



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO I

PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE GASES MEDICINALES PARA EL HOSPITAL JUAN

MANUEL GÁLVEZ

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERÍA EN BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

11541336 EDWIN DANIEL ORTEGA

ASESOR METODOLÓGICO: ING. FERNANDA CÁCERES

CAMPUS TEGUCIGALPA, JULIO DE 2022

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a Dios primero quien fue el responsable de que yo haya finalizado mi carrera de manera exitosa. A mis padres quienes han sido fundamentales para que hoy esté donde esté y tenga los principios que son los que mejor hablan de mi educación en casa. A mis hermanos que han sido como unos padres y unos verdaderos ejemplos para mí ya que siempre me han ayudado siempre que lo he necesitado. A toda mi familia que disfrutan de este logro tanto como lo hago yo. A mis amigos que siempre han estado presentes en las buenas y en las malas. Y a todas las personas que me conocen. Prometo que trabajaré duro para devolverles un poco de lo mucho que ustedes me han brindado. Estoy eternamente agradecido con todos y cada uno de los anteriormente mencionados.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres quienes con mucho esfuerzo me han dado una educación de calidad y día a día luchan por darnos a mi familia lo mejor sin que nos haga falta nada en nuestro hogar. Ellos me brindan apoyo en todos los aspectos y nunca me han abandonado. Me han demostrado que la familia es primero y que siempre hay que ayudar a los demás dándoles de corazón y sabiendo que siempre la recompensa viene del cielo. Gracias a mi hermana quien ha sido como una segunda madre para mí y me ha enseñado que no basta en la vida con solo tener carácter si no va de la mano un buen corazón. A mi hermano es un gran ejemplo de superación ya que me ha enseñado a trabajar y ser mejor persona cada día. A mis hermanas que quiero con todo mi corazón y que lastimosamente se fueron cuando yo era un niño. Que me ha hecho entender que para una persona trabajadora no existen límites y que si pongo todo en manos de Dios al final la recompensa vendrá. A mi cuñado que ha sido como un hermano para mí y a mis sobrinos que quiero como si fueran mis hermanitos pequeños.

“Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el Señor y no para los hombres; sabiendo que del Señor recibiréis la recompensa de la herencia, porque a Cristo el Señor servís.”

Colosenses 3:23

RESUMEN EJECUTIVO

Un Sistema de Gases Médicos comprende mínimo tres tipos de gases como ser: Oxígeno, Aire Medicinal, y Vacío. Este sistema debe ser instalado tomando en cuenta que todos sus componentes sean diseñados de acuerdo a criterios, estándares y normas de diseño. Todo eso con el fin de que se tenga la seguridad de que las instalaciones que suministran los gases médicos sean eficientes, seguras y que protejan la vida de las personas.

Los sistemas centralizados de gases medicinales son parte fundamental en todas las instituciones de salud debido a sus características esenciales para el soporte de vida de los pacientes. Cuando la instalación del sistema es brindada con los mejores equipamientos y se le brinda el trabajo profesional, la calidad del gas que se produce será la misma que la del gas que llega al paciente. Las plantas de oxígeno o tanques criogénicos garantizan el suministro de oxígeno como también los compresores proporcionan las redes de aire y vacío, que juntas conforman los tres principales gases medicinales usados en las instituciones de salud. La tubería es la encargada de transportar todo el gas a través de una red de distribución, la cual está específicamente diseñada para transportar cada gas en un mismo canal.

El objetivo principal del proyecto es desarrollar una propuesta de distribución de gases medicinales para el Hospital Juan Manuel Gálvez. Cabe mencionar que ya se cuenta con una red de oxígeno en el hospital, pero se pretende mejorar la red actual porque hay salas que aún no cuentan con la red y la necesitan. Al mismo tiempo se propone agregar los gases medicinales faltantes en ciertas áreas seleccionadas por el autor. Mediante las diferentes herramientas de estudio se realizó un plano como referencia de donde se ubica la tubería del gas y para saber con cuantos tomas de pared cuenta cada sala. Se realizaron visitas al hospital para poder obtener datos actuales y así compararlos con los datos obtenidos de la propuesta final. Y finalmente se hicieron los cálculos para poder determinar el diámetro de tubería de cada gas medicinal como también para obtener el flujo total en el hospital el cual sirve para la elección del tipo de compresor que se va a usar en el caso de aire medicinal y el sistema de vacío.

ABSTRACT

A Medical Gas System comprises at least three types of gases such as: Oxygen, Medical Air, and Vacuum. This system must be installed taking into account that all its components are designed according to design criteria, standards and regulations. All this in order to ensure that the facilities that medical gases are efficient, safe and that they protect people's lives.

Centralized medical gas systems are a fundamental part of all health institutions due to their essential characteristics for patient life support. When the installation of the system is provided with the best equipment and professional work is provided, the quality of the gas that is produced will be the same as the gas that reaches to the patient. Cryogenic tanks guarantee the oxygen supply as well as compressors provide air and vacuum networks, which together make up the three main medicinal gases used in health institutions. The pipeline is responsible for transporting all the gas through a distribution network, which is specifically designed to transport each gas in the same channel.

The main goal of the project is to develop a proposal for the distribution of medicinal gases for the Juan Manuel Galvez Hospital. There is already an oxygen network in the hospital, but it is intended to improve the current network because there are rooms that still do not have the network and need it. At the same time, it is proposed to add the missing medicinal gases in certain areas selected by the author. Through the different study tools, a map was made as a reference where the gas pipe is located and to know how many wall outlets each room has. Visits were made in order to obtain current data and thus compare them with the data obtained from the final proposal. And finally, the calculations were made to be able to determine the diameter of the pipe of each medical gas as well as to obtain the total flow in the hospital which serves for the election of the type of compressor that is going to be used for the medical air and the vacuum system.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción	3
II.	Planteamiento del Problema	4
2.1	Precedentes del problema	4
2.2	Definición del problema	4
2.3	Justificación	5
2.4	Preguntas de Investigación	6
2.5	Objetivos	7
2.5.1	Objetivo General	7
2.5.2	Objetivos Específicos	7
III.	Marco Teórico	8
3.1	Historia De Los Gases Medicinales	8
3.2	¿Qué Es Una Red de Gases Medicinales Y Que incluye?	9
3.3	¿De Qué Gases Esta Compuesta Una Red De Gases Medicinales?	10
3.3.1	Oxígeno	10
3.3.2	Aire Medicinal	10
3.3.3	Vacío	11
3.3.4	Nitrógeno	11
3.3.5	Óxido Nitroso	11
3.3.6	Dióxido de Carbono	12
3.4	Formas De Suministro	12
3.5	Almacenamiento	12
3.5.1	Forma de llenado	14
3.5.2	Forma de Consumo	14
3.5.3	Instrumentos de control del tanque	15
3.5.4	Vaporizador	16
3.5.5	Fuente de Aire Medicinal y Bomba de Vacío	17

