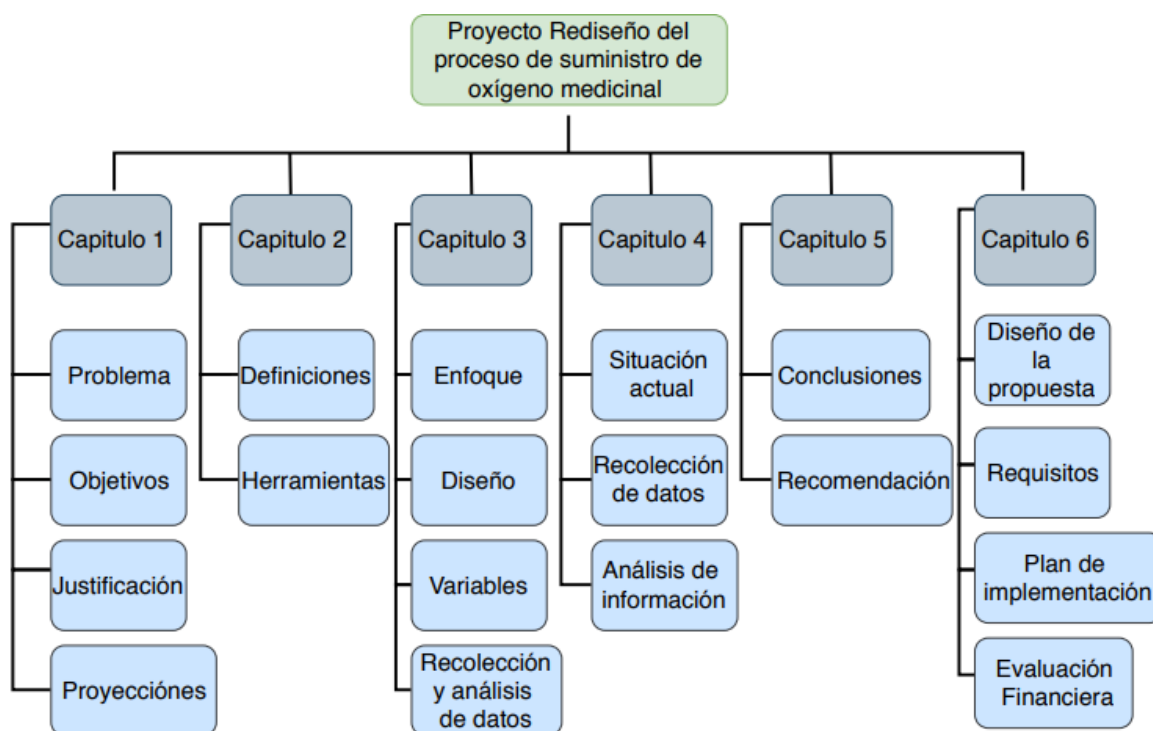
El análisis de la información recolectada se realizará por medio de procedimientos escritos como lo son entrevistas cualitativas, diagrama de flujo y mapeo de procesos. El análisis de los datos, según Méndez, Mendoza y Cuevas (2017): “depende del tipo de datos que se recolectan, cuantitativos o cualitativos. Los datos cualitativos se analizan estadísticamente partiendo de la matriz hecha en la recolección de datos” (p.184).

Para esto se utilizan herramientas estadísticas, con el fin de analizar los datos de cada variable mediante programas como Excel y Minitab.

## Cronograma

La estructura de descomposición del trabajo divide el mismo por capítulos del proyecto, para cumplir con los objetivos de este y crear los entregables requeridos.

**Figura 18 WBS del proyecto**



Nota: Marlene Valverde Padilla

El proyecto se divide en seis capítulos, según la Figura 18 *WBS del proyecto* y estos, a su vez, se subdividen en actividades para cumplir con los requisitos de cada uno de los capítulos.

Con estas actividades se crea un cronograma de trabajo, el cual se describe en la Figura 19 *Cronograma inicial del proyecto*.

**Figura 19 Cronograma inicial del proyecto**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capitulo 4										
Descripcion de la situacion actual										
Analisis de la situacion actual										
Evaluacion de alternativas de solucion										
Capitulo 5										
Conclusiones										
Recomendaciones										
Capitulo 6										
Diseño de la propuesta										
Plan de implementacion										
Costo de la Inversion										
Evaluacion Economica										

Nota: Marlene Valverde Padilla

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El capítulo IV, Análisis de resultados, se enfoca en describir la situación actual del proceso, por medio de herramientas de ingeniería industrial. Este capítulo presenta una descripción de la situación actual de Praxair Costa Rica y sus fallos en el proceso de suministro de oxígeno líquido al Hospital Adolfo Carit Eva junto con sus posibles causas. El objetivo es realizar una investigación exhaustiva de toda la empresa para contar con el conocimiento de esta y realizar una propuesta donde se tenga objetividad para la toma de decisiones.

Se describen los elementos de la empresa mostrados anteriormente, pero también los relaciona entre ellos para entender la situación de manera global. Para explicar la situación actual se describen los elementos que están relacionados con el suministro de oxígeno líquido.

Por esta razón, se debe empezar por definir los procesos que intervienen en el problema.

### Fase de definición

Se definen los problemas señalando cómo afectan al cliente y se precisan los beneficios esperados del proyecto.

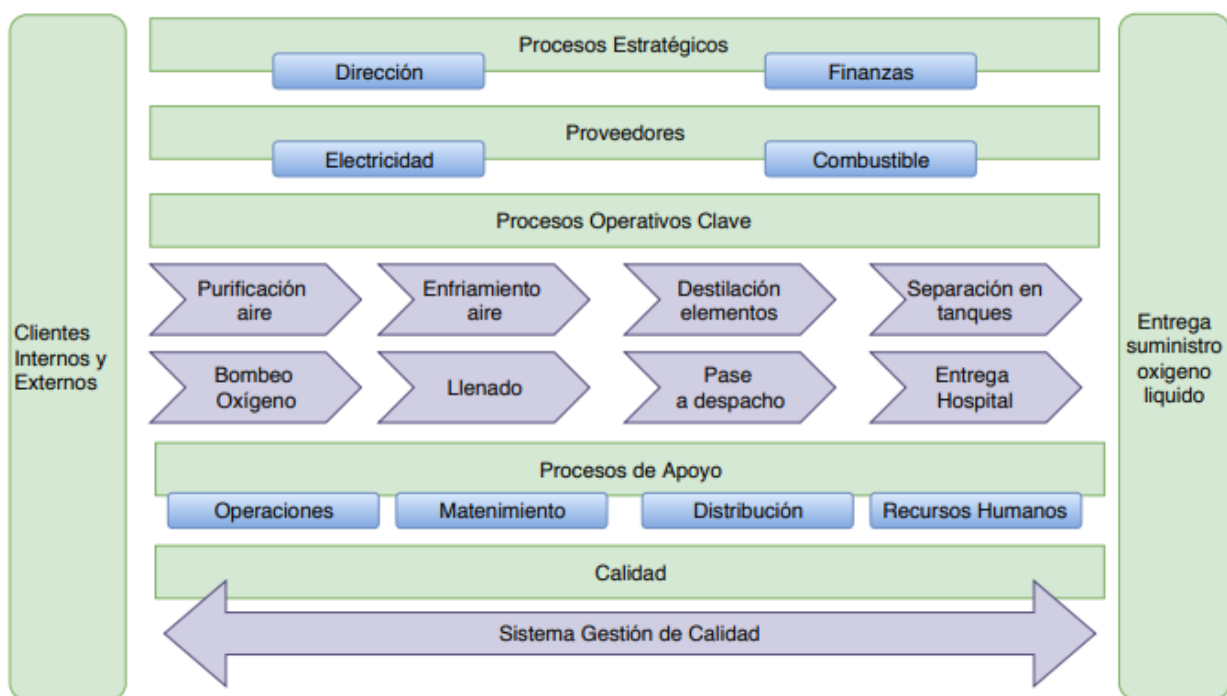
## Mapa de procesos del Área de Producción

Como se detalla en el marco teórico, el mapa de procesos recoge la interrelación de todos los procesos que intervienen directa o indirectamente, en el cumplimiento de los requerimientos de los clientes. Para la presente investigación, el mapa de procesos se divide en cinco importantes áreas:

1. Procesos estratégicos
2. Proveedores
3. Procesos operativos
4. Procesos de apoyo
5. Proceso de gestión (evaluación y control)

Estos procesos interactúan entre sí directa o indirectamente, con el fin de cumplir con la entrega de los proyectos que ingresan a la planta de producción de la empresa. En la Figura 20 *Mapa de proceso del Área de Producción*, se muestran los cinco puntos mencionados.

**Figura 20 Mapa de proceso del Área de Producción**



Nota: Marlene Valverde Padilla

De acuerdo con la Figura 20 *Mapa de proceso del Área de Producción*, en la parte superior están los procesos estratégicos: la dirección y el área de Finanzas, los cuales determinan el rumbo a seguir, sobre planificación, estrategias y mejoras en la organización.

Luego están los proveedores: electricidad y combustible, y los procesos operativos clave que están directamente relacionados al proceso de la planta de producción: purificación del aire, enfriamiento del aire, destilación de los elementos, separación en tanques, bombeo de oxígeno, llenado, pase a despacho y entrega al hospital.

Los procesos de apoyo, como lo dice su nombre, son los que sirven de soporte a los procesos claves, estos son:

- Operaciones: se encarga de dar soporte al proceso de producción de oxígeno líquido, llenado de tanques, cumplir con el inventario diario y despacho.
- Mantenimiento: se encarga de realizar pruebas a los tanques para confirmar si se pueden utilizar o no como envase para el oxígeno. Mantienen en óptimas condiciones los equipos, envases como cilindros, tanques, entre otros.
- Distribución: son los encargados de transportar el producto hasta donde el cliente y descargar el mismo en las instalaciones.
- Recursos humanos: dan soporte con el personal, pagos de salarios y vacaciones.

El Departamento de Calidad es el proceso de evaluación y control, que mantiene las normas ISO 9001 al día. El oxígeno, al ser utilizado por pacientes, el Ministerio de Salud lo cataloga como medicamento, es por esto que el Departamento de Calidad verifica que el proceso de producción se realice bajo las Buenas Prácticas de Manufactura con un laboratorio farmacéutico en sus instalaciones.

Por último, al lado izquierdo del mapa de proceso, se ven los clientes externos y el cliente interno. Al lado derecho se observa la salida del proceso, el suministro de oxígeno líquido al cliente.

En el siguiente punto, se describen las actividades que generan valor en Praxair Costa Rica.

### **Cadena de valor**

El valor agregado son todas aquellas actividades de transformación del producto, que hacen sentir plena satisfacción al cliente o consumidor. Según Porter (1995): “en el caso de aquellas acciones que no agreguen valor se debe tratar de corregirlas o eliminarlas por completo, para que

de esta manera no se vea afectado el producto en sí” (p.106). Según lo anterior, el objetivo es eliminar las actividades que no agregan valor en el proceso productivo del suministro de oxígeno líquido y a través del diagnóstico, se logrará detectar cuál es la causa principal. Para ello se presenta en la Figura 21 *Cadena de valor para el proceso productivo*

**Figura 21 Cadena de valor para el proceso productivo**

<b>Infraestructura Empresarial</b> Administración, Finanzas, Planeamiento, Costos, Presupuesto				
<b>Administración de Recursos Humanos</b> Contratación de personal, Ambiente de trabajo saludable, clima laboral, compensaciones				
<b>Desarrollo Tecnológico</b> Capacitaciones de excelencia en web interna, hand held, facturación electrónica				
<b>Abastecimiento</b> Equipos, camiones, edificios, repuestos, cilindros, tanques				
<b>Logística Interna</b>	<b>Operaciones</b>	<b>Logística Externa</b>	<b>Ventas</b>	<b>Servicios</b>
*Atención de pedidos	*Purificación aire	*Programación y planeación de rutas	*Licitaciones Públicas	*Call Center
*Control de Inventario	*Licuefacción de aire	*Programación y planeación de conductores	*Capacitación sobre seguridad y manejo de equipos	*Departamento reclamaciones
*Despacho	*Destilación de elementos	*Control de inventario	*Post Venta	*Servicio de emergencias 24 horas
*Difusión de inventario en tiempo real	*Bombeo de Oxígeno	*Transporte de producto al cliente		*Cambio de productos
*Recepción y almacenamiento transitorio	*Llenado de tanques	*Entrega de producto al cliente		*Trazabilidad
	*Calidad de producto	*Ejecución órdenes de compra		
	*Mantenimiento equipos			

Nota: Marlene Valverde Padilla

Las necesidades del sistema se basan, principalmente, en los siguientes aspectos:

- Infraestructura empresarial
- Desarrollo tecnológico
- Abastecimiento
- Logística interna
- Operaciones
- Logística externa
- Ventas
- Servicios

A continuación, se toman en cuenta las necesidades que se presentan en cada uno de estos aspectos para una mejora en el sistema de producción, desarrolladas en el capítulo de diseño.

### **Infraestructura empresarial.**

Es donde se encuentran los procesos estratégicos de la empresa, el planeamiento de la dirección y de finanzas para toda la organización.

### **Administración de Recursos Humanos.**

Como lo indica la Figura 21 *Cadena de valor para el proceso productivo*, en la parte de recursos humanos es donde se elige al personal que se contratará, son los encargados de mantener un ambiente laboral saludable y con personal motivado.

### **Desarrollo tecnológico.**

Todo el personal de Praxair Inc. a nivel mundial recibe capacitaciones en excelencia por cada departamento por medio de la web interna de la empresa, también mediante aplicaciones que se pueden bajar. Este año 2018, se inició la utilización de facturación electrónica por medio de *hand held*, que es un dispositivo electrónico que ayuda a los conductores a entregar los pedidos programados por medio del CAC. Al mismo tiempo, genera en el sistema una factura electrónica de manera automática que le llegará al cliente cuando el sistema la libere.

### **Abastecimiento.**

Por medio de aplicaciones nuevas o mejora en la productividad de los procesos, la empresa tiene un constante aumento de demanda en sus productos, es por esto que siempre se están comprando tanques, cilindros y camiones para abastecer a sus clientes. Praxair Costa Rica tiene su planta separadora de aire en el Coyol de Alajuela, su planta de dióxido de carbono en Sarapiquí y su planta de acetileno en Cartago. Así también tiene seis sucursales distribuidas en San José, Cartago, Liberia, Pérez Zeledón, Limón y San Carlos.

### **Logística interna.**

Varios departamentos están relacionados con la logística interna del proceso de producción de Praxair Costa Rica. La atención de los pedidos los toma el CAC y programa el día de entrega según la necesidad del cliente en el sistema de JDE. El superintendente de planta es el encargado de estar controlando el inventario para todos los pedidos que se realizan el día anterior y Despacho son los

encargados de verificar que los pedidos estén en los camiones programados por el Departamento de Distribución.

### **Operaciones.**

El proceso de producción de oxígeno líquido se realiza mediante la planta separadora de aire a través de procesos criogénicos bien definidos y la única manera para crear productos con grados elevados de pureza. La manera en que se entrega al hospital es como puede mejorar la productividad en el suministro. El proceso actual de entrega de oxígeno al Hospital Adolfo Carit Eva es mediante tanques de 230 litros, el consumo mensual de este producto en el hospital es de 3000 litros a 5750 litros, por lo tanto, se entregan de 13 a 25 tanques de 230 litros mensualmente.

Los mantenimientos de los tanques se realizan cada vez que se van a llenar, mediante revisión de válvulas, discos de seguridad y baterías del equipo de medición.

### **Logística externa.**

El Departamento de Distribución es el encargado de determinar la programación de rutas y recursos materiales y humanos para el día siguiente, a través de los pedidos que se realicen antes de las 3 de la tarde.

El Hospital Adolfo Carit Eva tiene en casa máquinas cuatro tanques de 230 litros y utilizan dos a la vez para la demanda del hospital. Actualmente, se entregan de 13 a 25 tanques de oxígeno líquido, esto quiere decir que Distribución realiza semanalmente de 2 a 3 entregas semanales al Hospital.

### **Ventas.**

Son los encargados de cumplir con los contratos establecidos bajo licitaciones públicas del hospital de la Caja Costarricense del Seguro Social, por lo tanto, deben seguir la post venta durante los años que se contratan con el hospital. Los ejecutivos de Cuenta deben estar en coordinación con todos los departamentos para brindar la mejor atención al cliente, así como buscar oportunidades de mejora en los procesos. Semestralmente brindan capacitaciones sobre seguridad y manejo de cilindros, equipos y gases médicos.

## **Servicios.**

Al tratar con personas que requieren productos grado medicamento, Praxair debe dar servicio de emergencia 24 horas al día, ya que no se puede dejar a los hospitales sin producto. También, al tener un sistema de Gestión de Calidad apoyado por las Buenas Prácticas de Manufactura, se debe tener un Departamento de Reclamaciones, donde los clientes pueden documentar las no conformidades de los productos. Este departamento debe coordinar la recolección y cambio de producto, así como con la asignación de reclamo al departamento correspondiente. Se da trazabilidad al producto no conforme y se realizan pruebas para verificar qué paso, corregirlo y controlarlo.