3.6	Tubería _____	18
3.7	Color de tubería _____	21
3.8	Distribución de gases en circuito cerrado _____	22
3.8.1	Normativas _____	23
3.9	Tipo de Salida _____	24
3.9.1	Cuantificar el número de tomas y su respectivo caudal _____	26
3.9.2	Factor de utilización de Gases medicinales. _____	27
3.10	Planos arquitectónicos _____	29
3.11	Otros Componentes Del Sistema _____	29
3.11.1	Válvulas de corte _____	29
3.11.2	Caudalímetro _____	31
3.11.3	Manifold _____	32
3.11.4	Alarmas _____	33
3.12	Procedimientos para el mantenimiento preventivo de los gases _____	34
3.12.1	¿Qué acciones se realizan en la red de gases como plan de mantenimiento preventivo? _____	34
IV.	Metodología _____	38
4.1	Enfoque _____	38
4.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN _____	38
4.2.1	VARIABLES INDEPENDIENTES _____	38
4.2.2	VARIABLES DEPENDIENTES _____	38
4.3	Técnicas e Instrumentos Aplicados _____	40
4.4	Materiales _____	41
4.5	Población y Muestra _____	42
4.6	Metodología De Estudio _____	43
4.6.1	Recopilación De Información _____	43
4.6.2	Análisis del estado actual. Toma de datos reales. _____	43
4.6.3	Análisis de los datos _____	43
4.6.4	Cálculos _____	43

4.6.5	Elaboración de planos arquitectónicos	44
4.6.6	Mantenimiento de la Red	44
4.6.7	Entrega a la institución para validación y posible aplicación en un futuro	44
4.7	Cronograma de Actividades	45
V.	Resultados y Análisis	47
5.1	Modelo de Solución Propuesto	49
5.1.1	Cálculo de la demanda de Oxígeno	49
5.1.2	Escenario 1: Cálculo de demanda de oxígeno contando con el cuarto de mantenimiento	51
5.1.3	Escenario 2: Cálculo de demanda de oxígeno sin contar con el cuarto de mantenimiento	52
5.1.4	Elección de compresor de aire	53
5.1.5	Elección de Sistema de Vacío	54
5.1.6	Cálculo de Diámetro de Tubería de Oxígeno	56
5.1.7	Cálculo de Red Troncal de Tubería de Aire Medicinal	57
5.1.8	Cálculo de Red Troncal de Tubería de Sistema de Vacío	57
5.1.9	Plan de Mantenimiento Propuesto	58
VI.	Conclusiones	61
VII.	Recomendaciones	63
VIII.	Implementación	64
IX.	Trabajo Futuro	65
	Bibliografía	66
	Anexos	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: esquema de un tanque Criogénico.....	13
Ilustración 2: Tanque Criogénico con su respectivo vaporizador y regulador de presión.	16
Ilustración 3: Representación de las características de las tuberías	18
Ilustración 4: Representación de colores de gases medicinales en toma de pared	22
Ilustración 5: Tipo de Salida Dräger	25
Ilustración 6: Salida Tipo DISS.....	26
Ilustración 7: Tipo de Salida Ohmeda	26
Ilustración 8: Válvula de Fuente.....	30
Ilustración 9: Válvula Principal.....	30
Ilustración 10: Válvula de Zona.....	31
Ilustración 11: Caudalímetro	32
Ilustración 12: Manifold	32
Ilustración 13: Alarmas	33
Ilustración 14: Tomas actuales de Hospital Juan Manuel Galvez	47
Ilustración 15: Tomas de pared con su respectivo caudalímetro.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tamaños de tanque criogénico en litros y en galones.....	15
Tabla 2: Potencia de Compresor para Aire Medicinal.....	17
Tabla 3: Potencia de compresor para Sistema de Vacío.....	17
Tabla 4: Diámetros de tubería según valores comerciales de cañería de Cobre	20
Tabla 5: Colores correspondientes de cada uno de los gases medicinales	21
Tabla 6: Factor de utilización para sistemas de oxígeno	27
Tabla 7: Caudal y Factor de uso para tomas de Oxígeno.....	28
Tabla 8: Número de salidas de Vacío recomendadas por diferentes salas	28
Tabla 9: Actividades a realizar como Mantenimiento Preventivo Trimestral.....	36
Tabla 10: Actividades a realizar como Mantenimiento Preventivo Semestral.....	37
Tabla 11: Actividades a realizar como Mantenimiento Preventivo Anual.....	37
Tabla 12: Calculo de demanda de Oxígeno actual.....	50
Tabla 13: Cálculo de demanda de Oxígeno	51
Tabla 14: Cálculo de Demanda de Oxígeno sin Cuarto de Mantenimiento.....	52
Tabla 15: Cálculo de demanda de Aire Medicinal.....	53
Tabla 16: Resultados de demanda de Aire Medicinal.....	53
Tabla 17: Tipo de Compresor a usar.....	54
Tabla 18: Calculo de demanda de Vacío	55
Tabla 19: Resultados de Sistema de Vacío	55
Tabla 20: Tipo de Bomba de Vacío a usar	55
Tabla 21: Determinación de tubería para Oxígeno.....	56
Tabla 22: Determinación de tubería para Aire Medicinal.....	57
Tabla 23: Determinación de tubería para Vacío	57
Tabla 24: Actividades a realizar trimestralmente	59
Tabla 25: Actividades a realizar semestralmente	60
Tabla 26: Actividades a realizar anualmente	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Nivel de tanque criogénico	15
Ecuación 2: Fórmula para calcular el diámetro de tubería.....	19

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Gastos de Oxígeno en función del número de salidas.....	69
Anexo 2: Diagnostico de Salas del Hospital Juan Manuel Gálvez.....	70
Anexo 3: Plano de Distribucion de Red de Oxigeno actual.....	72
Anexo 4: Tanque criogénico actual.....	73
Anexo 5: Tubería actual de aproximadamente 1 y 1/2 pulgada.....	74
Anexo 6: Sala de Recuperación que necesita de red de gases medicinales y no cuenta con una	75
Anexo 7: Propuesta de Red de Oxígeno	76
Anexo 8: Plano de Propuesta de Distribución de Quirófanos, y Sala de Recuperación.....	77
Anexo 9: Plano de Propuesta de Distribución de Sala de Emergencia, Sala de Lactantes, Sala de Labor y parto, y Sala de Recuperación.	78
Anexo 10: Plano de Propuesta de Distribución Hospitalización, Sala de Recuperación de Ortopedia, Sala de Recuperación Cirugía y Cirugía Menor.....	79

LISTA DE SIGLAS

CAD Diseño asistido por computadora

CO₂ Dióxido de Carbono

DISS Sistema de Seguridad de Diámetro Indexado tanto macho como hembra y para los diferentes estilos presentes en el mercado

ISO: son un conjunto de estándares con reconocimiento internacional que fueron creados con el objetivo de ayudar a las empresas a establecer unos niveles de homogeneidad en relación con la gestión, prestación de servicios y desarrollo de productos en la industria.

N Nitrógeno

NFPA 99: Código de Facilidades de Salud y Cuidado. Conjunto de normas de salud que corresponden al uso y distribución de gases medicinales.

NIST Conector de cierre automático para dispositivos o para la conexión con el suministro central de gas

O Oxígeno

PVC (policloruro de vinilo) es una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro.

GLOSARIO

Aire Medicinal: Mezcla de gases, compuesta principalmente por oxígeno y nitrógeno, destinado a la administración de pacientes.

Ductilidad: Los materiales dúctiles son aquellos capaces de deformarse plástica y sosteniblemente, sin romperse o violentar su estructura.

Franqueable: Que se puede franquear abriendo paso o camino.

In Vivo: que ocurre o tiene lugar dentro de un organismo.

Manifold: Conjunto de cilindros unidos entre sí para llenado o suministro de un gas.

Oxiacetileno: Mezcla de oxígeno y acetileno.

Riser: Tuberías verticales que conectan la línea principal con las líneas ramales en los diferentes niveles de la instalación.

I. INTRODUCCIÓN

Los gases medicinales en la oxigenoterapia representan un punto muy importante al momento de ingresar un paciente para ser atendido en una sala de un hospital, ya que sus características son empleadas para el consumo humano y aplicaciones medicinales, con el objetivo de prevenir, prescribir, tratar, aliviar y/o curar enfermedades que la persona padezca.

Para poder proporcionar una terapia adecuada, el hospital debe contar con una red de gases medicinales, ya que no se podría operar sin contar con el sistema que regule y suministre los gases medicinales. Además, cabe mencionar que no solo se debe contar con ellos, sino que también el suministro debe de ser constante y fiable para que la recuperación de los pacientes sea de manera satisfactoria.

El sistema de gases médicos de un hospital debe estar comprendido como una instalación vital, ya que esta resulta ser una red sumamente importante y necesaria en áreas donde se atienden pacientes críticamente enfermos.

Debido a esto, es necesario que todos los componentes del sistema sean diseñados de acuerdo con criterios, estándares y normas de diseño, con el fin de tener la certeza que las instalaciones posean lo necesario para que sean eficaces y seguras al momento de requerir atender un paciente. Debido a lo anterior cada hospital del país debería contar con las instalaciones necesarias y oportunas de acuerdo a los criterios de diseño. El hospital actualmente ya cuenta con una red existente, pero es necesario ampliarla para las áreas que no cuentan con dicha red. Pero esto no es una tarea fácil de lograr, se requiere de mucha inversión en diversas áreas como investigación, diseño, construcción e implementación.

Lo cual lleva a la resolución y propósito del siguiente informe en donde se pretende realizar una propuesta de diseño de red de sistemas de gases para el Hospital Juan Manuel Gálvez incluyendo central de almacenamiento, tuberías de distribución hacia las salas y tomas en las salas donde se necesite. Al mismo tiempo proponer las acciones de mantenimiento preventivo para que la red funcione en condiciones óptimas, su uso sea constante, y sin interrupciones.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

El Hospital Juan Manuel Gálvez es una institución que empezó a prestar servicios el 3 de febrero de 1992 y es un hospital de Segundo Nivel el cual cuenta con un tanque de oxígeno de 3 mil galones. La red de oxígeno fue creada e instalada por la institución llamada INFRA en el año 2004 y es la que actualmente le da su respectivo mantenimiento cada cuatro meses. Lastimosamente no se cuenta con una herramienta que permita ver exactamente la distribución de la red ya que no fue proporcionada en su momento. Desde su creación hasta la actualidad se han tenido que hacer anexos como ser a la Sala de Emergencias, Sala de Cirugía y Sala de Ortopedia ya que estas salas no estaban vinculadas con la red actual de oxígeno para operar.

Adicionalmente se construyó el Hospital Materno Infantil que esta próximo al Hospital Juan Manuel Gálvez. Es el que se encarga de todas las operaciones y procedimientos que involucran a pacientes pediátricos y neonatales. Las especialidades y subespecialidades que se atienden son: Obstetricia, Consulta Externa, Urgencias, Cirugía Obstétricas, y Estudios de Laboratorio. Cuando se creó el hospital materno también se hizo la inclusión de dos tanques que proporcionan aire medicinal y sistema de vacío. El oxígeno lo obtienen de la red principal que está dentro del hospital.

Cabe destacar, que este sistema de aire medicinal y sistema de vacío no está disponible para las demás salas del centro, solo para el área del Hospital Materno. Por lo cual en caso de que otra sala dentro del hospital que no sea parte del Hospital Materno llegara a necesitar su uso, tendrían que recurrir a la obtención de cilindros o bomba de vacío.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Hospital Juan Manuel Gálvez de Gracias, Lempira es un centro hospitalario dedicado atender pacientes de la Ciudad de Gracias y sus alrededores. Lastimosamente las instalaciones de este centro, con las que actualmente cuenta están un poco deterioradas debido al paso de los años. Es importante mencionar que cuentan con una distribución de gases medicinales por algunas de

las diferentes zonas dentro del hospital donde se necesita el suministro; pero no se cuenta con un esquema que demuestre exactamente por donde va distribuida dicha red. Por lo cual es necesario diseñar una red de distribución de gases medicinales, que pueda ser efectiva para el consumo del hospital, haciendo uso de un programa digital (AutoCAD) ya que dicho diseño proporcionará los parámetros a seguir al momento de querer ejecutar el proyecto.

Actualmente no se cuenta con esquema donde se vea distribuida la red de gases medicinales en un plano arquitectónico el cual represente justamente donde está ubicada cada una de las tuberías. El propósito de este proyecto es que el Hospital Juan Manuel Gálvez, cuente con una distribución exacta de cada una de las tuberías, incluyendo válvulas de corte y la cantidad necesaria de tomas de salidas de gas, dentro de cada sala. Es preciso indicar que muchas salas dentro del hospital no disponen de tomas de pared de oxígeno por lo cual hacen uso de tanques de oxígeno y eso conlleva a que puedan ocurrir accidentes que ocasionen lesiones en las personas que lo transportan o en algún equipo médico. Adicionalmente se podría decir que otro de los problemas con el que se enfrenta el Hospital Juan Manuel Gálvez es que, de ocurrir algún defecto en la tubería del gas medicinal no cuentan con un esquema que proporcione la información necesaria para ello.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Se sabe que la importancia de los gases medicinales en un Centro Hospitalario (especialmente el oxígeno) radica en su uso, ya que son utilizados para dar soporte respiratorio, para diagnosticar y tratar diversas patologías, o como agentes anestésicos. Los gases medicinales son importantes en la vida del ser humano y quizá el tema pasa tan desapercibido porque las personas ni siquiera se dan cuenta de lo trascendentales que estos podrían ser en su vida. Ya que son los que ayudan al momento de tener una asistencia médica, en la detección de enfermedades o en el soporte respiratorio en personas de estado grave. Otra de las funciones principales es que son utilizados para calibración y funcionamiento de equipo médico por lo cual es de vital importancia disponer de una red de distribución de oxígeno.

El uso de los gases medicinales en los Centros Hospitalarios, tiene cada vez una importancia y un aumento constante en los diferentes tipos de terapias. Un hospital necesita una gran variedad de

gases para poder llevar a cabo los diferentes tipos de actividades que se realizan a diario. Tanto la calidad, cantidad y variedad de los gases está creciendo debido a las nuevas tecnologías y nuevas aplicaciones en la medicina.

El proyecto de las redes de gases medicinales, es importante debido a que todo Hospital debe contar con un suministro de ellos; pero estos deben estar conectados a una red para poder ser aplicados dentro de la sala donde se requiere su uso. Actualmente el Hospital Juan Manuel Gálvez ya cuenta con una red de gases, pero no está funcionando como debería debido a que algunas áreas como ser: Quirófano, Sala de Recuperación y Sala de Labor y Parto no están operando porque se necesita hacer reparaciones en dichas salas y mejorarles su respectiva red de gases medicinales. Por lo cual se necesita diseñar una propuesta que indique los espacios en donde se necesita que sea distribuida dicha red. Todo eso con el propósito de que, si se tiene algún problema en cierta toma o tubería de alguna sala dentro del hospital, también se tenga el conocimiento por donde está distribuida la red y hacer las reparaciones adecuadas y pertinentes.