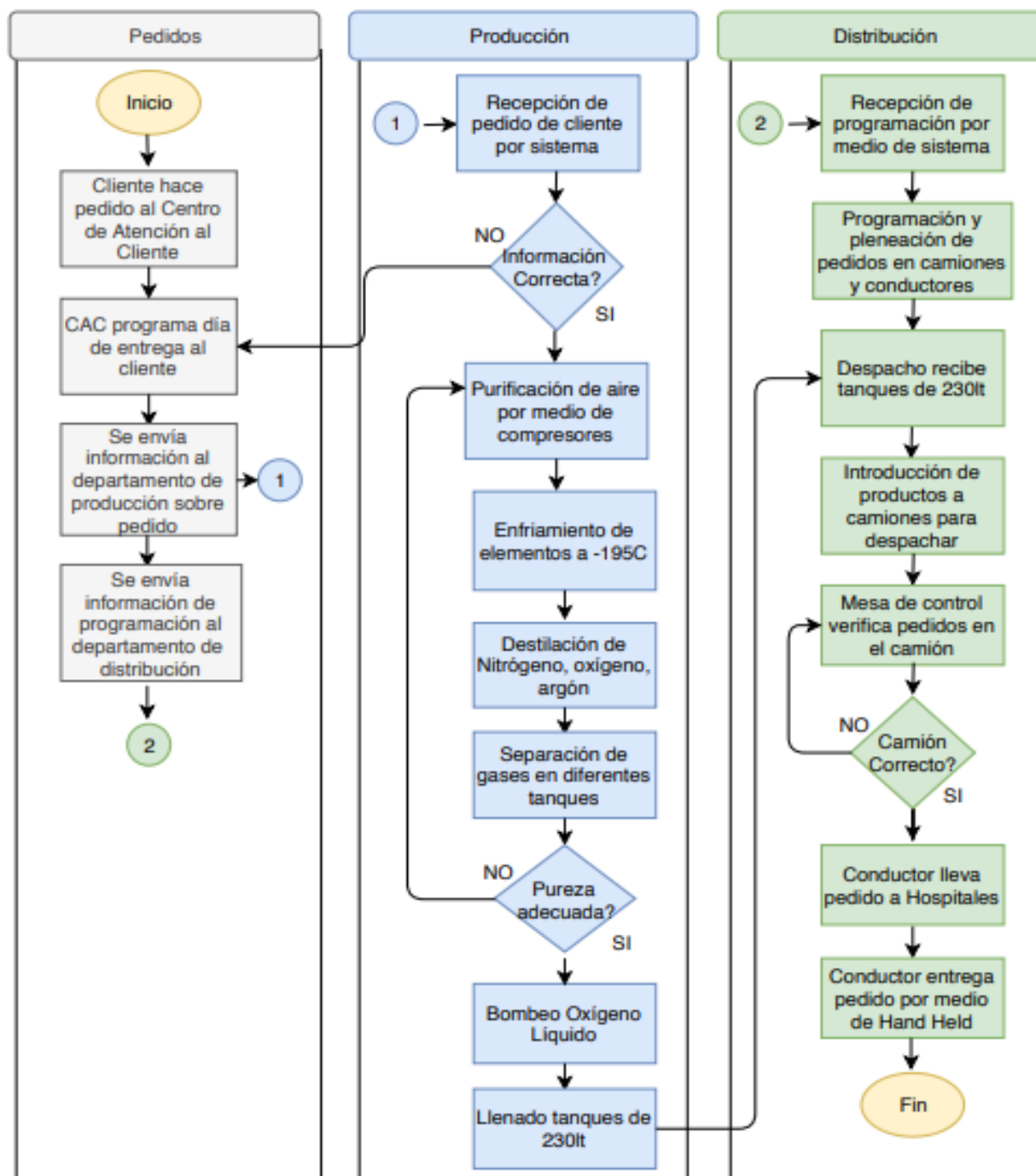
En el siguiente punto, se describe el proceso por medio de un diagrama de flujo en la descripción del proceso productivo.

### **Descripción del proceso productivo**

Para comprender el impacto del suministro de oxígeno líquido al hospital, se comienza determinando cuál es el proceso de Praxair Costa Rica y así localizar el área que necesita mejora. La planta del Coyol es una planta de producción y sus procesos se definen acorde a esto; por ende, se dividen las actividades en pedidos, producción y logística.

De acuerdo con el marco teórico de la presente investigación, por medio del diagrama de flujo se representa gráficamente la secuencia de pasos o actividades que se dan en la planta de producción, como se explica en la *Figura 22 Diagrama de flujo para el proceso actual de suministro de oxígeno líquido*.

### **Figura 22 Diagrama de flujo para el proceso actual de suministro de oxígeno líquido**



Nota: Marlene Valverde Padilla

El proceso descrito en la Figura 22 *Diagrama de flujo para el proceso actual de suministro de oxígeno líquido*, se divide en tres grandes áreas (pedidos, producción y logística). El inicio se da en el área de toma de pedido del cliente. Esto genera que se programe el día de entrega del pedido, conforme a las rutas establecidas, los encargados de programar en el sistema es el Departamento

de Centro de Atención al Cliente (CAC) ubicado en Praxair México. Los pedidos se realizan antes de la 3:30 p.m. para que Planta pueda llenar lo que el cliente solicita.

Al ser el cliente el que solicita el pedido, existe el riesgo de un error humano de no verificar si los tanques están llenos o de no cambiar el tanque vacío por uno lleno. Al ingresar el pedido en el sistema llamado JD Edwards, se envía información de este al Departamento de Producción y después se envía información de programación al Departamento de Logística.

Una vez recibido el pedido en el Departamento de Producción, se revisa si la información que generó el CAC es la correcta, si no fue así, se llama al Centro de Atención de Cliente para que programen de nuevo la solicitud y si la información sí es la del pedido correcto, se empieza con la producción del producto por entregar.

La materia prima del proceso de producción es el aire, el mismo se compone de 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno y 1% argón y otros gases. La planta separadora de aire purifica el aire mediante compresores para eliminar los contaminantes extra que tiene el ambiente. Inmediatamente después de comprimir el aire, el mismo entra en un proceso de licuefacción por enfriamiento criogénico a  $-195^{\circ}\text{C}$ , donde el gas pasa a un estado líquido sedimentándose en el fondo del tanque.

Posteriormente, hay una separación de los elementos por medio de la destilación criogénica donde a diferentes temperaturas se separan las moléculas. En la parte superior, se separa el nitrógeno a  $-195^{\circ}\text{C}$ , en la parte inferior del tanque, se separa el oxígeno a  $-183^{\circ}\text{C}$  y en el medio se obtiene argón a  $-186^{\circ}\text{C}$ . Esta es la técnica más utilizada para la obtención de oxígeno, nitrógeno y argón de elevada pureza.

Una vez que se obtienen los gases por medio de presiones, se llenan tanques horizontales con cada uno de ellos. El Departamento de Calidad verifica que la pureza de los gases sea la adecuada. Si la calidad no es la esperada, se devuelve el producto a purificación por medio de los compresores y si la calidad es la adecuada, se conectan a la bahía de llenado los tanques de 230 litros para después bombear el oxígeno líquido de los tanques horizontales a los tanques de 230 litros.

Una vez llenados, se desmontan los tanques de las mangueras de la bahía y se verifica si las válvulas tienen fugas, si las tienen, se debe volver a conectar los tanques en la bahía para su respectivo llenado, si no tienen fugas, se debe poner el sello termo encogible.

Una vez listos los tanques por parte de producción, se recolectan por medio de un montacargas para ser llevados a los respectivos camiones programados por el Departamento de Distribución. Se verifica si el pedido va en el camión correcto, si no es así, se introduce en el camión correcto. Una vez que el pedido esté bien programado, el conductor lleva el producto al cliente y entrega mediante *hand held*, un dispositivo electrónico que documenta las entregas para después generar en el sistema la factura electrónica.

### Fase de medición

El objetivo de esta etapa es medir el desempeño actual del proceso que se busca mejorar, se recolectan los datos y se identifican las fuentes de estos.

En la actualidad, al mes se están realizando de 7 a 13 entregas de oxígeno líquido al Hospital Adolfo Carit Eva, esto quiere decir que se entregan alrededor de 3220 a 5980 litros al mes. Cada tanque que maneja actualmente el hospital es de 230 litros y se cambian de dos en dos. En la Figura 23 *Entregas de oxígeno líquido*, se aprecia cuál es el consumo mensual del hospital en el año 2018

**Figura 23 Entregas de oxígeno líquido**

Mes	Cantidad de entregas Mensuales	Cantidad de tanques mensuales	Cantidad de litros mensuales
Enero	8	16	<b>3680</b>
Febrero	7	14	<b>3220</b>
Marzo	7	14	<b>3220</b>
Abril	9	18	<b>4140</b>
Mayo	11	22	<b>5060</b>
Junio	12	24	<b>5520</b>
Julio	10	20	<b>4600</b>
Agosto	12	24	<b>5520</b>
Septiembre	13	26	<b>5980</b>
Octubre	13	26	<b>5980</b>
Noviembre	11	22	<b>5060</b>
Diciembre	8	16	<b>3680</b>

Nota: Marlene Valverde Padilla

En el presente proyecto se observa la importancia y la necesidad de iniciar con una investigación que permita mejorar el funcionamiento del área de distribución dentro de la empresa, que agilice sus procesos y que permita llevar de forma eficiente el producto al Hospital Adolfo Carit Eva.

Según los datos históricos, la demanda de oxígeno líquido del hospital Adolfo Carit Eva ha venido en aumento, en la Figura 24 Consumo en litros de oxígeno líquido 2017-2018 se demuestra a continuación:

**Figura 24 Consumo en litros de oxígeno líquido 2017-2018**

Mes	Litros 2017	Litros 2018	% Diferencia consumo 2017-2018
Enero	2760	3680	33%
Febrero	2300	3220	40%
Marzo	2300	3220	40%
Abril	3680	4140	13%
Mayo	4140	5060	22%
Junio	4600	5520	20%
Julio	3680	4600	25%
Agosto	4140	5520	33%
Septiembre	4600	5980	30%
Octubre	4600	5980	30%
Noviembre	4140	5060	22%
Diciembre	3680	3680	0%

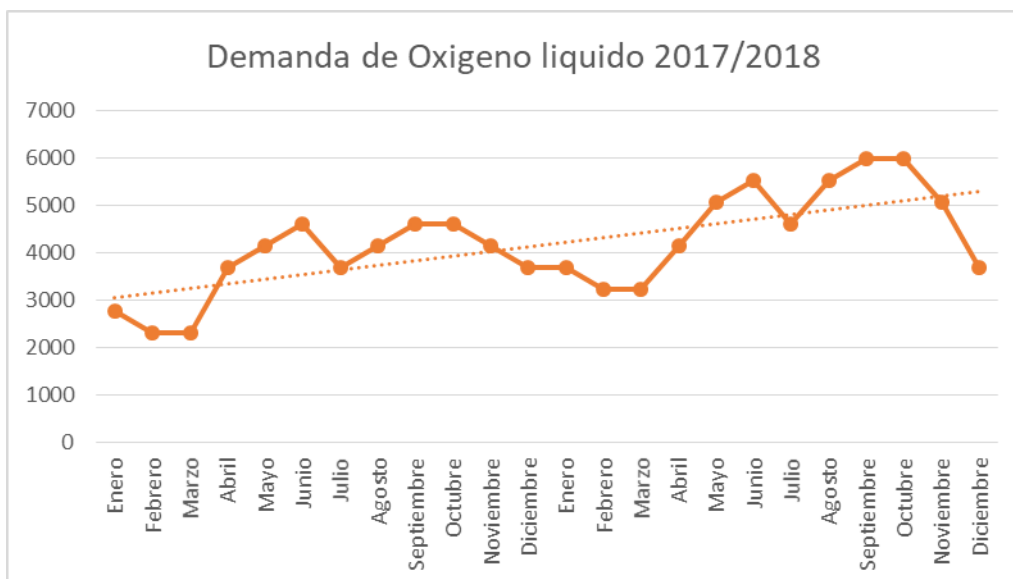
Nota: Marlene Valverde Padilla

En la Figura 24 *Consumo en litros de oxígeno líquido 2017-2018* se observa un aumento en la demanda de oxígeno líquido del Hospital Adolfo Carit Eva y a la vez se aumenta la cantidad de veces que Distribución va al hospital.

La demanda del hospital ha generado que se entregue más de una vez a la semana producto, generando al Departamento de Logística altos costos. Praxair Costa Rica al tener un departamento de productividad siempre está buscando la mejora en los procesos y es por eso que desea disminuir los costos del suministro de oxígeno líquido en el respectivo hospital.

El aumento de consumo se presenta en la Figura 25 *Gráfico consumo en litros de oxígeno líquido 2017/2018* donde se demuestra una línea de tendencia ascendente tanto en los litros entregados 2017 como en los litros entregados 2018.

**Figura 25 Gráfico consumo en litros de oxígeno líquido 2017/2018**

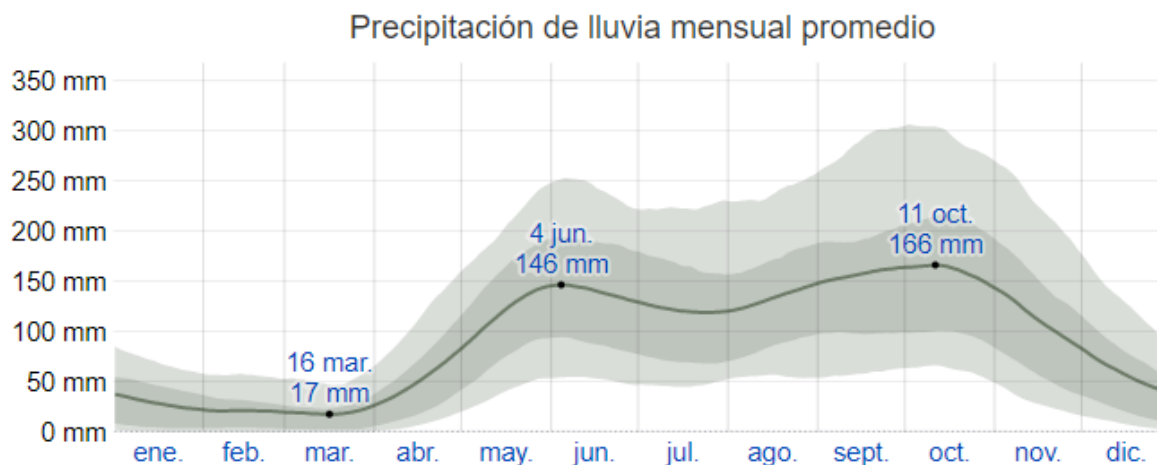


Nota: Marlene Valverde Padilla

En la Figura 25 *Gráfico consumo en litros de oxígeno líquido 2017/2018*, se puede observar una estacionalidad en la que los datos experimentan variaciones regulares que se repiten cada año. Según estudios de la Caja Costarricense del Seguro Social, en épocas lluviosas o de gran humedad aumentan los problemas respiratorios, por lo tanto, requieren de más oxígeno medicinal para la mejora de los pacientes.

A continuación, en la Figura 26 *Precipitación de lluvia mensual promedio de San José*, se demuestra cuáles meses son en los que llueve más.

### **Figura 26 Precipitación de lluvia mensual promedio de San José**



*La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo móvil de 31 días centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25° al 75° y del 10° al 90°. La línea delgada punteada es el equivalente de nieve en líquido promedio correspondiente.*

Nota: Instituto Meteorológico Nacional.

En el gráfico de la figura 26, se puede observar la misma estacionalidad del consumo de oxígeno líquido que presenta el hospital y por esto se quiere demostrar cuál es la relación entre las dos variables, tanto la demanda como variable dependiente y las precipitaciones como la variable independiente.

Los datos para determinar la relación entre las dos variables se catalogan de la siguiente manera: si los datos estuvieran en un rango de 96%-100% es perfecta, de 85%-95% es fuerte, de 70%-84% es significativa, de 50%-69% es moderada, de 20%-49% es débil, de 10%-19% es muy débil y debajo de 10% es nula.

Con los datos históricos se investiga en la Figura 27 *Gráfico de correlación de variables año 2017/2018* si realmente las precipitaciones y la demanda están fuertemente correlacionadas.

**Figura 27 Gráfico de correlación de variables año 2017/2018**



Nota: Marlene Valverde Padilla

En la Figura 27 *Gráfico de correlación de variables año 2017/2018*, como variable dependiente se toma en cuenta la demanda mensual de consumo de oxígeno líquido del Hospital Adolfo Carit Eva y como variable independiente las precipitaciones mensuales que tuvo San José en ambos años.

El coeficiente de determinación de estas dos variables es de 80% indicando que la variable dependiente que es el consumo mensual cambia significativamente si la variable independiente cambia, siendo esta las precipitaciones descritas por el Instituto Meteorológico Nacional. Por lo tanto, es significativo que, a mayor precipitación, mayor es la demanda de consumo de oxígeno líquido en el Hospital Adolfo Carit Eva.