Es importante tomar en cuenta todos los elementos que conlleva un sistema de gases medicinales y por esa razón se incluirá cada uno de ellos dentro de esta propuesta. Así se facilita el mantenimiento preventivo ya que esto contribuye a mejorar la calidad, reduciendo la cantidad de mantenimientos correctivos que se le debe hacer a la red. Se necesita de un proyecto de investigación que se base en el diseño de una red que sea efectiva y funcional. Además, que cuente con las normativas y reglas establecidas para poder cumplir con todos los criterios de diseño, distribución, e instalación.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Qué tan frecuente se tiene que abastecer el hospital, de oxígeno líquido para poder proporcionarlo a todas las salas que lo requieren?
- ¿Cómo es posible poder ampliar el sistema de gases médicos en un futuro?
- ¿Con qué herramienta cuenta el Hospital Juan Manuel Gálvez, para referencia de la distribución de espacios de la tubería la cual contiene los gases medicinales que va desde la central hasta cada una de las salas del hospital?

- ¿Qué área o áreas existen dentro del Hospital Juan Manuel Gálvez, que no cuentan con la red de gases medicinales y la necesitan?
- ¿Qué proceso realiza el Hospital como plan de mantenimiento preventivo para la red de gases medicinales?
- ¿Qué tipo de compresor y que tipo de bomba se debe utilizar para suministrar aire medicinal y vacío en el Hospital?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta de distribución y mantenimiento de red de gases medicinales, segura para el Hospital Juan Manuel Gálvez de Gracias, Lempira Honduras.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una propuesta de distribución de red de gases medicinales haciendo uso del programa AutoCAD donde se refleje la distribución de espacios de la red de gases medicinales y sus diferentes componentes (válvulas de corte, tomas de oxígeno en la sala, central de oxígeno, etc.).
- Diagnosticar la red actual del Hospital y proponer una red de gases que pueda ser distribuida para áreas que se consideran que lo requieran.
- Elaborar una propuesta de mantenimiento preventivo y verificación de las instalaciones de manera periódica para evitar averías y posibles interrupciones en el servicio.
- Proponer tipo de compresores para el suministro de aire medicinal y sistema de vacío.
- Obtener el flujo total para poder determinar el diámetro de tubería de cada gas medicinal prescritos por la normativa según la necesidad.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 HISTORIA DE LOS GASES MEDICINALES

A principios de la década de 1950 varios trabajadores del ámbito hospitalario reconocieron que es un peligro trasladar cilindros pesados que son de alta presión por varios lugares en el hospital. Los cilindros normalmente se colocaban en cuartos o recintos tipo armarios para almacenarlos y estaban con su respectivo regulador de presión. Contaban con unas mangueras de goma o tubos de cobre blandos en los que se conectaban los pacientes o equipos en las salas de los hospitales. El extremo final era una válvula de un soplete de oxiacetileno con un medidor de flujo correspondiente (Dyro, 2018).

Cuando no se necesitaba el oxígeno, entonces la válvula del soplete se cerraba de la misma manera en que uno cierra un grifo de agua. Hay que mencionar que todo mejoró mucho cuando las bombas de gas se conectaron a un colector común y se aumentaron los puntos de uso. Según el libro *Clinical Engineering Handbook* "Las salidas y los conectores fueron diseñados y fabricados por empresas como NCG, Ohio Medical, Puritan Bennett Oxequip y Schrader. Algunos conectores eran del tipo roscado, incorporando el sistema de seguridad de índice de diámetro (DISS). Otros eran del tipo "conexión rápida". Inicialmente, cualquier gas podía conectarse a cualquier toma, pero esto significaba que podían conectarse gases inadecuados" (Dyro, 2018).

Según la historia se dice que se disponía de un generador de oxígeno el cual solo se usaba en casos de que el hospital tuviera un uso elevado en el volumen de oxígeno. Se utilizaba un gran banco de botellas de alta presión como depósito. Cuando la presión del tanque o de las botellas llegaba a un punto cerca de agotarse entonces se ponía a trabajar el generador para poder llenarlas (Dyro, 2018).

Luego de tener un lugar donde almacenar entonces se inició con la preparación y diseño de las tuberías las cuales eran de cobre. Las tuberías tenían unas bombillas rojas las cuales si se encendían era indicando que había problema de presión (Dyro, 2018).

Pero no solamente había problema con el oxígeno ya que los demás gases utilizados en el hospital también tenían ese mismo problema de una posible contaminación cruzada. Se inició también a

hacer el diseño y distribución de la red tanto de óxido nitroso como de aire medicinal por todo el hospital. Actualmente la norma que se sigue en la instalación de sistemas de gases médicos es la de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios. Mejor conocida como la norma NFPA 99 (Dyro, 2018).

Los gases medicinales se definen en el Real Decreto 1345/2007, de 11 de octubre como: “el gas o mezcla de gases destinado a entrar en contacto directo con el organismo humano y que, actuando principalmente por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos, se presente dotado de propiedades para prevenir, diagnosticar, tratar, aliviar o curar enfermedades o dolencias. Se consideran gases medicinales los utilizados en terapia de inhalación, anestesia, diagnóstico «in vivo» o para conservar y transportar órganos, tejidos y células destinados al trasplante, siempre que estén en contacto con ellos. Se entenderá por gases medicinales licuados, el oxígeno líquido, nitrógeno líquido y protóxido de nitrógeno líquido, así como cualquier otro que, con similares características y utilización, puedan fabricarse en el futuro” (Revista Arquitectura, 2018).

3.2 ¿QUÉ ES UNA RED DE GASES MEDICINALES Y QUE INCLUYE?

Los sistemas de redes de gases medicinales en un hospital son los que transportan el oxígeno, aire medicinal, dióxido de carbono, óxido nitroso y el sistema de vacío desde una central hasta las diferentes salas del hospital. Cada uno de ellos posee o debe poseer una presión que debe ser la adecuada para la correcta aplicación en los dispositivos que lo necesitan y así poder proporcionárselos a los pacientes (ALSIMET, 2020).

Para la aplicación de los gases es necesario tener un control para mantener un suministro estable de los gases que se transportan por medio de tuberías. Se debe rastrear el flujo de gas desde la fuente de donde se almacena el gas hasta los diversos puntos del hospital en donde se utiliza dicho gas. Para ello es necesario la aplicación de sistemas de control los cuales deben mostrar la cantidad de gas que hay en la central de almacenamiento, la cantidad de gas que transita por la tubería y las presiones en las que se le administran los gases en cada área donde se está utilizando el mismo (ALSIMET, 2020).

Un dato importante a tomar en cuenta es que la salida del gas médico que se utiliza en las salas debe de estar diseñado de manera que no pueda cruzar con ningún otro gas medicinal diferente porque existen paciente como ser los que tienen hipoxia la cual es la que se presenta cuando no llega suficiente oxígeno al cerebro. Y como se sabe, el cerebro necesita un suministro constante de oxígeno y nutrientes para funcionar. Es por eso que no deben de cruzarse por ningún motivo porque podría poner en riesgo la vida de las personas (ALSIMET, 2020).