Para obtener datos más precisos, se analizan con la regresión de los datos en la Figura 28 *Datos de regresión*:

### **Figura 28 Datos de regresión**

Resumen 2017-2018

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,895852091
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,802550968
R <sup>2</sup> ajustado	0,793576012
Error típico	469,0193628
Observaciones	24

Nota: Marlene Valverde Padilla

El coeficiente de correlación indica que en un 89% de la demanda aumenta en una proporción constante si las precipitaciones aumentan. Se requiere realizar según la información suministrada, una proyección del consumo que tendrá el hospital en el año 2019 mediante la regresión lineal.

### **Ecuación 13 Hipótesis estadística**

$$H_0: b = 0$$

$$H_1: b \neq 0$$

En la ecuación, la hipótesis nula ( $H_0$ ) afirma que  $b$  es igual a cero, por consiguiente, al multiplicar  $b$  con la variable independiente (precipitaciones en San José) da como resultado 0 y se contaría con una función constante y el modelo de regresión lineal no sería válido determinando que las variables no estarían linealmente relacionadas. En la ecuación, la hipótesis alternativa afirma que  $b$  no es igual a 0 y existiría un modelo de regresión lineal.

La significancia global del modelo se demuestra en la Figura 29 *Análisis de la varianza*, donde se puede mencionar que el valor de  $p$  es menor que 0,5 determinando que el modelo tiene significancia entre la variabilidad del consumo de oxígeno medicinal y la variabilidad de las precipitaciones de lluvia en San José.

### **Figura 29 Análisis de la varianza**

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	19670792	19670792	89	0
Residuos	22	4839542	219979		
Total	23	24510333			

Nota: Marlene Valverde Padilla

Se demuestra que el modelo de regresión lineal es válido y, por consiguiente, las variables están alineadas. Por otro lado, enfocándose en todos los procesos que tiene la empresa, se evalúan los desperdicios.

## Desperdicios

El primer tipo de desperdicio que se investiga es la transportación, donde hay esfuerzos que no son requeridos por el hospital y no agregan valor al producto. Para medir se toman en cuenta los siguientes indicadores:

### Ecuación 14 Entregas anuales

$$\text{Entregas Anuales} = \frac{\text{Volumen de consumo anual}}{\text{Capacidad del camión}}$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

Las entregas anuales establecen cuántas veces se va al año al hospital a entregar oxígeno líquido. El volumen entregado al hospital en el año 2018 fue de 55,660 litros y la capacidad del camión es de 460 litros llevando dos tanques de 230 litros cada uno, dando como resultado la Figura 30

*Entregas anuales:*

### Figura 30 Entregas anuales

$$\frac{\text{Entregas anuales}}{121}$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

Las entregas al mes se demuestran en la ecuación 15:

### Ecuación 15 Entregas por mes

$$\text{Entregas por Mes} = \frac{\text{Entregas Anuales}}{12}$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

El indicador de entregas por mes indica cuántas veces se va al hospital al mes.

### Figura 31 Entregas por mes

$$\frac{\text{Entregas por mes}}{10}$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

La cantidad de veces que se entrega oxígeno líquido supera una entrega semanal por la demanda que tiene el hospital en oxígeno líquido versus los tanques que utilizan de 230 litros.

### **Ecuación 16 Tiempo recorrido**

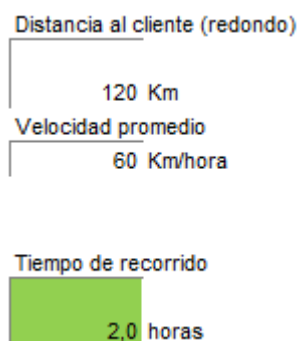
$$\text{Tiempo del recorrido} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad Promedio}}$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

Este indicador ayuda a determinar cuánto es lo que el conductor profesional dura haciendo la entrega al Hospital Adolfo Carit Eva.

La distancia de la planta de Coyol al cliente es de 120 km en un viaje redondo y la velocidad permitida del camión es de 60 km/hora. En la Figura 32 *Tiempo de recorrido*, se demuestra el resultado de la ecuación.

### **Figura 32 Tiempo de recorrido**



Nota Marlene Valverde Padilla

El resultado de la ecuación es que el tiempo del recorrido del camión es de 2 horas en un viaje redondo al Hospital Adolfo Carit Eva.

Otro indicador es el de días requeridos, el cual determina cuántos días se utilizará el camión para hacer las entregas al hospital.

### **Ecuación 17 Días requeridos**

$$\text{Días Requeridos} = \frac{\text{Tiempo del recorrido}}{\text{Horas disponibles del camión}}$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

El tiempo del recorrido al hospital es de 2 horas y las horas disponibles de la pipa en Costa Rica son de 10 horas, ya que existe una restricción en la Ley de Tránsito donde los camiones de transporte no pueden circular en vía pública en horarios de 7 a.m. a 10 a.m. y de 4 p.m. a 7 p.m. En la Figura 33 *Días requeridos del camión* se demuestra el porcentaje de uso diario del camión para el Hospital Adolfo Carit Eva.

### Figura 33 Días requeridos del camión

Horas disponibles al día	10
Días requeridos para entrega	0,20

Nota: Marlene Valverde Padilla

Es importante mencionar que el porcentaje de días requeridos del camión que se mencionan en la figura 33 es solo para el hospital mencionado, ya que el camión es utilizado para entregar a más hospitales teniendo un uso del 100%.

### Ecuación 18 Factor de utilización

$$\text{Factor de Utilización} = \frac{\text{Días requeridas X Entregas por mes}}{\text{Días de uso del camión}}$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

El factor de utilización determina el porcentaje de uso del camión para el Hospital Adolfo Carit Eva. El porcentaje de día requerido por entrega es de 20%, se multiplica por las entregas mensuales que son 10 y se divide por los días uso del camión que son 30,4 dando como resultado lo que se muestra en la figura 34:

### Figura 34 Factor de utilización

Factor de utilización	6,6%
-----------------------	------

Nota: Marlene Valverde Padilla

Para el Hospital Adolfo Carit Eva, el camión de envasados se utiliza mensualmente un 6,6%. Es importante mencionar que la utilización del recurso es alta, ya que se usa para las entregas de otros hospitales

### Ecuación 19 Costos de distribución

$$\text{Costo de Distribución} = \frac{\text{Distancia X costo del kilometro}}{\text{Capacidad del camión}}$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

Para despejar la Ecuación 19 *Costos de distribución*, la gerente de distribución es la encargada de dar el costo por kilómetro, el cual se muestra en la figura 35:

### Figura 35 Costo distribución por kilómetro

Costo por Km
3 \$/Km

Nota: Marlene Valverde Padilla

A continuación, en la Figura 36 *Costos de distribución*, se calculan los datos utilizando los indicadores antes descritos para determinar que el gasto que presenta distribución al entregar el oxígeno medicinal al Hospital Adolfo Carit Eva actualmente es de \$0,783 dólares por litro entregado.

### Figura 36 Costos de distribución

Praxair Distribución Envasados	
<b><u>Costos de Distribución.</u></b>	
Capacidad del camion	
460 lt	
Distancia al cliente (redondo)	Dias de uso de la pipa
120 Km	30,40 dias/mes
Velocidad promedio	Entregas anuales
60 Km/hora	121
Tiempo de recorrido	Entregas por mes
2,0 horas	10
Costo por Km	Horas disponibles al día
3 \$/Km	10
<b>Factor de utilización</b>	Días requeridos para entrega
6,6%	0,20
<b>Costo de distribución</b>	
<b>0,783 Dolares</b>	

Nota: Marlene Valverde Padilla

Para identificar el costo anual por la cantidad de entregas que se realizan, se toman los siguientes datos: el costo por kilómetro es de \$0,783 dólares por litro entregado, se entregan 460 litros, ese mismo dato se debe multiplicar por las 10 entregas mensuales dando como resultado \$3600 dólares al mes. Anualmente se multiplicaría por 12 para dar como resultado \$43,200 dólares en costos.

### Figura 37 Costos de producción anuales

<b><u>COSTO POR LT</u></b>	
Costo Producto ( Hans Oviedo )	
0.20 c USD / lt	\$ 0,20 US / carga
<b><u>COSTO MENSUAL</u></b>	
COSTO DE PRODUCTO ( AL MES 5000lt)	\$ 1.000,00 mensual

En la Figura 37 *Costos de producción anuales*, se destaca que el costo variable del producto dado por Hans Oviedo es de \$0.2 centavos de dólar por litro, esto quiere decir que, para sacar el costo mensual al mes, se multiplica por 5000 litros que se deben entregar al hospital dando como resultado \$1000 dólares. Para sacar el costo anual de producción, se multiplican los \$1000 dólares por 12 meses dando como resultado \$12,000 dólares.

Se analiza el flujo neto efectivo para determinar la rentabilidad que tiene el suministro de oxígeno líquido en el hospital, esto se muestra en la figura 38:

### Figura 38 Flujo neto proceso actual

PROFIT & LOSS						
	0	1	2	3	4	5
Ventas		72,00	72,36	73,08	73,81	
Costo Variable		55,20	56,58	57,99	59,44	
Gross Margin		16,80	15,78	15,09	14,37	
Costo Fijo		0,003	0,003	0,003	0,003	
UOAI		16,80	15,78	15,09	14,37	
Dep.		4,750	4,750	4,750	4,750	
UAI		12,0	11,0	10,3	9,6	
%OP		17%	15%	14%	13%	
ISR 30%		3,6	3,3	3,1	2,9	
<b>Ut. Neta</b>		<b>8,4</b>	<b>7,7</b>	<b>7,2</b>	<b>6,7</b>	

CASH FLOW				
<b>Ut. Neta</b>	<b>8,4</b>	<b>7,7</b>	<b>7,2</b>	<b>6,7</b>
Depreciación	4,8	4,8	4,8	4,8
Capex	-	-	-	-
<b>Free Cash Flow</b>	<b>13,2</b>	<b>12,5</b>	<b>12,0</b>	<b>11,5</b>

Nota: Marlene Valverde Padilla

Para la corporación de Praxair, este costo es bastante alto, por lo que se quiere investigar cómo hacer el proceso de entrega de una manera eficiente y dar mayor rentabilidad a la empresa.

Se puede observar que el costo del proceso de suministro de oxígeno líquido para el hospital es de \$55,200 dólares y que el beneficio de la operación es de 17%. Por política de la empresa este indicador debe ser mínimo del 35%.

Otro tipo de desperdicio es el sobreprocesamiento, el cual indica que son esfuerzos que no son requeridos por los clientes, por esta razón, se investiga el flujo de procesos para determinar qué actividades no están agregando valor al producto.

En la siguiente Figura 39 *Diagrama analítico del proceso actual*, se muestra la duración de cada una de las actividades.

### Figura 39 Diagrama analítico del proceso actual

Cursograma analítico				Operario	Material	Equipo		
Diagrama Num.	Hoja Num.	de	Resumen					
Objeto: Oxígeno Líquido			Actividad	Actual	Propuesta	Economía		
Actividad: Proceso llenado tanques de 230 litros			Operación ○					
			Transporte ⇨					
			Inspección D					
			Almacenamiento ▽					
Metodo : Actual / Propuesto			Tiempo (hora-hombre)					
Lugar: Planta Coyol			Costos:					
Operario (s) : Luis benavides		Ficha Num.	Mano de obra		\$ 2,99			
Giovanny Rodriguez			Materiales		\$ 3.202			
Compuesto MVP		Fecha: 15/10/2018	Totales		\$ 3.204,99			
Aprobado por ACP		Fecha: 12/12/2018	Simbolo					
Descripcion	Cantidad	Distancia	Tiempo (min)	○	⇨	D	▽	Observaciones
Colocacion de manguera	2	3,3		x				
Llenado de tanques	2	6		x				Automatico
Verificacion de fugas	2	5,45				x		
Desmontado de mangueras	2	2,5		x				
Colocacion sello termoencogible	2	3,5		x				
Recoleccion de tanques montacargas	2	4			x			
Posicion de tanques en camion	2	18,75			x			
Conteo Mesa de control	2	12,58				x		
Salida Camion	1						x	
Total		56,08		4	2	2	1	

Nota: Marlene Valverde Padilla

El proceso de llenado de los tanques de 230 litros empieza con la colocación de las mangueras en los tanques, el promedio de duración de esta actividad es de 3,3 minutos. La siguiente actividad es el llenado automático, por lo que en los 20 días de tomas de tiempos se dio la misma duración de 6 minutos; después del llenado se verificaron las fugas por medio de la utilización de un *spray* especial, donde se rocía en las válvulas para ver si en las mismas se desprenden burbujas a su alrededor; en los dos tanques se hizo la verificación con una duración de 5,45 minutos promedio. Posterior a la verificación, se desmontan los tanques de 230 litros, para hacerlo se requirió de un tiempo promedio de 2,5 minutos para los dos tanques.

Los gases deben llevar un proceso totalmente inocuo, por lo que, según la Norma NFPA 99, los tanques deben llevar sellos termo encogibles para demostrar que los mismos no han sido utilizados antes de llegar al cliente. La duración de la colocación de estos sellos tuvo un promedio de 3,5 minutos en los dos tanques de 230 litros. Todos los procesos descritos anteriormente los realiza solo una persona.

El encargado de llevar todo el producto de planta al camión correspondiente tuvo una duración promedio en esa actividad de 22,75 minutos. El producto se deja en los camiones para que el

encargado de mesa de control chequee el inventario de lo que va a salir de la planta del Coyoil. La duración de esta actividad es de 12,58 minutos en promedio. Todo lo que queda cargado en el camión se deja ahí hasta el día siguiente que el conductor asignado se lo lleva a las 5 a.m.

Todas estas actividades tienen una duración promedio de 56,08 minutos. En la aplicación de una mejora en el proceso, el tiempo se quiere bajar eliminando las actividades que no agregan valor para la demanda que tiene el Hospital Adolfo Carit Eva.

Otro tipo de desperdicio son las esperas: los camiones de Praxair tienen GPS, por lo que se miden las esperas en cada hospital cada vez que realizan las entregas. Este tipo de muda no depende de la empresa, sino del hospital. Varios factores que pueden incidir en el por qué sucede esto son: el tiempo que dura proveeduría en recibir el bien o la cantidad de proveedores que se encuentran delante de la entrega de gases.

Para medir la muda de espera se revisa el sistema GPS durante seis meses en los días específicos de entrega de oxígeno líquido al Hospital Adolfo Carit Eva en los camiones de envasados.

#### **Figura 40 Promedio de espera del camión en el hospital**

Envasados	
Promedio minutos espera mensuales	556
Promedio minutos espera diarios	55.6

Nota: Marlene Valverde Padilla

Praxair Costa Rica, al tener un Departamento de Productividad, siempre está buscando la mejora en los procesos y por esta razón desea disminuir los tiempos del suministro de oxígeno líquido en el respectivo hospital.

Otro tipo de desperdicio son los movimientos innecesarios de personas dentro del proceso, estos no se pueden medir, ya que los movimientos que se detectaron fueron dentro de personal del hospital y no suma ningún costo para la empresa, pero sí es un riesgo para el hospital, por lo que se menciona como mejora de proceso productivo.

El Departamento de Mantenimiento es el encargado de verificar cuán llenos están los tanques de 230 litros en el momento de su uso y realizar el cambio de los mismos a tiempo por los que se encuentran como respaldo para que el hospital no se quede sin producto. Este proceso es de alto riesgo, ya que depende totalmente del personal a cargo en esos momentos. El consumo de oxígeno

líquido del hospital está en constante cambio y por eso no deben atenerse a revisar los tanques en tiempos prolongados.

### Etapa de análisis

Actualmente se encuentran cuatro tipos de desperdicios en el proceso de suministro de oxígeno líquido al Hospital Adolfo Carit Eva; para determinar cuáles son los problemas que más afectan a la empresa, se decide realizar un acumulado de la frecuencia de los datos.

**Figura 41 Acumulado del Pareto**

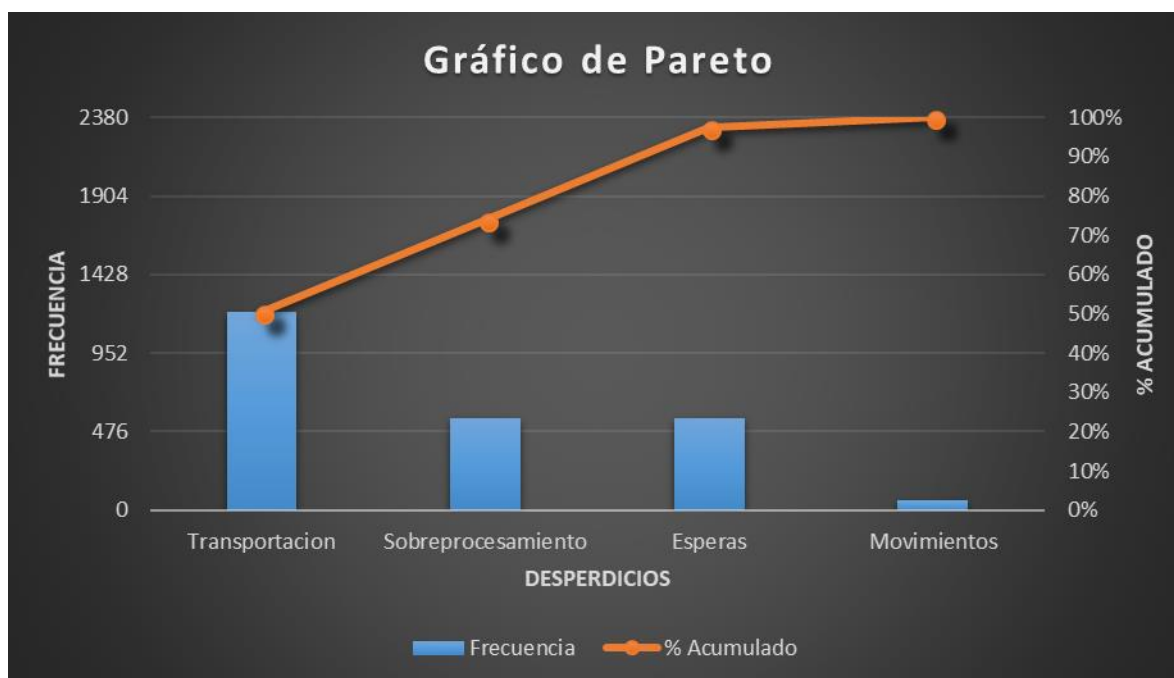
Desperdicios	Frecuencia	%	Acumulado	% Acumulado
Transportacion	1200	50%	1200	50%
Sobreprocesamiento	560	24%	1760	74%
Esperas	560	24%	2320	97%
Movimientos	60	3%	2380	100%
Total	2380	100%		

Nota: Marlene Valverde Padilla

En la Figura 41 *Acumulado del Pareto*, se toma en cuenta como frecuencia los minutos utilizados en cada actividad al mes. En el transporte, los datos que se toman son las 2 horas (120 minutos) que se usan en el tiempo de recorrido, se multiplican por las 10 veces que se va en promedio al hospital en el mes. En el procesamiento, los 56 minutos que duran los operadores en llenar dos tanques y se multiplican por las 10 veces que lo hacen al mes. En las esperas, se usan los datos de los 56 minutos que duran en promedio los camiones en los hospitales y se multiplican por las 10 veces que se entregan en el hospital. Los movimientos que realiza el personal del hospital se toman como el tiempo de llamada que hacen a la empresa que es de 6 minutos en promedio para hacer el pedido y se multiplican por las 10 veces en promedio que llaman al hospital en el mes.

Acorde a la Figura 41 *Acumulado del Pareto*, se desarrolla el diagrama de Pareto para tener visibilidad de cuáles son los tipos de desperdicios que se deben abarcar para eliminar al menos un 80 % del problema.

**Figura 42 Diagrama de Pareto**



Nota: Marlene Valverde Padilla

Según la Figura 42 *Diagrama de Pareto*, se logra observar que la trasportación abarca el 50% del problema, por lo que es una de las causas principales que se deben atacar.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, se puede decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema. Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños.

### Ishikawa posibles causas

Al revisar la información, se decide hablar con los departamentos involucrados en el proceso, para determinar los principales desperdicios que se presentan.

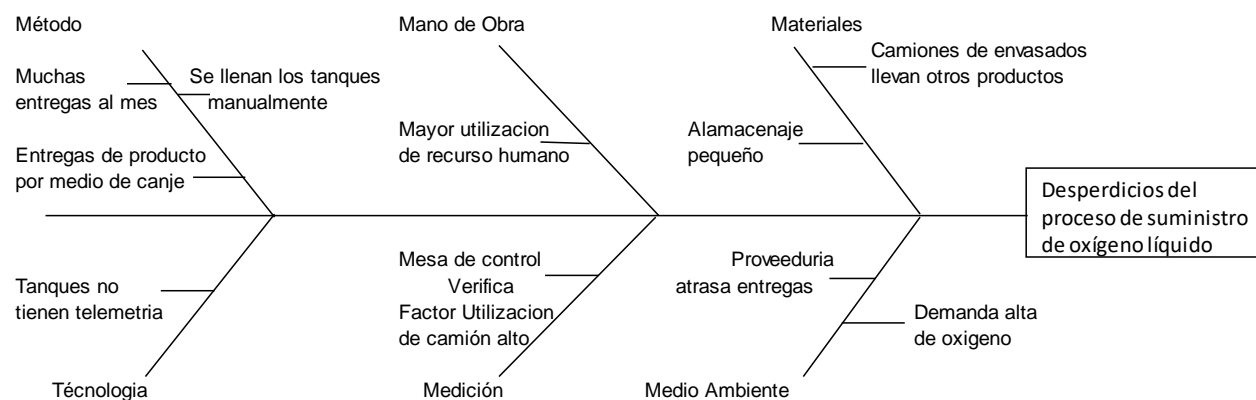
Los puntos más recurrentes fueron:

- La cantidad de entregas que se realizan al mes.
- El equipo que se utiliza para entregar oxígeno líquido al hospital lleva otro tipo de productos.
- Los tanques de 230 litros son pequeños para la demanda del hospital.
- Entrega de producto por medio de canje de tanques de 230 litros.
- Se dura más llenando tanques de 230 litros que una pipa entera.

- Se dura mucho en el hospital porque proveeduría no recibe inmediatamente al camión si tiene proveedores adelante.
- Mesa de control revisa el camión de envasados mientras que el de *bulk* no debe hacer recuento del producto por salir.

Se resume esta información en el siguiente Ishikawa mostrado en la Figura 43 *Diagrama de Ishikawa*.

**Figura 43 Diagrama de Ishikawa**



Nota: Marlene Valverde Padilla

### **Método.**

Actualmente se realizan 10 entregas mensuales, esto provoca un aumento de costos para la empresa. El proceso de suministro se quiere cambiar para que el número de entregas baje. La entrega de producto se hace al canje de tanques vacíos por llenos, los tanques se llenan en planta y se llevan al hospital. Las instrucciones de llenado de tanques de 230 litros se realizan de manera manual.

Otra de las causas que provoca desperdicios en el proceso de suministro de oxígeno líquido es que proveeduría del hospital atrasa las entregas, ya que no reciben el producto cuando llegan, sino que, si se encuentran otros proveedores delante de ellos, deben esperar hasta que se desocupen.

### **Tecnología.**

Otra de las posibles causas consideradas es el hecho de que el pedido de producto es 100 % por medio del personal del hospital y esto hace el proceso 100 % dependiente al ser humano y vulnerable a errores comunes.

El procedimiento para pedido de oxígeno por parte del hospital es por medio de llamada, ya que los tanques no tienen telemetría, por lo que es un riesgo para el hospital que se les olvide hacer el pedido.

Esta parte del proceso es realmente delicada, ya que el hospital puede incurrir en un problema si no tienen oxígeno para los pacientes, provocando en el peor de los casos muertes. Los responsables son los encargados de mantenimiento, si este proceso no se realiza de la manera correcta, existe un alto riesgo también para la empresa, ya que por contrato tiene 4 horas para entregar el producto en una emergencia, esto conlleva altos costos que no se encuentran planeados por Praxair.

### **Mano de obra.**

El posible problema de la mano de obra es la utilización de recurso humano para las entregas de oxígeno líquido al hospital. Esto va de la mano de la cantidad de entregas que se realizan al mes, por este motivo, la utilización de recurso humano aumenta para el Hospital Adolfo Carit Eva.

### **Materiales.**

Uno de los materiales por utilizar en el proceso son los camiones de envasados, estos llevan los tanques de 230 litros cada vez que se entrega al hospital, pero llevan diferentes tipos de producto, por lo que no solo entrega estos tanques, aumentando el tiempo de entrega en el hospital.

Otro de los materiales por utilizar son los tanques de 230 litros, estos equipos se pasan entregando porque la demanda del hospital es mayor a la capacidad de los mismos. Esto es el mayor problema que tiene la empresa, ya que por dicha capacidad se debe ir en promedio 10 veces al hospital al mes.

### **Medición.**

Otra posible causa de por qué se tienen desperdicios en el suministro de oxígeno líquido en tanques de 230 litros es la utilización del camión para entregar el producto. El camión de envasados se utiliza al 100 % para todos los hospitales que se programan ese día, pero el factor de utilización del camión para el Hospital Adolfo Carit Eva es alto por la cantidad de veces que se entrega específicamente a este hospital y esto conlleva mayores costos para la empresa.

**Medio ambiente.**

Otra causa es la demanda de oxígeno en el hospital, ya que es mayor a la capacidad de los tanques, por lo que va de la mano con el material indicado.

La utilización de esta herramienta permitió visualizar que el 80% de las fallas son ocasionadas, principalmente, por las causas de trasportación y, en menor medida, por las causas de los movimientos del personal del hospital. De esta manera, se obtiene una lectura fácil sobre cuáles deben ser las causas del problema que deben ser atacadas mediante un Plan de Mejora.

## CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Uno de los principales objetivos por los que trabaja Praxair es para hacer el planeta más productivo. Si bien es una empresa que trabaja con altos estándares, equipos y regulaciones, siempre se ha buscado la manera de producir a un menor costo. Por esta razón, la empresa siempre está en la búsqueda de mejorar sus procesos.

Actualmente, el proceso de entrega de suministro de oxígeno líquido en el Hospital Adolfo Carit Eva se ha visto subdimensionado. Analizando el consumo mensual, se detecta un desperdicio de transportación donde el Departamento de Distribución hace en promedio 10 entregas mensuales de tanques de 230 litros.

Se determinó que el costo de distribución con la demanda del año 2018 es de \$55,200 dólares anuales, este número genera un beneficio de operación del 17%, el cual por política no es permitido por la empresa, por lo que se debe investigar cómo mejorar la productividad y hacer más rentable el proceso de suministro de oxígeno líquido.

Por otro lado, la cantidad de entregas no solo afecta al Departamento de Distribución, sino también al Departamento de Operaciones. El proceso de llenado de tanques de 230 litros es manual, por lo que se detecta otro desperdicio, el de sobreprocesamiento. En el proceso de llenado de tanques, se determina que el tiempo de duración de las actividades es de 56 minutos diarios, pero por la cantidad de entregas mensuales, son 560 minutos que el personal de planta requiere para llenar los tanques. Este tiempo se quiere disminuir para mejorar la rentabilidad del proceso de suministro de oxígeno líquido.

Otro de los problemas en el procedimiento actual es el tiempo de espera al entregar los tanques de 230 litros al hospital, ya que los encargados de recibir dicho producto son los de proveeduría. Los conductores indicaron que 8 de las 10 entregas mensuales duraron más en el hospital porque otros proveedores se encontraban antes de ellos entregando mercadería.

Al realizarse la investigación, se logra concluir que, si bien la propuesta de mejora del proceso de suministro de oxígeno líquido en el Hospital Adolfo Carit Eva se requiere hacer en un menor costo y tiempo para aumentar la rentabilidad del negocio, también se debe verificar si haciendo una

inversión los costos del proceso en el Hospital Adolfo Carit Eva van a bajar, por lo que se debe hacer un estudio de factibilidad.

Por otro lado, las variables que se investigaron en el proyecto para determinar si estas tienen relación son las precipitaciones en San José y la demanda de oxígeno líquido. La aplicación de la regresión lineal implica un supuesto de linealidad cuando la demanda presenta un comportamiento creciente o decreciente, por lo que es indispensable el análisis de esta regresión determinando la intensidad de las relaciones entre estas dos variables.

Como resultado, los valores de la demanda de oxígeno líquido varían con respecto a las precipitaciones un 89%, a mayor grado de precipitaciones, mayor es la demanda de oxígeno líquido.

### **Recomendaciones**

Una de las principales recomendaciones que se propone es rediseñar el diagrama de flujo del proceso de suministro de oxígeno líquido para el Hospital Adolfo Carit Eva, con el fin de delimitar las actividades que deben realizarse específicamente. Esto para comparar el proceso actual con el propuesto, dando un mayor control y una mayor claridad para eliminar los desperdicios encontrados o las actividades que no añaden valor al cliente, haciendo menos eficiente el proceso de producción y logística.

Otro paso fundamental para el cumplimiento de los objetivos en la empresa es la colaboración y la comunicación asertiva entre todos los departamentos involucrados, en todos los niveles de la empresa para trabajar en conjunto. Se propone un entrenamiento, con el fin de que toda la empresa esté al tanto de las mejoras que se realizan en los procesos y a la vez ayudar a motivarlos con la cultura de que todos los procesos requieren de mejoras. Se definen nuevas responsabilidades para los departamentos involucrados.

Para el nuevo proceso, se requiere hacer una inversión, por lo que se recomienda verificar la norma estipulada por el Ministerio de Salud en el ámbito de construcción e instalaciones en servicios de salud, como lo es la NFPA 99. Como se logra determinar en la evaluación de la situación actual, existe un riesgo en la entrega del producto, ya que los encargados de casa máquinas son los que hacen el pedido, por lo que se recomienda solventar esta necesidad para evitar pedidos de emergencias o problemas con la salud de los pacientes.

Para generar una mejor rentabilidad a la empresa, se debe aprobar el proyecto mediante un estudio de factibilidad, por lo que, entre las limitaciones o motivos por los cuales este proyecto puede bajar su efectividad, se encuentra que el costo de la inversión que realizaría Praxair no se recupere en los cuatro años de contrato que tiene el hospital, por lo no se seguirá ni se llevará a cabo el mismo si esto sucede.

Es necesaria la implementación de estrategias adecuadas que permitan el control de las actividades para dar una solución a la cantidad de entregas y eficiencia que requiere la empresa.

## **CAPÍTULO VI PROPUESTA**

### **Propuesta**

La aprobación del proyecto depende de la factibilidad de este, para orientar la toma de decisiones, se deben medir las posibilidades de éxito o fracaso de inversión. Por esta razón, se formulan estudios con base en información real para proceder o no con la implementación del proyecto. Para ahondar en estos estudios, se inicia con el estudio de mercado.

### **Estudio de mercado**

El presente estudio de mercado analizará la conveniencia y la posibilidad de suministrar oxígeno líquido en sitio. Entendiéndose como estudio de mercado, la descripción del producto, así como sus respectivos análisis, los cuales incluyen: la oferta, la demanda y precio.

La finalidad de este estudio es estimar las cantidades de producto que se van a entregar en el hospital, añadiendo los respectivos análisis, los cuales brindan la disponibilidad de insumos requeridos, el precio que se cotiza y otros datos de interés esenciales para la consecución del proyecto.

### **El producto**

El oxígeno medicinal es el gas más utilizado en los hospitales, los campos más usuales son: terapia respiratoria, reanimación, unidad de cuidados intensivos, anestesia, tratamiento de quemaduras, terapia hiperbárica, entre otros. La medida terapéutica consiste en la administración del gas a concentraciones mayores que las que se encuentran en el ambiente. La descripción técnica del producto se detalla en la tabla 3.

### **Tabla 3 Descripción técnica del producto**

Producto	Oxígeno líquido
Descripción	Oxígeno líquido de alta calidad para uso medicinal, grado médico, con una pureza de 99.5%
Olor	No presenta
Color	Incoloro

Nota: Marlene Valverde Padilla

### **Análisis de la oferta**

En este punto, se definen las cantidades de oxígeno líquido que se está dispuesto a vender a un precio determinado. En Costa Rica, la planta de aire está ubicada en el Coyol de Alajuela, específicamente en el parque industrial Propark.

La capacidad de dicha planta para generar oxígeno líquido es de 16000 litros diarios. A nivel hospitalario, las entregas diarias son aproximadamente de 13500 litros. En el cambio de proceso, se debe producir la misma cantidad de oxígeno líquido, ya que lo que cambia es solo el proceso. El mismo solo cambiaría si la demanda aumenta o baja según la estacionalidad proyectada. Específicamente para el Hospital Adolfo Carit Eva, se requieren en promedio 5000 litros mensuales actualmente.

### **Análisis de la demanda**

Como se comprobó en el análisis de la regresión lineal y la varianza, el método de regresión lineal, a mayor grado de precipitaciones, mayor es la demanda de oxígeno líquido. El comportamiento creciente determina la intensidad de la relación entre estas dos variables. Observando los gráficos de demanda y el de precipitaciones, se observa que las dos variables poseen estacionalidad y tendencia, por lo que se recomienda utilizar un método estadístico que se adapte fácilmente a cambios y tendencias, así como patrones estacionales.

El modelo Holt-Winters se utiliza para pronosticar la demanda a corto plazo cuando los datos de venta contienen tendencias y patrones estacionales de un modo subyacente.

El análisis de la demanda se determina por medio del método Holt Winters, ya que considera nivel, tendencia y estacionalidad de una determinada serie de tiempos.

### Método Holt-Winters

Al observar el gráfico 25 *Consumo de oxígeno líquido 2017/2018*, se puede notar que los datos muestran una tendencia y estacionalidad para los años 2017-2018, ya que los mismos se repiten, por lo que se requiere del empleo del método Holt-Winters, debido a que, a medida que se incrementan los datos, también se incrementa el patrón de estacionalidad.

Los periodos se repiten cada año o cada 12 meses. En la Figura 44 *Periodos de estacionalidad*, se observa la demanda del año 1 que es el año 2017 y año 2 que es el año 2018.