Para poder resolver lo anteriormente mencionado se han desarrollado sistemas que utilizan unos pasadores que solo caben en los conectores de los gases, así como también el uso de colores en la tubería para poder identificar el tipo de gas que es (ALSIMET, 2020).

3.3 ¿DE QUÉ GASES ESTA COMPUESTA UNA RED DE GASES MEDICINALES?

El sistema de redes de gases está compuesto principalmente por oxígeno, aire medicinal, y el sistema de vacío. Pero también puede estar integrada agregando gases como ser: óxido nitroso, nitrógeno, y dióxido de carbono. Todos ellos distribuidos en las habitaciones o salas de los pacientes que lo necesitan. Entre ellas se puede mencionar algunas como ser la sala de recuperación, sala de operaciones, quirófanos y otras salas importantes. A continuación, se dará una breve explicación de cada gas medicinal y su uso en la medicina.

3.3.1 OXÍGENO

Es el gas más utilizado en medicina ya que se utiliza cuando los pacientes requieren de oxigenación adicional a la propia debido a la falta de oxígeno en la sangre. El sistema de almacenamiento de oxígeno posee grandes cantidades en forma líquida. Las presiones de oxígeno utilizadas en las salas son de aproximadamente 50 a 55 psi. Y se recomienda tener mucho cuidado a la hora de la manipulación de la toma con las manos ya que si se encuentra con grasa en los dedos podría causar daños en la persona (A. F. Abásolo, 2018).

3.3.2 AIRE MEDICINAL

El aire medicinal es la combinación de una mezcla de gases, es transparente, inodoro e insípido. Está compuesto por la mezcla de Nitrógeno y Oxígeno con la cantidad de proporción de 78 a 21%

respectivamente. También cuenta con residuales de helio, kriptón, argón, hidrógeno y vapor de agua. Su utilización se da en centros hospitalarios en equipos neumáticos o que sirven como elemento respiratorio en las personas (ventiladores mecánicos, por ejemplo). Y es producido mediante compresores que deben estar libres de aceite, polvo y agentes patógenos. El aire exterior se presuriza y es enviado a las áreas de cuidados intensivos (A. F. Abásolo, 2018).

3.3.3 VACÍO

Normalmente encontrada en el sótano del hospital ya que es como una bomba. En la mayoría de los hospitales modernos este sistema está disponible en las tomas ubicadas a lo largo de toda la sala. La bomba es la que crea el vacío que se puede suministrar por medio de las tuberías conectadas a las tomas ubicadas en las salas de atención al paciente y en los diferentes departamentos del hospital. Este sistema se emplea principalmente para la recogida de secreciones derivadas de enfermedades o de secreciones producidas durante las intervenciones quirúrgicas en pacientes (Ohio Medical Corporation, 2017).

3.3.4 NITRÓGENO

Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es más ligero que el aire. Su utilidad básica es la producción de aire sintético cuando se mezcla con oxígeno. Utilizado en herramientas de microcirugía en acciones como congelación, conservación y acción. Sirve como refrigerante para la conservación de la sangre, los tejidos, y otras muestras biológicas. También se utiliza para encender equipo de quirófano durante procedimientos y en dermatología se utiliza para la destrucción de tejido (A. F. Abásolo, 2018).

3.3.5 ÓXIDO NITROSO

Se utiliza como analgésico y anestésico para procedimientos antes de la operación de la persona. Al hospital se le entrega en depósitos normales y se suministra a través de la red con una presión de aproximadamente 50 psi (A. F. Abásolo, 2018).

3.3.6 DIÓXIDO DE CARBONO

Gas utilizado mayormente en cirugías laparoscópicas y cirugías con láser en donde se infla el tejido para poder realizar los procedimientos correspondientes. El dióxido de carbono se combina con oxígeno o aire para tratar algunos trastornos respiratorios (Quintero Pichardo, 2010).

3.4 FORMAS DE SUMINISTRO

Los hospitales normalmente manejan los gases medicinales de una forma líquida almacenados en un tanque criogénico diseñados específicamente para evitar la evaporación del gas. En el tanque se mantiene la presión y temperaturas deseadas y se distribuye hacia el hospital desde la central criogénica por medio de tubería hasta los puntos donde se necesitan (A. Abásolo, 2010).

A continuación, se dará un breve resumen de cómo debe de ser el protocolo en la recepción y almacenamiento de los gases:

- Primero lo que se tiene es la llegada del camión o cisterna del proveedor para posteriormente hacer la descarga del gas licuado en las cisternas móviles en el tanque criogénico colocado en una parte que tenga acceso controlado del hospital.
- Se hará la respectiva documentación del control del nuevo lote para poder llevar el control de la cantidad de volumen trasvasada.
- Al final la persona encargada de supervisar la recepción de los gases deberá vigilar también que todos los parámetros (presión, temperatura, por ejemplo) estén en un rango aceptable (López, 2018).

3.5 ALMACENAMIENTO

Deben estar en un lugar en donde se pueda permitir el fácil acceso de vehículos ajenos al hospital para poder abastecer la cisterna en caso de necesitarse. Deben estar en un lugar visible debidamente rotulado con el gas contenido especificando la peligrosidad del mismo y dando medidas de seguridad. Los equipos por los cuales va a circular el oxígeno o cualquier gas medicinal deben estar libres de aceites o grasas que pueden ser oxidables. Además, el pavimento del perímetro de la zona en donde se encuentra el tanque o donde se realiza la descarga de la

cisterna de abastecimiento debe estar exenta de asfalto o productos que contengan betún (América, 2020).

La zona en donde se almacena el gas en forma líquida consta de un tanque interior de acero inoxidable, y un tanque exterior de acero al carbono. En el interior están aislados entre sí por una combinación de material aislante (ver Ilustración 1). Estos tanques poseen diversas formas y tamaños disponibles para atender diferentes necesidades. Además, poseen un sistema de seguridad que ayuda a la garantía provisional al hospital (América, 2020).

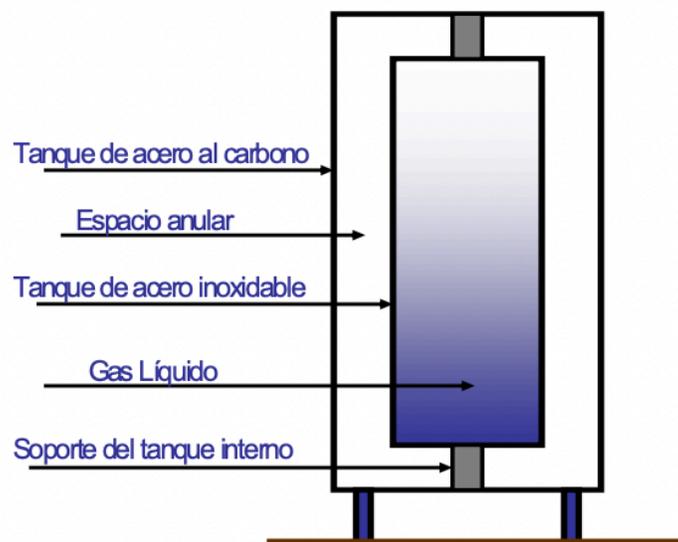


Ilustración 1: esquema de un tanque Criogénico.

Fuente: (INFRASAL GASES - Tanques criogénicos, s. f.)