**Figura 44 Periodos de estacionalidad**

Metodo Winters			
	Año 1	Año 2	
1	2760	3680	
2	2300	3220	
3	2300	3220	
4	3680	4140	
5	4140	5060	
6	4600	5520	
7	3680	4600	
8	4140	5520	
9	4600	5980	
10	4600	5980	
11	4140	5060	
12	3680	3680	
Promedio	3718	4638	4178

Los dos periodos de estaciones y los dos años son los mismos datos de la demanda actual y se quiere pronosticar la demanda para los 12 meses del año 2019. El promedio total de la demanda es de 4178 litros y este dato se requiere para calcular To Valor Inicial para la tendencia.

### Ecuación 20 To Valor Inicial para la tendencia

$$T_o = (V_m - V_1) / [(m - 1)N]$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

Los datos  $V$  son los datos del promedio donde  $V_m$  es el promedio del año 2018 y  $V_1$  es el promedio del año 2017, además,  $(m-1)N$  son la cantidad de estaciones que se quieren pronosticar, siendo estas 12 meses del 2019. El resultado de la ecuación 20 se muestra a continuación en la figura 45:

**Figura 45 Resultado Ecuación To**

To	153,33
----	--------

Nota Marlene Valverde Padilla

El valor inicial para la tendencia es de 153,33 litros.

**Ecuación 21 Fo Nivel medio inicial**

$$Fo = Vm + To\left[\frac{N - 1}{2}\right]$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

Los datos de  $V_m$  que se suman son los valores de la tendencia inicial 153,33 y se multiplican por las 12 estaciones menos 1 entre 2. Dando como resultado de la Ecuación 21 Fo Nivel medio inicial lo mostrado en la figura 46:

**Figura 46 Resultado Ecuación To**

Fo	5941,67
----	---------

Nota: Marlene Valverde Padilla

El valor del nivel inicial es de 5941,67 litros.

A continuación, se van a calcular los factores estacionales con la ecuación 22:

**Ecuación 22 Factores estacionales**

$$C_j = (D)/(Fo - [(N - r)To])$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

Donde  $D$  es la demanda entre  $S_o$  menos las 12 estaciones menos el periodo 1, que es en el que se encuentra por  $To$ . Esta fórmula se replica para dar con los factores estacionales, como se quiere un factor por cada estación, se saca un promedio para cada una de las 12 estaciones, pero al sumar

este promedio, dio 12,29 y el mismo debe dar 12, por lo que se normalizan los datos. Se divide el valor del promedio de esa estación entre el total del promedio y se multiplica por 12 que son las estaciones que se quieren. A continuación, se muestra en la Figura 47 *Coefficientes de estacionalidad*:

**Figura 47 Coeficientes de estacionalidad**

Factores Estacionales		Promedios	Normalizacion
1.14	0.86	1.00	0.98
0.90	0.73	0.81	0.79
0.85	0.71	0.78	0.76
1.28	0.88	1.08	1.05
1.37	1.04	1.20	1.18
1.45	1.10	1.27	1.24
1.10	0.89	1.00	0.97
1.19	1.04	1.11	1.09
1.26	1.09	1.18	1.15
1.21	1.06	1.14	1.11
1.05	0.87	0.96	0.94
0.90	0.62	0.76	0.74
Suma		12.29	12.00

Nota: Marlene Valverde Padilla

El método Holt-Winters es un método de pronóstico de triple exponente suavizante y tiene la ventaja de ser fácil de adaptarse a medida que nueva información real está disponible. Por lo que se determinan los valores de estos tres exponentes que son  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  óptimos.

**Figura 48 Valores exponentes suavizantes**

Alpha	Beta	Gamma
0,31	0,08	0,00

Nota: Marlene Valverde Padilla

**Ecuación 23 Ft Nivel del periodo actual**

$$Ft = \alpha \frac{Dt}{(Ct - N)} + (1 - \alpha)(Ft - 1 + Tt - 1)$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

En la ecuación se multiplica  $\alpha$  por  $Dt$  que representa la demanda del periodo actual entre el dato normalizado en el periodo -11, el cual sería 0,98 más 1, menos  $\alpha$  multiplicado por el valor del nivel anterior, menos el valor de tendencia anterior.

#### **Ecuación 24 Valor del periodo para la tendencia**

$$Tt = \beta(Ft - Ft - 1) + (1 - \beta)Tt - 1$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

Para la tendencia se multiplica  $\beta$  por el nivel del periodo en que se está, menos el nivel del periodo anterior más 1, menos  $\beta$  por el valor de la tendencia anterior.

#### **Ecuación 25 Valor de la estacionalidad**

$$Ct = \gamma \left( \frac{Dt}{Ft} \right) + (1 - \gamma)Ct - N$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

Para la estacionalidad se multiplica  $\gamma$  por la demanda del periodo entre el nivel del periodo más 1, menos  $\gamma$  por la normalización del periodo -11. Después de esto, se deben normalizar todos los datos para los 12 periodos en los dos años.

#### **Ecuación 26 Valor final para pronosticar año 2019**

$$Ft + T = (Ft + TTt)Ct + T - N$$

Nota: Marlene Valverde Padilla

Se suman el valor del nivel inicial del periodo actual más el número del periodo que se encuentra y se multiplica por el valor de la tendencia de este periodo, por el factor de estacionalidad normalizado de -11. A continuación, se muestra en la Figura 49 *Datos de pronósticos con método Holter Winters*.

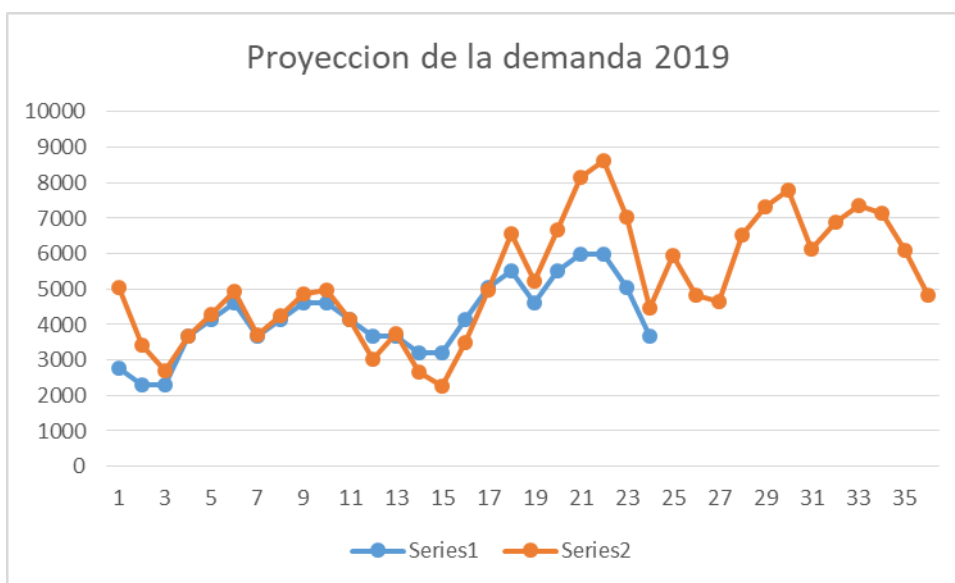
#### **Figura 49 Datos de pronósticos con método Holter Winters**

Meses	At	F1	Tt	Ct	Normaliz	Ft	error	Error^2	ABS(et/Dt)
-11					0.98				
-10					0.79				
-9					0.76				
-8					1.05				
-7					1.18				
-6					1.24				
-5					0.97				
-4					1.09				
-3					1.15				
-2					1.11				
-1					0.94				
0		5941.67	153.33		0.74				
1	<b>2760</b>	5072.68	74.38	0.98	0.98	5045.84	2285.84	5225078.88	0.83
2	<b>2300</b>	4274.33	6.99	0.79	0.79	3404.59	1104.59	1220125.34	0.48
3	<b>2300</b>	3673.90	-39.92	0.76	0.76	2691.56	391.56	153318.74	0.17
4	<b>3680</b>	3647.76	-38.86	1.05	1.05	3680.00	0.00	0.00	0.00
5	<b>4140</b>	3771.30	-26.32	1.18	1.18	4276.79	136.79	18710.79	0.03
6	<b>4600</b>	4006.63	-6.11	1.24	1.24	4933.43	333.43	111174.22	0.07
7	<b>3680</b>	3902.00	-13.72	0.97	0.97	3702.53	22.53	507.61	0.01
8	<b>4140</b>	3965.09	-7.79	1.09	1.09	4235.88	95.88	9192.66	0.02
9	<b>4600</b>	4153.90	7.40	1.15	1.15	4851.21	251.21	63108.30	0.05
10	<b>4600</b>	4295.40	17.75	1.11	1.11	4965.10	365.10	133294.92	0.08
11	<b>4140</b>	4259.80	13.63	0.94	0.94	4140.00	0.00	0.00	0.00
12	<b>3680</b>	4091.35	-0.43	0.74	0.74	3025.84	-654.16	427919.55	0.18
13	<b>3680</b>	3964.69	-10.18	0.98	0.98	3757.02	77.02	5931.57	0.02
14	<b>3220</b>	3729.18	-27.58	0.79	0.79	2654.15	-565.85	320190.99	0.18
15	<b>3220</b>	3553.78	-38.99	0.76	0.76	2248.32	-971.68	944155.45	0.30
16	<b>4140</b>	3706.06	-24.22	1.05	1.05	3496.81	-643.19	413690.72	0.16
17	<b>5060</b>	4103.82	8.36	1.18	1.18	4989.20	-70.80	5012.96	0.01
18	<b>5520</b>	4543.23	41.65	1.24	1.24	6577.51	1057.51	1118334.68	0.19
19	<b>4600</b>	4589.22	41.99	0.97	0.97	5240.57	640.57	410327.12	0.14
20	<b>5520</b>	4903.25	63.00	1.09	1.09	6689.16	1169.16	1366924.84	0.21
21	<b>5980</b>	5276.56	86.96	1.15	1.15	8164.21	2184.21	4770755.30	0.37
22	<b>5980</b>	5552.10	101.52	1.11	1.11	8642.29	2662.29	7087790.01	0.45
23	<b>5060</b>	5471.42	87.45	0.94	0.94	7025.08	1965.08	3861528.96	0.39
24	<b>3680</b>	4982.86	42.97	0.74	0.74	4453.49	773.49	598282.66	0.21
25						5937.98			
26						4843.00			
27						4652.13			
28						6518.42			
29						7319.23			
30						7794.06			
31						6143.29			
32						6900.50			
33						7357.45			
34						7152.86			
35						6089.98			
36						4835.32			

Nota: Marlene Valverde Padilla

Los datos que se muestran en color naranja son los pronosticados bajo el método Holter Winters para la demanda de oxígeno líquido del año 2019. Se vuelve a graficar la demanda de los tres años 2017-2018-2019 en la figura 50.

**Figura 50 Demanda años 2017-2018-2019**



Nota: Marlene Valverde Padilla

La línea azul son los datos actuales de los años 2017-2018 y la línea naranja es la demanda del año 2019, donde se puede observar que sigue la misma tendencia. La demanda anual con el método Holter Winters se muestra a continuación en la figura 51:

**Figura 51 Demanda oxígeno líquido año 2019**

Demanda anual	Demanda Mensual
75544,20	6295,35

Nota: Marlene Valverde Padilla

La demanda del producto se relaciona con la estacionalidad de las precipitaciones que se encuentren en la ubicación de dicho nosocomio. Para el año 2018, la demanda de oxígeno fue de 57960 litros anuales y para el año 2019 se proyectan 75,544 litros, según las proyecciones especificadas en la Figura 49 *Datos de pronósticos con método Holter Winters*.

### **Análisis de precio**

Para el establecimiento del precio, es relevante conocer que el Hospital Adolfo Carit Eva tiene un contrato desde el 2018, en el cual ya el precio está establecido. El precio actual es de \$1.2 por litro de oxígeno líquido, por lo que el mismo no se puede variar con la mejora tecnológica. Praxair debe proporcionar estos cambios sin ningún costo para el hospital.

### **Estudio técnico**

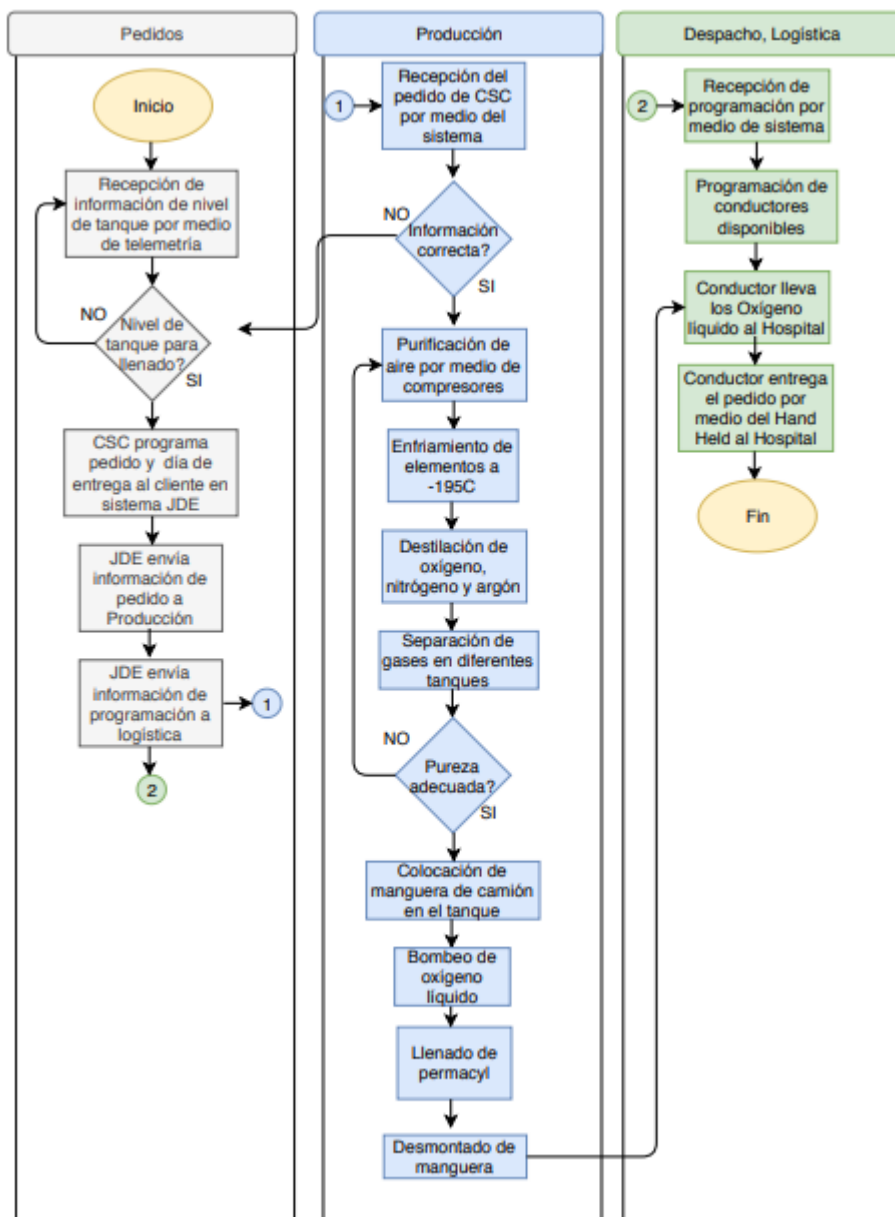
El presente estudio técnico analizará la capacidad y los procedimientos necesarios para desarrollar de mejor manera el producto, con el fin de que logre ser el proceso más rentable. Entendiéndose como estudio técnico, la descripción del proceso, capacidad de producción, localización de planta, distribución de planta, entre otros datos de interés.

La intención de este estudio es estimar la capacidad de producción, así como identificar los recursos que se poseen o deben poseer para cumplir con las cantidades de producto que el exterior estaría dispuesto a adquirir para hacer factible el proyecto.

### **Descripción del proceso propuesto**

El primer cambio que se realizará al proceso de suministro de oxígeno líquido es el diagrama de flujo. El diagrama de flujo que se presenta, a continuación, en la figura 52, es del diagrama propuesto de llenado en sitio.

### **Figura 52 Diagrama propuesto suministro oxígeno líquido**



Nota: Marlene Valverde Padilla

En la Figura 52 *Diagrama propuesto suministro oxígeno líquido*, se muestra el cambio que tendrá el proceso, después de la verificación de la pureza del oxígeno, se coloca una manguera del camión al tanque para iniciar con el bombeo para llenado de la pipa.

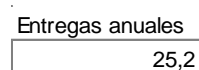
El encargado de realizar esta tarea es uno de los operadores de la planta ASU, cuando se termina de llenar el camión bulk, debe desmontar la manguera del tanque y el camión queda listo para que el conductor profesional se lo lleve y entregue al hospital. La entrega en el hospital se realiza de la

misma manera que se llena el camión de bulk, solo que se monta la manguera en el tanque situado en el hospital.

Para comparar los desperdicios del proceso de suministro actual y el proceso de suministro propuesto, se mide bajo los mismos indicadores antes propuestos.

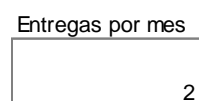
Las entregas anuales establecen cuantas veces se va al año al hospital a entregar oxígeno líquido mediante el camión bulk. El pronóstico del método Holter Winters determinó que la demanda proyectada para el año 2019 es de 75,544 litros anuales y la capacidad del camión es de 3000 litros para llenar el tanque, dando como resultado lo que se muestra en la figura 53:

### **Figura 53 Entregas anuales**



Nota: Marlene Valverde Padilla

### **Figura 54 Entregas mensuales**



Nota: Marlene Valverde Padilla

El indicador de entregas por mes indica cuántas veces se va al hospital al mes. En comparación con los dos indicadores, en el proceso actual se determina que al mes realizan 10 entregas, mientras que en el proceso propuesto, realizarían dos entregas mensuales, lo cual disminuye un 80% las entregas del proceso actual con una demanda superior.

El indicador del tiempo del recorrido ayuda a determinar cuánto es lo que el conductor profesional dura haciendo la entrega al Hospital Adolfo Carit Eva. El tiempo para el año 2019 será el mismo, ya que la distancia y la velocidad a la que deben ir los conductores independientemente del camión que manejen son las mismas.

En la Figura 55 *Tiempo de recorrido*, se demuestra el resultado de la ecuación.

### **Figura 55 Tiempo de recorrido**

Distancia al cliente (redondo)

120 Km
Velocidad promedio
60 Km/hora

Tiempo de recorrido

2,0 horas
-----------

Nota Marlene Valverde Padilla

El resultado de la ecuación es que el tiempo del recorrido del camión es de 2 horas en un viaje redondo al Hospital Adolfo Carit Eva.

Otro indicador es el de días requeridos, el cual determina cuántos días se utilizará el camión para hacer las entregas al hospital. El porcentaje de día requerido del camión es el mismo en ambos procesos, ya que el tiempo de recorrido y las horas disponibles del camión son las mismas.

#### Figura 56 Días Requeridos del camión

Horas disponibles al día
10
Días requeridos para entrega
0,20

Nota: Marlene Valverde Padilla

El factor de utilización determina el porcentaje de uso del camión para el Hospital Adolfo Carit Eva. El porcentaje de día requerido por entrega es de 20%, se multiplica por las entregas mensuales de 2 y se divide por los días uso del camión que son 30,4.

#### Figura 57 Factor de utilización

Factor de utilización
1,4%

Nota: Marlene Valverde Padilla

Para el Hospital Adolfo Carit Eva, el camión bulk se utiliza mensualmente un 1,4% versus el de envasados, el cual lo utilizan 6,6%, son 5,2 puntos porcentuales donde la diferencia está en las entregas mensuales.

Para despejar la fórmula de la ecuación del costo por kilómetro para camiones bulk, la gerente de distribución entrega este dato, el cual se muestra en la figura 58:

### Figura 58 Costo por kilómetro bulk

Costo por Km
4,0 \$/Km

Nota: Marlene Valverde Padilla

A continuación, en la Figura 59 *Costos distribución*, se calculan los datos utilizando los indicadores antes descritos para determinar que el gasto que presentaría distribución al entregar el oxígeno medicinal al Hospital Adolfo Carit Eva sería de \$0,160 dólares por litro entregado. Al mes se multiplicaría por la cantidad de entregas mensuales que serían dos y por la cantidad de litros entregados, lo cual da como costo \$960 dólares mensuales. Anualmente se multiplicarían por 12 y daría un costo de \$11,520.

### Figura 59 Costos distribución

Praxair Distribución Bulk	
<b>Costos de Distribución.</b>	
Capacidad de la pipa	
3.000 lt	
Distancia al cliente (redondo)	Días de uso de la pipa
120 Km	30,40 días/mes
Velocidad promedio	Entregas anuales
60 Km/hora	25,2
Tiempo de recorrido	Entregas por mes
2,0 horas	2
Costo por Km	Horas disponibles al día
4,0 \$/Km	10
<b>Factor de utilización</b>	Días requeridos para entrega
1,4%	0,20
<b>0,160 Dolares</b>	

Nota: Marlene Valverde Padilla

La diferencia entre los costos que tiene distribución por medio de envasados versus bulk es de un 79% de ahorro, si se entrega el oxígeno en sitio llenado el tanque en el hospital.

El tiempo en el desperdicio de sobre procesamiento en el proceso actual es de 56,08 minutos; para confirmar si el tiempo disminuye en el proceso propuesto, se realiza un diagrama analítico con las actividades por realizar.

**Figura 60 Diagrama analítico**

Cursograma analítico				Operario	Material	Equipo		
Diagrama Num.	Hoja Num. de		Resumen					
Objeto: Oxigeno Liquido	Actividad		Actual	Propuesta	Economia			
	Operación ○							
	Transporte ⇨							
Actividad: Proceso llenado Pipa	Inspeccion D							
	Almacenamiento ▽							
	Distancia (m)							
Metodo: Propuesto	Tiempo (hora-hombre)							
Lugar: Planta Coyol	Costos:							
Operario (s): Luis Benavides	Ficha Num.	Mano de obra		\$ 0,997	\$ 1,99			
		Materiales		\$ 0,997	\$ 3.201,00			
Compuesto p MVP	Fecha:	15/10/2018	Totales					
Aprobado por ACP	Fecha:	12/12/2018	Símbolo					
Descripcion	Cantidad	Distancia	Tiempo (min)	○	⇨	D	▽	Observaciones
Colocacion de manguera	1		3,5	x				
Llenado de camion	1		15	x				Automatico
Desmontado de mangueras	1		2,35	x				
Salida de camion	1			x				
Total			20,85	4	0	0	0	

Nota: Marlene Valverde Padilla

El tiempo de llenado de los tanques de 230 litros y la pipa de oxígeno líquido cambia drásticamente, disminuyendo una tercera parte del tiempo que se dura en la actividad de llenado actual. El llenado de camiones bulk es un proceso que se realiza en la actualidad, pero no es la forma en la que se le entrega al Hospital Adolfo Carit Eva.

En costos, el proceso actual ahorraría el tiempo de uso de mano de obra en un 63%, los materiales como los sellos termo encogibles y los tanques tienen un costo de \$3202 dólares que ya no se deben utilizar en el proceso actual.

El desperdicio de las esperas en el proceso actual, como se determinó en el proyecto, no depende de la empresa, sino del hospital, ya que el personal encargado de recibir el producto es proveeduría. En el cambio de proceso, los encargados de recibir el bien son los técnicos del Departamento de Terapia respiratoria, por lo que se mide el tiempo en espera en minutos en otro hospital de igual tamaño del tanque propuesto.

**Figura 61 Promedio minutos en espera**

	Envasados	Bulk	Ahorro tiempo
Promedio minutos espera mensuales	556	70	-87%
Promedio minutos espera diarios	55.6	35	-37%

Nota: Marlene Valverde

En la Figura 61 *Promedio minutos en espera*, entre entrega de envasados y entrega de bulk, se determina la cantidad de minutos que el camión se queda estacionado en el hospital. Se utiliza un promedio de tiempo de otro hospital con una entrega similar a la del proyecto.

Posterior a determinar la cantidad de minutos, se comprueba que el promedio de espera del conductor profesional en el hospital es de 550 minutos al mes y el promedio de espera del conductor profesional de bulk es de 70 minutos mensuales. Esto sucede por la cantidad de entregas que se realizan al mes y porque las personas que reciben el producto de envasados son del Departamento de Proveeduría, por lo que pueden tener otros proveedores delante que retrasen la ruta; mientras que el Departamento de Terapia respiratoria del hospital recibe el camión bulk, siendo este el único producto que ellos reciben. El ahorro en tiempo para la empresa mensualmente es de un 87% entregando en sitio en el hospital.

### **Equipo e infraestructura**

Se requiere de equipos para hacer el cambio de proceso de suministro de oxígeno líquido, por lo que se detallan a continuación en la tabla 4:

**Tabla 4 Equipo necesario para cambio de proceso**

Equipo	Costo
Tanque 3000 litros	\$ 29,750 dólares

Equipo	Costo
Gasificador	\$ 4,500 dólares
Válvulas, tuberías y conexiones	\$ 1,450 dólares
Camión bulk	*Equipo ya se tiene \$ 42,000

Nota: Marlene Valverde Padilla

### Personal

Bajo el cambio de proceso, Praxair no debe contratar más personal para realizar el llenado de tanques en sitio. Los encargados de realizar este proceso son conductores profesionales que ya se encuentran en planilla. Los recursos humanos están compuestos por el personal que se requiere para la implementación del proyecto y se detalla a continuación en la tabla 5:

**Tabla 5 Recursos humanos del proyecto**

Recurso humano del proyecto	Especificaciones de puesto	Costos
Coesa	Estudio de suelo y construcción de obra gris. Subcontratado.	\$ 6,350 dólares
Dos técnicos en instalaciones	Ubicación base tanque, colocación tanque, colocación válvulas al tanque, conexión a la red del hospital y desconexión de los tanques de 230 litros.	\$ 5,460 dólares

Nota: Marlene Valverde Padilla

### Materiales de construcción

Para la obra gris, Praxair paga a un subcontratista, el cual le cotiza el siguiente precio: \$6,350; el estudio de suelo lo realiza la misma empresa y viene incluido en el precio dado en la cotización.

## Distribución física del proyecto

Otro elemento importante en el estudio técnico es la determinación de la distribución física del proyecto. Al ser un hospital de la Caja Costarricense del Seguro Social antiguo, no existen muchos lugares donde se puede hacer el proyecto, por esta razón, el hospital indicó donde debe desarrollarse la distribución física del proyecto, la cual se muestra a continuación, en la Figura 62 *Área establecida para el proyecto*.

**Figura 62 Área establecida para el proyecto**



Nota: Marlene Valverde Padilla

El área establecida para el proyecto, como lo demuestra la *Figura 62 Área establecida para el proyecto*, se encuentra cerca de Proveeduría, donde se puede descargar el producto sin problema mediante el camión de Praxair. Para hacer el proyecto en esa área, Praxair debe construir una loza que soporte los 3000 litros del tanque.

## Marco Legal

El siguiente estudio legal analizará los aspectos del marco legal que son necesarios para el correcto funcionamiento de cambio de proceso. Este estudio se basa en una Licitación Pública Nacional con la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) de suministros de gases medicinales e industriales según demanda para el Hospital Adolfo Carit Eva. La vigencia del contrato es por un año prorrogable a tres más, empezó el 18 de octubre del 2018.

El ítem que se estudia es el oxígeno líquido al 99,9% de pureza para uso medicinal. La disponibilidad del suministro es de 24 horas al día, los 7 días de la semana, 365 días del año.

Los pedidos se realizan en forma telefónica o vía correo electrónico por el coordinador de terapia respiratoria y el Departamento de Mantenimiento del hospital. Los tanques son propiedad de la empresa y se entregan en modalidad de préstamo al hospital, por lo que el mantenimiento preventivo y correctivo corre por cuenta de Praxair.

La empresa debe garantizar que los productos y envases cumplen con todas las normas vigentes decretadas por el Ministerio de Salud (NFPA 99, DOT, CGA).

### **Norma CGA**

La Norma Compressed Gas Association establece los requisitos para el uso adecuado en el manejo de productos químicos, como válvulas de seguridad, colores de cilindros, entre otros. En la Tabla 6 *Requisitos Norma CGA* se mencionan los requisitos del contrato para verificar si se cumplen:

#### **Tabla 6 Requisitos Norma CGA**

CGA		
	Cumple	No Cumple
Cilindros deben de ir pintados bajo el color del gas correspondiente	x	
Cilindros y tanques con valvulas correspondientes al gas indicado	x	
Cilindros y tanques con su valvula de seguridad respectiva al tipo de gas	x	
Las válvulas deben de estar adecuadamente cubiertas y protegidas de contaminación.	x	
Cada cilindro debe de traer las marcas correspondientes a la prueba de presión hidroestatica con el año que fue efectuada	x	
Tanques criogenicos para líquidos de acero inoxidable	x	
99.9% de pureza de Oxígeno líquido medicinal	x	
En el caso de oxígeno líquido en tanques debe de llevar un sello de garantía y seguridad	x	

Nota: Marlene Valverde Padilla

Por consiguiente, los tanques cumplen con los requisitos señalados por el contrato y el Ministerio de Salud.

## Norma DOT

Otra de las normas requeridas por el Ministerio de Salud es la Norma DOT (Department of Transportation), la cual establece los requisitos de seguridad en el transporte de sustancias químicas. A continuación, en la Tabla 7 *Requisitos Norma DOT*, se muestran los requisitos que requiere el hospital de la CCSS:

**Tabla 7 Requisitos Norma DOT**

DOT		
Requisitos	Cumple	No Cumple
Camión autorizado por el Mopt para llevar sustancias químicas	x	
Camión con Rampa para bajar cilindros y tanques	x	
Camiones rotulados según el tipo de gas que contenga	x	
Conductores deben utilizar equipo de seguridad(Gafas protectoras, zapatos de seguridad con punta de acero, guantes)	x	
El transporte de Oxígeno Líquido debera realizarse en un camión autorizado por el Mopt	x	
Fichas de emergencias al día	x	
Utilización de cadenas, lingas para llevar los cilindros de manera vertical en pallets	x	

Nota: Marlene Valverde Padilla

Praxair cumple con los requisitos establecidos por la norma DOT.

### Norma NFPA99

La norma National Fire Protection Association establece los requisitos de seguridad en instalaciones de atención médica. En la Tabla 8 *Norma NFPA99*, se identifican los requisitos, estos requisitos no se mencionan en el cartel, ya que son para las instalaciones del hospital:

**Tabla 8 Norma NFPA99**

NFPA99		
	Cumple	No Cumple
Instalación de tanques criogénicos en equipos de baja presión	x	
No se permite ningún equipo impulsado por motor en la misma habitación del almacenamiento de gases medicinales a granel		x
La tubería debe de ir del color del gas correspondiente	x	
Almacenamiento a granel no pueden estar cerca de materiales inflamables	x	
Ventilación natural en el lugar de almacenamiento	x	
Etiquetado de tubería, alarmas y válvulas con el gas respectivo	x	

Nota: Marlene Valverde Padilla

Uno de los requisitos descritos en la tabla 6 *Norma NFPA99* no se cumple, ya que en el Hospital Adolfo Carit Eva el equipo de compresión de aire médico se encuentra a la par del equipo de baja

presión de los tanques criogénicos de oxígeno líquido. Por lo que en la investigación se recomienda cambiar la ubicación de los tanques.

El Ministerio de Salud de Costa Rica, al establecer un contrato de suministro de gases grado medicamento, pide como requisito que la empresa tenga un regente farmacéutico, así como un laboratorio farmacéutico. Otro requisito son las buenas prácticas de manufactura (BPM), Praxair cumple con los requisitos indicados.

### **Estructura de equipo del proyecto**

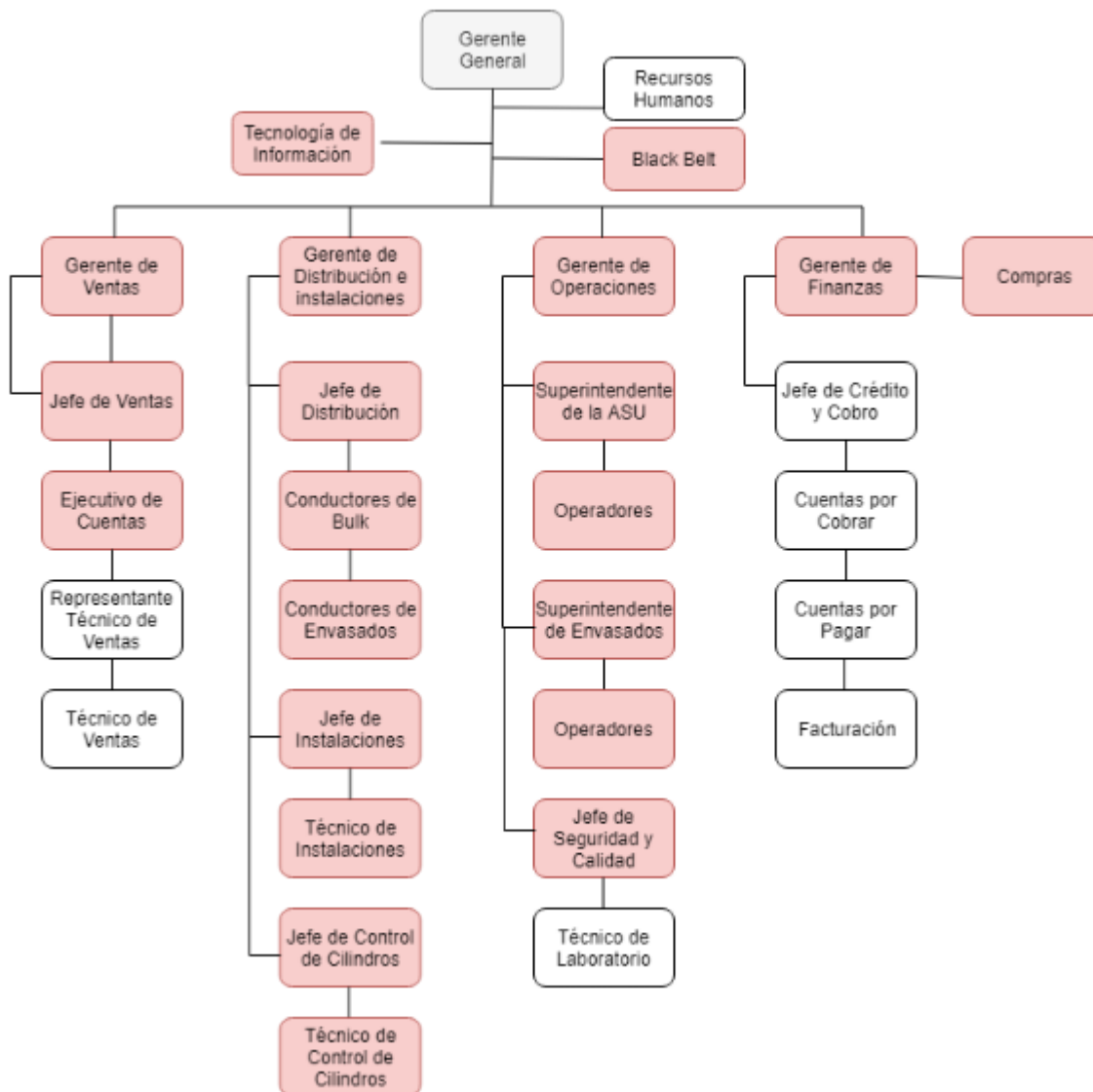
#### **Participación de entidades externas**

En el proyecto de cambio de proceso se debe construir una loza con mallas alrededor, esta loza debe medir 4 cm x 4 cm. Por política de la empresa, se piden tres cotizaciones a diferentes constructoras y se elige la de mejor precio. El contratista elegido es Coesa por una cotización de \$6350 dólares.