El tanque criogénico consta de las siguientes partes:

- Válvulas de alivio
- Dispositivos de seguridad.
- Reguladores de presión.
- Manómetros.
- Reguladores
- Flujómetro (Carreño, 2021).

3.5.1 FORMA DE LLENADO

Existen dos formas en las cuales se puede administrar el gas medicinal en forma líquida al tanque. La primera de ellas es por abajo del tanque en la que a medida que se va llenando, el líquido sube de nivel y por ende comprime el gas existente de adentro del tanque aumentando su presión. Y la otra forma es por arriba la cual consiste en que el líquido entra en la parte superior bañando prácticamente el gas existente y causando un enfriamiento lo que causa que se contraiga. El gas al contraerse se reduce de volumen o tamaño y eso hace que su presión baje también (A. Abásolo, 2010).

3.5.2 FORMA DE CONSUMO

Una vez llenado el tanque que pueden ser tanques de volumen nominal de 500, 1,500, 3,000, 6,000, 9,000 y 11,000 galones como lo muestra la tabla 1. Lo que le procede es la distribución por toda la tubería hasta llegar a las salas del hospital. Es importante mencionar que la presión máxima adentro del tanque es de 235psi. Por lo que se sabe que trabaja a presiones muy elevadas y va a necesitar de un regulador de presión para poder distribuir el gas por las instalaciones hospitalarias debido a que la presión con la cual se va a suministrar el gas en las salas debe estar entre 50 a 55 psi (Carreño, 2021).

De acuerdo a Abásolo (2010) "El líquido es impulsado por la propia presión interior a los puntos de consumo. A medida que se consume el líquido, se va vaciando el depósito y baja el nivel del mismo. El gas de la parte superior del tanque se expande bajando su presión paulatinamente. Es necesario mantener la presión en el interior para el buen funcionamiento de los receptores".

Además, Carreño (2021) agrega que "En las zonas de almacenamiento, tanto en el tanque criogénico como en el almacén de botellas, estarán disponibles las Fichas de Seguridad de los gases almacenados para el personal del centro, que deberá estar formado en su interpretación y actuaciones en caso de fallo o accidente."

Tabla 1: Tamaños de tanque criogénico en litros y en galones

Litros	Galones
1895	500
5680	1500
11355	3000
22710	6000
34065	9000
41635	11000
49205	13000
68130	18000
75700	20000

Fuente: (Macero, 2009)

3.5.3 INSTRUMENTOS DE CONTROL DEL TANQUE

Una de las formas de conocer el correcto funcionamiento del tanque es conociendo si trabaja a la presión deseada y si hay producto para poder abastecer al hospital para el consumo del mismo. ¿Pero cómo se puede llevar un control de las dos variables anteriormente mencionadas? Bueno, para ello el tanque cuenta o tiene los siguientes controles que son: un manómetro que es el que mide la presión inicial o la presión con la que está el tanque al inicio. Y el nivel, que mide la diferencia haciendo uso de la siguiente formula:

$$(P_i + H * D) - P_i = H * D \quad (1)$$

Ecuación 1: Nivel de tanque criogénico

Fuente: (A. Abásolo, 2010)

En donde:

H: altura sobre el fondo del líquido. D: densidad del líquido. Pi: presión medida con manómetro.

En el que el valor de la densidad es: Nitrógeno: 0.81 kg/m³, Oxígeno: 1.42 kg/m³, Óxido Nitroso: 1.28 kg/m³, y para Aire Medicinal: 1.23 kg/m³. Una vez conociendo el diámetro del depósito se puede también conocer el volumen del líquido contenido (A. Abásolo, 2010).

3.5.4 VAPORIZADOR

Se utiliza como intercambiador de calor (Ilustración 2). Su función principal es para calentar líquidos o gases licuados a baja temperatura. Lo hace por medio de la vaporización a una temperatura no inferior a la temperatura de diseño. El vaporizador tiene la facilidad que se puede aplicar a una variedad de medios de gases como ser: oxígeno líquido, argón líquido, nitrógeno líquido, dióxido de carbono líquido, y otros líquidos a baja temperatura o gases licuados (Venegas Vásconez & Ayabaca, 2017).



Ilustración 2: Tanque Criogénico con su respectivo vaporizador y regulador de presión.

Fuente: (AmcareMed, 2015)

Antes o durante la descarga en el recinto criogénico la misma la institución que este caso es el hospital debe certificar la calidad del gas medicinal entregado en el centro asistencial. La distribución del gas desde el lugar de almacenamiento, según como este estructurado el hospital, se hace por medio de tubería que puede tener grandes distancias de canalización dependiendo de donde se necesiten las tomas de pared (Carreño, 2021).

Carreño (2021) también menciona que "En la mayoría de los hospitales, el oxígeno medicinal, el aire medicinal y el protóxido de nitrógeno medicinal se suministran desde la central de suministro o central de gases, a las unidades de hospitalización o punto de uso, a través de una canalización

de tuberías de cobre, reguladores de presión y caudalímetros. Es decir, encontramos la particularidad de medicamentos que circulan por tuberías, por lo que estas instalaciones tienen que cuidarse de forma exquisita, ya que circulan medicamentos hacia los pacientes”.

3.5.5 FUENTE DE AIRE MEDICINAL Y BOMBA DE VACÍO

Para la elección de la fuente de Aire Medicinal y el Sistema de Vacío se va a hacer uso de la tabla 2 y 3 en donde dependiendo del consumo del Hospital en las áreas en donde se necesite; entonces se va a estimar la potencia del compresor.

Tabla 2: Potencia de Compresor para Aire Medicinal

Tanque Tamaño (Gal)	Caballos de Potencia	SCFM por Compresor
80	1	4.1
80	2	7.8
80	3	12.3
80	5	20.2
120	7.5	32
120	10	39

Fuente: (Girón, 2012)

Tabla 3: Potencia de compresor para Sistema de Vacío

Tamaño de receptor (Gal)	Caballos de Fuerza	Capacidad de la Planta (SCFM)
80	1	5
80	1.5	6.4
80	2	9.3
120	3	12.9
120	5	20
200	7.5	40.8
200	10	60.4

Fuente: (Girón, 2012)

3.6 TUBERÍA

La distribución de los gases por el hospital se realiza con una red muy similar a la que sería la red de distribución de tubería de agua potable o agua caliente sanitaria mediante tubería de cobre.

La identificación de las tuberías debe de estar reconocida en los siguientes puntos:

- Cambios de dirección de la tubería
- Antes y después de válvulas de corte
- En derivaciones a otras líneas o ramales
- Antes y después de paredes y tabiques
- Se indicará el nombre o el símbolo del gas
- Se instalará pictograma con los riesgos del gas
- Se indicará el sentido normal de flujo (AFGM, 2018).

La tubería posee las siguientes características principales:

- Tubería de cobre (como lo muestra la Ilustración 3)
- Accesorios de cobre sobremedida.
- Soportes metálicos con abrazaderas
- Dimensionado adecuado, señalización y pintado acorde a la normativa.
- Soldadura de plata sin cadmio (A. F. Abásolo, 2018).

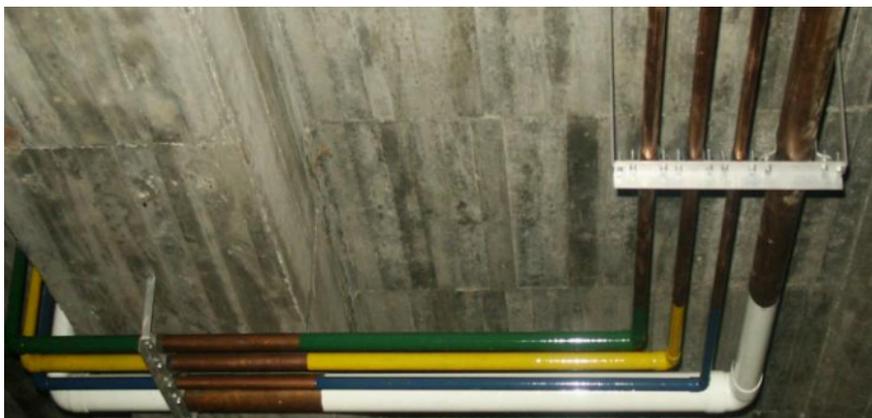


Ilustración 3: Representación de las características de las tuberías

Fuente: (Tubo de cobre para uso hospitalario: tuberías de cobre para gases medicinales y vacío | Alsimet, s. f.)

“El material con que está fabricada la toma de gases medicinales es de cobre tipo 6 y 1/2” que equivale a 165mm, con una longitud de 12.7mm. Su diámetro exterior es de 3/8 nominal. La toma de gases medicinales está disponible para el oxígeno, el aire médico, nitrógeno, óxido nitroso, bióxido de carbono y vacío médico” (A. F. Abásolo, 2018).

Las tuberías deberán ser de cobre electrolítico por su resistencia y ductilidad a la hora del montaje de los mismos. Algunas características del cobre se detallan a continuación:

- Elevada Resistencia a la corrosión.
- Baja pérdida de carga (superficie interior lisa).
- Inalterable al paso del tiempo respecto de sus propiedades físicas y químicas.
- Montaje fácil y rápido.
- Buen comportamiento con los materiales de construcción habituales y con los gases a transportar.
- Soporta elevadas presiones interiores, permitiendo el uso de caños de pared delgada (Betancur & Antúnez, 2020).

Mediante una fórmula empírica podemos calcular de la siguiente forma el diámetro de la tubería:

$$D = 18.8 \frac{Q}{v * P} \quad (2)$$

Ecuación 2: Fórmula para calcular el diámetro de tubería

Fuente: (Andrés Sebastián Betancur, 2020)

En donde:

D: es el diámetro de la tubería

Q: es el caudal de la tubería (m³/h)

V: es la velocidad de circulación del fluido (m/s)

P: presión de trabajo (atm)

Se recomienda que en caso de gases medicinales la velocidad no supere los niveles de 15 m/s, entonces lo recomendable de trabajar solamente con 8 m/s. En caso del sistema de vacío se trabaja con 100 m/s y una presión de 0.65 bar (Andrés Sebastián Betancur, 2020).

Según la NFPA 99 para el caso de diseño estrictamente de las tuberías se considera que existen tres clases generales de tubería:

- Línea principal: Aquellas tubería que conectan la fuente (bombas, receptores etc.) a las elevaciones (riser o derivaciones) o ramales o ambas.
- Elevaciones (risers): Las tuberías verticales que conectan la línea principal con las líneas ramales en los diferentes niveles de la instalación. El mismo concepto se utiliza si es un hospital horizontal, es decir, que este tipo de tubería conecta la línea principal con la línea ramal.
- Línea ramal (Lateral): Aquellas secciones o porciones de tuberías de vacío que sirve a un cuarto o grupo de cuartos de la misma instalación (Girón, 2012).

Para la elección de las tuberías, primero se tiene que seleccionar un diámetro comercial haciendo uso de la tabla 4 y además se debe multiplicar al valor calculado por un factor de seguridad el cual es entre el 15% al 30%. Todo eso con el fin de no quedar ajustado en la elección del diámetro y tener un margen de elección correcta, como así también tener en cuenta futuras ampliaciones (Betancur & Antúnez, 2020).

Tabla 4: Diámetros de tubería según valores comerciales de cañería de Cobre

Diámetro Nominal		Diámetro Exterior	
Pulgadas	mm	Pulgadas	mm
1/4	6	3/8	9.52
3/8	10	1/2	12.7
1/2	13	5/8	15.85
3/4	19	7/8	22.22
1	25	1 y 1/8	28.57
1 y 1/4	32	1 y 3/8	34.92
1 y 1/2	38	1 y 5/8	41.27
2	51	2 y 1/8	53.97
2 y 1/2	64	2 y 5/8	66.67
3	75	3 y 1/8	79.37
4	102	4 y 1/8	104.77

Fuente: (Betancur & Antúnez, 2020)

3.7 COLOR DE TUBERÍA

La tubería que contiene gases medicinales en establecimientos de salud, deberá identificar su contenido con letras en forma clara y de fácil lectura. Es por ese motivo y propósito que se deben rotular con letras de color diferente a las del cilindro, y el tamaño debe ser de por lo menos dos centímetros de altura (Chaher, 2020).

No será necesario pintar todo el tramo de tubería, se pintarán tramos con color básico y se colocara en el centro una franja con el color que representa. Este marcado se realizará según la tabla 5.

La tubería debe ser del color del gas que contenga o corresponda (ver ilustración 4). Deben pintarse con el color e identificarse en las salas de la forma que a continuación se indican:

Tabla 5: Colores correspondientes de cada uno de los gases medicinales

Gas Medicinal	Color	Identificación
Oxígeno	Verde	O ₂
Aire Medicinal	Amarillo	Aire
Vacío	Blanco	Vacío
Dióxido de Carbono	Gris	CO ₂
Nitrógeno	Negro	N
Óxido nitroso	Azul	N ₂ O

Fuente: (Chaher, 2020)

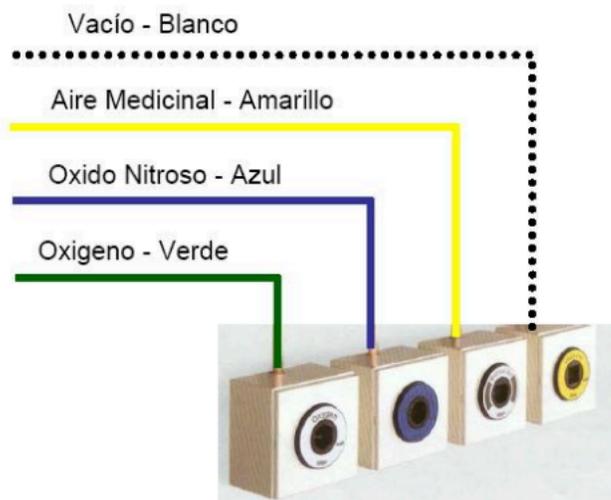


Ilustración 4: Representación de colores de gases medicinales en toma de pared

Fuente: (S.A., 2018)

3.8 DISTRIBUCIÓN DE GASES EN CIRCUITO CERRADO

La distribución de la red de gases dentro del hospital se realizará de acuerdo a los siguientes puntos a considerar:

- Las fuentes de suministro deben estar diseñadas y ejecutadas según la norma UNE EN ISO 7396-1. Los reguladores de presión deben cumplir la norma UNE EN ISO 10524-1:2007.
- Las canalizaciones deben ser de cobre según UNE-EN7396-1. Los accesorios de cobre de la instalación y las válvulas deberán ser limpiadas previamente con detergentes adecuados y desengrasadas con disolventes orgánicos aptos para productos oxidantes.
- En caso de precisar el uso de tubos flexibles de unión en baja presión, deberán cumplir con la UNE EN ISO 5359:2008.
- El esquema de instalación de los elementos reguladores de presión intermedia será tal y como indica la norma UNE-EN 7396-1.
- Los sistemas de monitorización y alarmas deberán cumplir la norma UNE-EN 7396-1.
- Todas las tomas de gas medicinal deben ir marcadas con CE de productos sanitarios y cumplir la norma UNE-EN 7396-1 garantizando la compatibilidad con el equipamiento médico. Las tomas de montaje incrustada al mural, deben de tener el nombre del gas y el color, con válvula de corte incorporada y que permita cambiar el conector (AFGM, 2018).