#### **Tamaño de la estructura organizacional**

Se relaciona directamente con el tamaño del proyecto, relacionando el número de niveles jerárquicos y divisiones funcionales de la organización. El cambio del proceso se muestra en la Figura 63 *Estructura organizacional*.

#### **Figura 63 Estructura organizacional**



En la Figura 63 *Estructura organizacional*, se muestra de color rojo todas las áreas donde va a haber cambio en el proceso.

Empezando porque el proyecto se considera un proyecto de productividad, se involucra el encargado de Black Belt para supervisar que realmente haya una mejora continua y eficiencia en el trabajo de la organización, es el encargado de suministrar los números a la corporación. Uno de los Green Belt de Praxair es el ejecutivo de Ventas, el cual ayuda a determinar qué procesos en los clientes se pueden mejorar, por lo que el área comercial, desde el gerente de Ventas hasta el ejecutivo de Cuentas, estará involucrada en obtener y analizar todos los datos necesarios para medir cuantitativamente el cambio del proceso.

Posteriormente, el Departamento de Distribución se involucra, ya que es una de las áreas afectadas por el proceso actual. Se cambian los conductores de envasados por los conductores de bulk. El Departamento de Instalaciones es el encargado de cambiar la instalación del proceso actual a la del tanque de 3000 litros y hacer las conexiones correspondientes al hospital. El Departamento de Seguridad se involucra, ya que, por recomendación, se debe cumplir con la Norma NFPA99 en instalaciones médicas y por esto, se recomienda la realización del proyecto en un lugar diferente. Donde recomienda el hospital está aprobado para cumplir con dicha norma.

El Departamento de Control de cilindros ya no debe manejar el inventario de cuatro tanques de 230 litros, sino solo de un tanque estacionario, el cual es un proceso más fácil. En el área de operaciones se darán los siguientes cambios: no se realizarán los procesos de llenado de tanques, colocación de manguera, colocación de sellos termo encogibles, verificación de fugas ni traslados de tanques en montacargas a camiones de envasados.

Tecnologías de Información se involucra porque se pondrá un equipo de Telemetría en el tanque de 3000 litros y debe transmitir la información de llenado a los servidores de la empresa. El Departamento de Finanzas se involucra para realizar las compras de lo que requiera el nuevo proceso y medir económicamente si el cambio de proceso es viable para la empresa.

### **Tecnología administrativa**

Equipo de Telemetría: este equipo se utiliza para la medición de magnitudes físicas que permite transmitir los datos obtenidos a un observador lejano. En los servidores de Praxair, bajo un sistema computarizado, llega información sobre el nivel que tiene el tanque de oxígeno líquido para programar y enviar el camión de manera automática, sin depender del llamado del hospital. El costo de la mejora tecnológica es de \$1100 dólares.

### **Análisis económico**

El estudio financiero tiene como objetivo ordenar y sistematizar la información de carácter monetario, en el cual está inmerso el proyecto. La sistematización de la información financiera consiste en identificar y ordenar los puntos relacionados con inversiones, costo e ingresos que puedan deducirse de los estudios previos.

Para sensibilizar el análisis, se evaluará el proyecto a través del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), con su respectivo período de recuperación. El análisis financiero

expuesto a través de los diferentes modelos revela el efecto que tienen las variaciones sobre la rentabilidad en los pronósticos de las variables más relevantes. El visualizar estas variables tiene mayor efecto en el resultado, con la única finalidad de mejorar las estimaciones y reducir el grado de riesgo por error que puedan repercutir en el desarrollo del proyecto.

### Estimación de costos

El objetivo es exponer los elementos fundamentales que proporcionen información válida y oportuna para la toma de decisiones. Hay costos que no se encuentran en los estados contables de la empresa, por lo que se tomaron de los encargados de superintendente de planta, gerente de distribución y contralor financiero de la empresa.

#### Costos variables.

El costo variable es aquel que se modifica de acuerdo con el volumen de producción. Este costo fue dado por el superintendente de planta y se muestra en la figura 64:

**Figura 64 Costo variable de producción**

<b><u>COSTO POR LT</u></b>	
Costo Producto ( Hans Oviedo )	
0.20 c USD / lt	\$ 0,20 US / carga
<b><u>COSTO MENSUAL</u></b>	
COSTO DE PRODUCTO ( AL MES 6300lt)	\$ 1.260,00 mensual

Nota: Marlene Valverde Padilla

En la Figura 64 *Costo variable de producción*, se destaca que el costo variable del producto dado por Hans Oviedo es de \$0.2 centavos de dólar por litro, se multiplica por 6300 litros que se proyectaron para el año 2019 dando como resultado \$1260 dólares mensuales. Al año se multiplicarían por 12, siendo este costo de \$15,120 dólares.

**Figura 65 Costo variable de distribución**

<b><u>COSTO POR LT</u></b>	
Costo Distribución ( Silvia Vargas )	\$ 0,16 US / lt transportado
4 USD / km	
120 Km / viaje	
3000lt / viaje	
<b><u>COSTO MENSUAL</u></b>	
COSTO DE ENTREGA LOX ( 2 CARGAS AL MES)	\$ 960 mensual

Nota: Marlene Valverde Padilla

En la Figura 65 *Costo variable de distribución*, se destaca el costo variable de distribución dado por Silvia Vargas, gerente de Distribución de Praxair, el mismo es de \$0,16 por los 3000 litros transportados de oxígeno líquido, si se entrega dos veces al mes, este costo se multiplica por dos para dar con \$960 dólares mensuales.

### Figura 66 Costos fijos

Costos Administrativos (Jose Arrieta)	\$	1	Mensual
Costo Capital	\$	0,06	Mensual
<b>COSTO FIJO</b>	\$	1,06	mensual

Nota: Marlene Valverde Padilla

En la Figura 66 *Costos fijos*, se destacan los costos fijos, los cuales no son sensibles a pequeños cambios en los niveles de actividad de la empresa, sino que permanecen invariables ante estos cambios. El encargado de dar este número es José Arrieta, el contralor financiero de Praxair.

### Figura 67 Costo total

<b>Costo Variable</b>	26,64
<b>Costo Fijo</b>	0,003
<b>Costo Total</b>	<b>26,64</b>

Nota: Marlene Valverde Padilla

El costo de producir y entregar oxígeno líquido mediante camiones bulk es de \$26,640 dólares anuales. Este monto se obtuvo de la siguiente manera: el costo variable de producción, distribución y fijo mensual se suman y se multiplican por 12 que sería la cantidad de meses en un año.

### Inversión inicial

Para desarrollar el proyecto, se deben tener en cuenta los costos mostrados en la figura 68 que asumirá Praxair, como lo son el total de inversión:

### Figura 68 Inversión Praxair

**INVESTMENT FOR OXYGEN TANK**

Concept	Price	Currency
Tanque 3000	\$ 29.750	USD
Gasificador	\$ 4.500	USD
Valvulas, tuberia y conexiones	\$ 1.450	USD
RTU	\$ 1.100	USD
Importación	\$ 8.500	USD
Ingenieria Civil	\$ 6.350	USD
Mano de Obra	\$ 5.460	USD
<b>Total investment</b>	<b>\$ 57.110,00</b>	<b>USD</b>

Nota: Marlene Valverde

La inversión que asumiría Praxair sería de \$57,110 dólares, los cuales debe pedir al corporativo sin intereses mediante un presupuesto.

**Flujo neto de efectivo**

El flujo neto de efectivo describe los movimientos de efectivo, el cual se estableció en 4 años que dura el contrato. Como suposición y bajo históricos, se toma en cuenta que cada año puede haber una inflación del 2,5%

**Ingresos estimados.**

Para la estimación de los ingresos, se utilizó un precio del contrato de \$1.2 dólares por litro entregado. Se estima solo un crecimiento en el precio del 0,5%, la demanda se asume que se mantiene igual durante los cuatro años, esto tomando en consideración para sensibilizar el proyecto en función de las ventas esperadas durante este período.

**Figura 69 Ventas estimadas**

Años	0	1	2	3	4
Precio		1,20	1,21	1,22	1,23
Demanda		76	76	76	76
<b>Ventas</b>		90,65	91,11	92,02	92,94

Nota: Marlene Valverde Padilla

**Figura 70 Flujo neto de efectivo**

CCSSHospital Carit						
Costa Rica				EJECUTIVO CUENTA		Marlene Valverde
PROFIT & LOSS						
	0	1	2	3	4	5
Ventas		90,65	91,11	92,02	92,94	
Costo Variable		26,64	27,31	27,99	28,69	
Gross Margin		64,01	63,80	64,03	64,25	
Costo Fijo		0,003	0,003	0,003	0,003	
UOAI		64,01	63,80	64,03	64,25	
Dep.		7,150	7,150	7,150	7,150	
UAI		56,9	56,6	56,9	57,1	
%OP		63%	62%	62%	61%	
ISR 30%		17,1	17,0	17,1	17,1	
<b>Ut. Neta</b>		<b>39,8</b>	<b>39,7</b>	<b>39,8</b>	<b>40,0</b>	
CASH FLOW						
<b>Ut. Neta</b>		<b>39,8</b>	<b>39,7</b>	<b>39,8</b>	<b>40,0</b>	
Depreciación		7,2	7,2	7,2	7,2	
Capex	-57,1	-	-	-	-	
<b>Free Cash Flow</b>	<b>-57,1</b>	<b>47,0</b>	<b>46,8</b>	<b>47,0</b>	<b>47,1</b>	

Nota: Marlene Valverde Padilla

En la Figura 70 *Flujo neto de efectivo*, se muestran los movimientos de efectivo que tiene la empresa al suministrar oxígeno líquido al Hospital Adolfo Carit Eva en un periodo de cuatro años. Mientras más amplio y positivo sea el flujo neto efectivo, mayor será el margen para hacer frente a la inversión propuesta, la misma es de \$57,100 dólares.

### Costo de capital

Toda inversión que Praxair realiza debe compararse con ciertos parámetros por política interna. El capital que se requiere para la inversión viene de la corporación y para que se les de ese capital, se debe demostrar mediante indicadores que el proyecto es viable. Un primer indicador es el VAN, el cual por política es de un 12%, la TIR o tasa interna de retorno debe ser como mínimo del 14%; otro indicador que toma en cuenta la corporación es el margen de ganancia, por sus siglas en inglés GM, el cual debe ser como mínimo del 45% y también el beneficio operativo, por sus siglas en inglés OP, debe ser mínimo de un 35%.

## Valor presente neto (VPN) y Tasa interna de retorno (TIR)

Cuando se invierte en un proyecto, se espera obtener una rentabilidad a lo largo de los años. Con el proyecto de inversión, se generan flujos positivos como se presenta en la figura 54 *Flujo neto de efectivo* y a lo largo de los cuatro años se recupera la inversión.

Los ingresos futuros se actualizan a la fecha para determinar el valor actual neto, cada flujo de caja se actualiza a una tasa del 12% y se resta la inversión inicial, como resultado dio \$85,490 dólares. Esto demuestra que a Praxair le conviene cambiar el proceso de suministro de oxígeno líquido.

La tasa interna de retorno por política de Praxair debe ser de mínimo el 14%, para tomar la decisión que sea factible, rentable o no el proyecto; el mismo dio como resultado un 73%, por lo que es otro indicador que demuestra que a la empresa le conviene invertir en este proyecto.

El GM o margen de ganancia es una medida de rentabilidad que se puede calcular como el porcentaje de retorno de la inversión: el beneficio neto entre el costo por el 100%. Como resultado el valor dio 69,8%. El mínimo por parte de la corporación es del 45%, por lo que el retorno de la inversión es positivo para la empresa.

Otro indicador es el beneficio operativo o porcentaje OP, este porcentaje es el beneficio antes de los intereses, el mismo informa sobre el resultado de la actividad después de descontar de los ingresos, los costos, pero sin los impuestos existentes. Por corporación, el mínimo debe ser del 35% y para este proyecto dio 62,7%. A continuación, en la figura 71, se muestran los resultados financieros:

**Figura 71 Resultado financiero**

RESULTADO FINANCIERO			
TIR (min 14%)	4	OK	73,0%
%OP (min 35%)		OK	62,7%
GM (min 45%)		OK	69,8%
NPV @ 12%			\$ 85,49

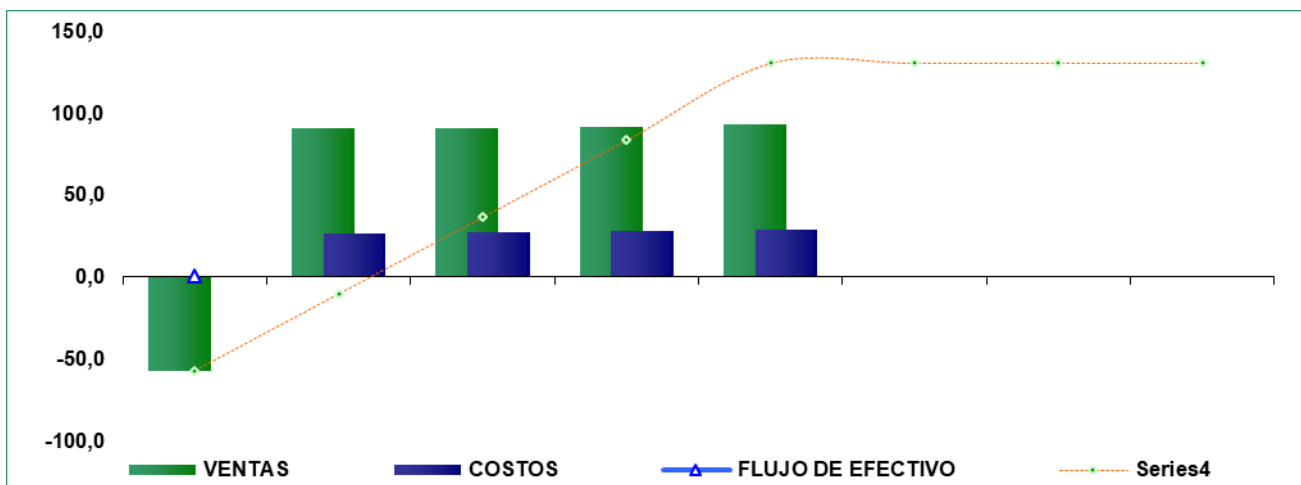
Nota: Marlene Valverde Padilla

Los resultados financieros del proyecto son positivos y exceden lo indicado por política de la corporación, lo que demuestra que el proyecto es totalmente viable y es un beneficio para la empresa.

## Periodo de recuperación

El periodo de recuperación de la inversión es de un año y tres meses, como se muestra en la Figura 72 *Gráfico periodo de recuperación*.

**Figura 72 Gráfico periodo de recuperación**



Nota: Marlene Valverde Padilla

El periodo de recuperación del proyecto de inversión es de año y 5 meses.

## Requerimientos

Existen diferentes tipos de requerimientos:

1. Requerimientos del negocio: definen los objetivos y problemas que la empresa quiere resolver. Deben estar basados en una necesidad real del usuario, sea esta conocida o no por él.

Este tipo de requerimiento o necesidad, el cual tiene Praxair, es disminuir la cantidad de entregas que tiene distribución al entregar oxígeno líquido al Hospital Adolfo Carit Eva. Se demostró en los resultados financieros que a la empresa le conviene hacer el cambio, ya que los indicadores dieron resultados positivos para hacerlo aprobados por la corporación.

2. Requerimientos de los usuarios: describe las expectativas de los usuarios.

El cambio de proceso beneficia al usuario, en este caso al hospital, ya que con el cambio del proceso van a evitar incurrir en riesgos de quedarse sin el oxígeno por no llamar a tiempo cuando se les gasta el producto. Esto se logra gracias a que el hospital tendrá el producto para 15 días en

un tanque y estará supervisado por medio de telemetría por la empresa de forma automatizada, ya no tendrán que llamar a la empresa para que les hagan la recarga del producto.

Otro beneficio que tiene el usuario es que, por el cambio que se hará, se cumplirá con la Norma NFPA 99, la cual dice que, en el área donde se encuentran los compresores de aire médicos, no se permite en la misma habitación el almacenamiento de gas médico, por lo que la ubicación nueva del tanque estará fuera de casa máquinas.

3. Requerimientos funcionales: proporcionan detalle de cómo debe comportarse un producto y especifican lo que se necesita para su desarrollo.

Este tipo de requerimiento se proporciona mediante la inversión inicial, todo lo que se necesita para desarrollar el proyecto.

4. Requerimientos de calidad: detallan las características que un producto debe poseer para mantener su efectividad y prever posibles problemas y limitaciones.

La calidad del producto será la misma, pero la manera en que se entrega será superior tanto para el hospital como para la empresa, el proceso conlleva más tecnología como lo es el equipo de telemetría o el uso de camiones bulk para hacer la descarga de producto en sitio.

5. Requerimientos de implementación: se usan para detallar cambios en los procesos, roles en el equipo y migraciones de un sistema a otro.

Al comprobar que el proyecto es factible y posible, se aprueba mediante la investigación y los datos que se proyectaron por la corporación.

### **Plan de implementación**

Para aprovechar más eficientemente los recursos disponibles, se construye un Diagrama de Gantt, el cual se utiliza para dar seguimiento y control de las etapas del proyecto. A continuación, en la Figura 73 *Diagrama de Gantt*, se especifica la duración de las actividades que se deben cumplir para terminar el proyecto.

### **Diagrama de Gantt**

#### **Figura 73 Diagrama de Gantt**

#	Actividad	Departamento	Semanas						
			1	2	3	4	5	6	7
1	Permiso de construcción de obra menor	Legal	■	■	■				
2	Supervisión de obras	Instalaciones				■	■	■	■
3	Construcción de loza	Contratista				■	■		
4	Ubicación base del tanque	Instalaciones						■	
5	Ubicación tanque	Instalaciones						■	
6	Conexión de válvulas al tanque	Instalaciones						■	
7	Conexión red de tanque al hospital	Instalaciones							■
8	Enfriamiento de tanque	Distribución							■
9	Llenado de tanque	Distribución							■
10	Desconexión de tanques de 230 litros	Instalaciones							■

Nota: Marlene Valverde

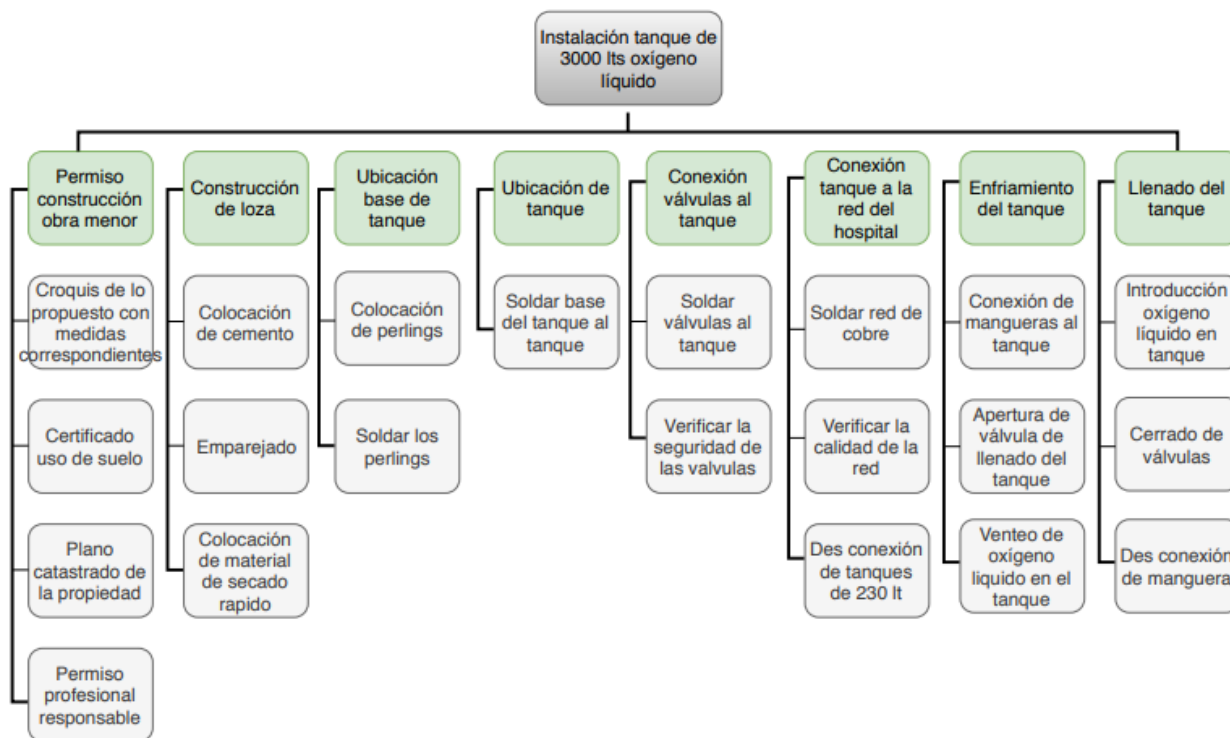
Para el presente trabajo, las actividades que se programaron son las del cambio del sistema de suministro actual por el nuevo. Como primera actividad, el permiso de construcción de obra menor tarda un promedio de tres semanas y lo hace el Departamento Legal de la empresa. La segunda actividad es la supervisión de todas las actividades que generan el cambio de proceso, el mismo será supervisado por el Departamento de Instalaciones; la construcción de la loza por su secado tarda dos semanas, esta construcción la realiza el contratista Coesa.

De la actividad 3 a la 6 el Departamento de Instalaciones tarda alrededor de dos semanas para cumplir con la conexión del tanque a la red del hospital. El conductor profesional que lleva el oxígeno líquido debe enfriar el tanque mediante venteo con el producto y después llenarlo para que sea utilizado por el hospital; estas dos actividades son parte del proceso de operación, pero se toman en cuenta para supervisar la desconexión de los tanques de 230 litros, el mismo día se llena el tanque con el producto nuevo y se desconectan los tanques de 230 litros.

## EDT

Una vez tomada la decisión de implementar el proyecto, es preciso definir el trabajo por realizar mediante una estructura de descomposición del trabajo, la cual consiste en la descomposición del trabajo que se realizará en la instalación del tanque de 3000 litros de oxígeno líquido.

### Figura 74 Estructura desglose de trabajo



Nota: Marlene Valverde Padilla

### **Permiso para construcción de obra menor.**

La primera actividad es el permiso de construcción de obra menor, como se muestra en la Figura 74 *Estructura desglose de trabajo*, se considera como obra menor toda construcción de hasta 30 metros cuadrados, tales como cocheras, cambios de techo, habitaciones y similares, así como las tapias, verjas y muros que no excedan los 20 metros lineales. En estos casos se deberá cumplir con un mínimo de requisitos, a saber:

- a. Croquis de lo propuesto con sus medidas correspondientes y la información necesaria para aclarar la razón por la cual se está solicitando permiso, tal como ubicación en el terreno, altura de la construcción, tipo de materiales por usar, retiros con el colindante, etc.
- b. Debe presentarse el plano catastrado de la propiedad y la solicitud de permiso correspondiente debidamente llena y firmada por el propietario, así como por un profesional responsable

### **Construcción de la loza.**

La construcción de la loza está a cargo de la constructora Coesa. Esta actividad tiene un tiempo de entrega de dos semanas por el secado que requiere. Primero se debe colocar el cemento y se

debe emparejar para que quede totalmente plano, encima de eso se coloca un material para el secado rápido de la loza.

#### **Ubicación base de tanque.**

La base del tanque se hace con *perlings*, estos mismos se deben soldar bien después de que la loza esté totalmente seca.

#### **Ubicación de tanque.**

El tanque viene desde aduanas para entregar en el hospital, el mismo se debe soldar con la base de *perlings* que se hace antes.

#### **Conexión de válvulas al tanque.**

Las válvulas de seguridad y de apertura se deben soldar al tanque, estas partes son de suma importancia, ya que deben quedar bien para que el producto pase al tanque sin ninguna fuga. La válvula de seguridad es para corregir cualquier aumento de presión en el tanque.

#### **Conexión tanque a red del hospital.**

Para conectar el tanque a la red, se debe hacer una tubería de cobre, por lo que se deben soldar para conectarla a la red del hospital. Se verifica con nitrógeno la calidad de la red, que no presente ninguna fuga. Al llenar el tanque se desconectan los tanques de 230 litros de la red.

#### **Enfriamiento del tanque.**

El conductor profesional de bulk debe conectar la manguera del camión hacia la válvula del tanque para después abrirla y ventear el oxígeno para enfriar el tanque. Para poder dejarle el oxígeno, el tanque debe enfriarse porque el producto que se almacena está a -181 grados centígrados, si no se realiza este proceso, el producto se evaporará.

#### **Llenado de tanque.**

Después de que se enfría el tanque, se llena el mismo con el oxígeno líquido. Después el conductor cierra la válvula y quita la manguera.

#### **Fase de control**

En esta fase de control se avala que la solución se implemente de manera correcta con el menor riesgo posible.

### **Plan de control del proyecto**

En todo proyecto donde se requiera una inversión, tendrá un riesgo implícito, debido a que la empresa realizará una inversión sobre el proyecto de rediseño del proceso de suministro de oxígeno líquido al Hospital Adolfo Carit Eva, se deben realizar los esfuerzos para que este sea lo menor posible. Los resultados obtenidos en los cálculos del TMAR, TIR y VAN fueron positivos, situación que refleja que el proyecto será rentable y a la vez seguro para la inversión que se realizará.

Después de elaborar el plan de implantación, es importante realizar un plan de control, luego de poner en marcha las mejoras. Para este fin, se deben considerar dos aspectos: los factores críticos de éxitos o riesgos del proyecto y el monitoreo y control de los avances.

#### **Factores críticos de éxito o riesgos del proyecto**

Con ayuda de expertos de la compañía, se detectan algunos riesgos que podrían perjudicar el avance correcto del proyecto, para esto se realiza una matriz donde se identifican, analizan y se toman previsiones para controlar los riesgos. En la Figura 75 *Matriz de riesgos del proyecto*, se mencionan 12 diferentes tipos de riesgos que podrían afectar el avance e implementación de las mejoras propuestas.

#### **Figura 75 Matriz de riesgos del proyecto**

Matriz de Riesgo del Proyecto										
Nombre del proyecto:	Rediseño del proceso de suministro de oxígeno líquido del hospital Adolfo Eva Carit									
Descripción de la matriz:	Identificación, análisis y control de los riesgos del proyecto									
Descripción de riesgo	Nivel de Deficiencia		Nivel de exposición		Probabilidad (NDXNE)		Criticidad (1-4)		PXC	Acciones a tomar
	Nivel	Valor ND	Nivel	Valor NE	Nivel P	Valor P	Nivel C	Valor C		
Compromiso de la dirección	Alta	5	Continua	4	Muy Alto	20	Muy Alta	4	80	La directiva debe comprometerse 100%
Mala Proyección de ventas	Muy Alta	6	Esporádica	2	Medio	12	Muy alta	4	48	Revisión y compromiso del gerente de ventas
Desconocimiento de los procesos	Alta	5	Esporádica	2	Medio	10	Media	2	20	Capacitaciones continuas tanto para el hospital como para el personal de Praxair
Omisión planeación de compras	Muy Alta	6	Bajo	1	Bajo	6	Alta	3	18	Corregir, valorar atraso y costo generado
Omisión planeación instalación equipos	Alta	5	Bajo	1	Bajo	5	Alta	3	15	Corregir, valorar atraso y costo generado
Ordenes contradictorias	Media	4	Frecuente	3	Medio	12	Alta	3	36	Minutas de las reuniones que se dan.
Resistencia al cambio	Muy alta	6	Continua	4	Muy Alta	24	Muy Alta	4	96	Involucramiento de la directiva y la administración de Praxair y del hospital

Nota: Marlene Valverde Padilla

La Figura 75 *Matriz de riesgos del proyecto* describe los riesgos que se pueden presentar. El primero es el compromiso de la dirección, donde se refiere a la implicación en el desarrollo y la implementación del cambio de proceso de suministro de oxígeno líquido. Como acción, la directiva debe estar 100% comprometida para que el proyecto se desarrolle, por eso la criticidad es alta.

El segundo riesgo que se menciona es la mala proyección de ventas, estas pueden fallar porque las proyecciones se están determinando por medio de las precipitaciones y la estacionalidad que tienen las ventas. La acción por tomar es la revisión y el compromiso del gerente de ventas para corroborar que los resultados financieros sean los adecuados para la empresa.

El tercer riesgo es el desconocimiento de los procesos, como se hará un cambio de proceso, se deben realizar capacitaciones continuas tanto para el hospital como para el personal involucrado. El Departamento de Operaciones cambiará el llenar tanques de 230 litros a llenar directamente al camión de bulk. El Departamento de Distribución cambia el proceso de la programación de las entregas, ya que será menos cantidad y con un equipo diferente, así como el proceso de entregar en sitio en el hospital. Al hospital se le realizarán capacitaciones de seguridad y manejo de tanques de productos criogénicos.

El cuarto riesgo es la omisión de planeación de compras, este punto es crítico, ya que puede atrasar la entrega del proyecto aumentando los costos de este. La acción por tomar es corregir el error, valorar el atraso y el costo que esto implicaría para planificar con anticipación qué paso seguir.

El quinto riesgo es omitir la planeación de la instalación de todos los equipos, ya que el atrasarse provoca un aumento de costos en el proyecto. La acción por tomar es corregir el error, dar seguimiento a las fechas planeadas y valorar el costo que implicaría el atraso.

Por otra parte, el sexto riesgo son las órdenes contradictorias, ya que son varios departamentos los que están involucrados, se deben poner de acuerdo para llevar todos los procedimientos con tiempos y cronograma, para esto se realizan minutas en cada una de las reuniones.

Por último, el séptimo riesgo es la resistencia al cambio: algunas personas tienen miedo a lo desconocido, al cambio de rutinas y de hábitos, por lo que la directiva de Praxair, así como la administración del hospital, se debe involucrar en el cambio de proceso para que el personal lo identifique como una oportunidad de mejora.

## REFERENCIAS

- Acuña, J. (2012). *Control de Calidad: Un Control Integral y Estadístico*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA). (s.f.). *Norma NFPA99*.
- Baca, G. (2013). *Evaluación de Proyectos*. México: McGraw Hill.
- Bravo, J. (2011). *Gestión de Procesos*. Chile: Evolución.
- Castañeda, J. (2011). *Metodología de la Investigación*. México: McgrawHill.
- Compressed Gas Association. (2018). *Norma CGA*.
- Creus, A. (1991). *Fiabilidad y seguridad de procesos industriales*. España: Marcombo.
- De Rus, G. (2008). *Análisis Coste Beneficio*. España: Ariel.
- Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT). (2006). *Norma DOT*. Recuperado de
- Gómez, M. (2014). *Elementos de Estadística Descriptiva* (4ta ed.). Costa Rica: Euned.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y Productividad* (Tercera ed.). México: McGrawHill.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2013). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. Mexico: McGraw Hill.
- Hanke, J. (1996). *Pronósticos en los negocios*. México: Pretince Hall.
- Heizer, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones*. España: Prentice Hall.
- Hernández, P. (2008). *Métodos cualitativos para estudiar a los usuarios de información*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGraw-Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw Hill.
- Justino, F. (20 de Octubre de 2017). La producción de gases medicinales como fármacos. *Asociación Española de Gases Medicinales*, 18-21.

- Keller, K. (2012). *Dirección de Marketing*. México: Pearson.
- Méndez, S., Mendoza, P., & Cuevas, A. (2017). *Fundamentos de Investigación*. Mexico: McGraw Hill.
- Organización Internacional de Normalización. (s.f.). *NORMA ISO 9001:2015*. Recuperado de <https://www.bps.gub.uy/bps/file/13060/1/normativa-internacional-iso-9001.2015.pdf>
- Parkin, M. (2009). *Economía*. México: Pearson.
- Porter, M. (1995). *Competitive Advantage: Craeting and Sustaining Superior Performance*. Estados Unidos: Pirámide.
- Porter, M. (2009). *Competitive Advantage*. UK: Simon and Sch UK.
- Rajaell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*. España: Ediciones Diaz de Santos.
- Rovira, M., Iglesias, A., & Morey, V. (2011). Procedimiento de calidad del suministro de oxígeno medicinal en un sector sanitario. *Servicio de farmacia*, 45-51.
- Sapag, N. (1995). *Preparación y evaluación de proyectos* (Tercera ed.). Colombia: Mc Graw Hill.
- Serna, H. (2005). *Gerencia Estratégica*. Colombia: 3R Editores.
- Sipper, D. (1998). *Planeación y control de la producción*. México: McGraw Hill.
- Stevenson, W. (1996). *Production/Operations managment*. USA, USA.
- Taha, H. A. (2012). *Investigación de Operaciones*. México: Pearson.
- Yepes, V. (2010). *Gestión de proyectos*. España, España: McGraw Hill.

**APÉNDICES**