3.8.1 NORMATIVAS

3.8.1.1 *EN ISO 7396-1*

"Especifica los requisitos para el diseño, instalación, funcionamiento, rendimiento, documentación, pruebas y puesta en servicio de sistemas de tuberías para gases medicinales comprimidos, gases para el manejo de herramientas quirúrgicas y vacío en los centros de cuidado de la salud, para garantizar la prestación continua del gas correcto y el suministro de vacío del sistema de tuberías. Incluye requisitos para los sistemas de suministro, sistemas de distribución de tuberías, sistemas de control, sistemas de monitoreo y alarma y no intercambiabilidad entre los componentes de los diferentes sistemas de gas" (ISO.org, 2016).

Es aplicable a los sistemas de tuberías para los siguientes gases medicinales: oxígeno, óxido nitroso, aire medicinal, dióxido de carbono, mezclas de oxígeno/óxido nitroso, para sistemas de tuberías para los siguientes gases: aire enriquecido con oxígeno, aire y nitrógeno para el manejo de herramientas quirúrgicas, y de sistemas de tuberías para el vacío. También se aplica a las extensiones y modificaciones de los sistemas de distribución de tuberías existentes y las modificaciones o sustitución de los sistemas de suministro o fuentes de abastecimiento" (ISO.org, 2016).

3.8.1.2 *ISO 10524-1: Reguladores de Presión*

"Es aplicable a los tipos de reguladores de presión enumerados y está destinado a la administración de los siguientes gases medicinales en el tratamiento, la gestión, la evaluación diagnóstica y el cuidado de los pacientes: oxígeno; óxido nitroso; aire para la respiración; helio; dióxido de carbono; xenón; mezclas de los gases mencionados anteriormente; aire y nitrógeno para el manejo de las herramientas quirúrgicas" (ISO.org, 2006).

3.8.1.3 *EN ISO 5359: Tubos flexibles de baja presión.*

"Especifica los requisitos para los tubos flexibles de baja presión para uso con los siguientes gases medicinales: de oxígeno; óxido nitroso; aire médico; helio; de dióxido de carbono; xenón, mezclas

específicas de los gases mencionados anteriormente; aire enriquecido con oxígeno; aire y nitrógeno para el manejo de herramientas quirúrgicas; vacío. Se pretende, garantizar el gas específico y evitar conexiones cruzadas entre los sistemas de transportación de diferentes gases. Estas mangueras flexibles son para uso a presiones máximas de operación de menos de 1400 kPa. La norma específica la asignación de los conectores no intercambiables en roscables (NIST), sistema de seguridad de diámetro-índice (DISS) y manga sistema indexados (SIS) conectores para gases medicinales y especifica las dimensiones de tornillos de rosca no-intercambiables (NIST)" (ISO.org, 2016).

3.9 TIPO DE SALIDA

El sistema de suministro de gases medicinales está compuesto por todas las redes de distribución que permiten un suministro constante y continuo en las salas que se necesitan dichos gases. Todo ello para garantizar que el gas sea suministrado al paciente de la misma calidad con la que es producido. El suministro de oxígeno está constituido por tuberías, conexiones, empernado, juntas, válvulas, y otros componentes que conforman el sistema. También se incluyen otros elementos necesarios para prevenir una sobre presurización y sobre esfuerzos de los componentes (Farfán & Alonso, 2020).

Para poder suministrar el gas medicinal en las salas se hace uso de una toma de gas medicinal. La cual es "un ensamblado de salida en un sistema de canalización de gases medicinales, donde el operador efectúa las conexiones y desconexiones. Son puntos de suministro ubicados estratégicamente en los lugares de mayor utilización de gases medicinales dentro de una institución, permitiendo de esa forma la cómoda y rápida disponibilidad de dichos gases. El cuerpo del puesto está construido en bronce" (A. Abásolo, 2010).

"El cierre se realiza por intermedio de un o 'ring, resortes de acero inoxidable y pernos de acero. Las conexiones son específicas y diferentes para cada gas, evitando de esta forma accidentes. Asimismo, cada gas se identifica con un capuchón de PVC del color correspondiente según norma y leyenda identificatoria. Posee una válvula de retención individual hermanaada con la parte inferior del acople, la cual permite realizar trabajos de mantenimiento sin cortar el suministro del gas en el sector involucrado" (A. Abásolo, 2010).

Para poder determinar la demanda de oxígeno dentro del hospital, es importante considerar el gasto o el consumo de oxígeno según el número de tomas en las salas que se necesita. Las salidas se clasifican en dos tipos que son tipo "A" y tipo "B".

- Tipo A: Corresponden a las localizadas en Salas de Cirugía, Terapia Intensiva, UCI y otros ambientes en donde el consumo sea masivo.
- Tipo B: Corresponden a todas las demás salidas (Farfan & Alonso, 2020).

Los acoplamientos o tomas de pared se usan para conectar dispositivos o equipo biomédico a las tomas de gases medicinales, los acoplamientos están fabricados en latón o acero inoxidable.

Tipo de tomas de pared:

- Toma tipo Chemetron para oxígeno, aire y vacío.
- Toma tipo Ohmeda para oxígeno, aire y vacío. (ver Ilustración 7)
- Toma tipo Dräger para oxígeno, aire y vacío. (ver Ilustración 5)
- Toma tipo AGA para oxígeno, aire y vacío.
- Toma tipo DISS para oxígeno, aire y vacío, óxido nitroso, nitrógeno, y CO2 (Ilustración 6) (Gentec, 2019).



Ilustración 5: Tipo de Salida Dräger

Fuente: (Dräger, 2016.)



Ilustración 6: Salida Tipo DISS

Fuente: (RED DE GASES - SPEAL, s. f.)



Ilustración 7: Tipo de Salida Ohmeda

Fuente: Amico Group of Companies. (2022, 2 enero).

3.9.1 CUANTIFICAR EL NÚMERO DE TOMAS Y SU RESPECTIVO CAUDAL

Se debe establecer el número adecuado de cada uno de los tomas de gases, como también el caudal que deben tener cada toma para poder brindar el servicio al paciente. Para ello, se recomienda la utilización de normas, estándares o criterios definidos por organizaciones. En la

tabla 6 se puede apreciar el factor de utilización de cada sala dependiendo del número de tomas que esta contiene.

Tabla 6: Factor de utilización para sistemas de oxígeno

Número de salidas	Factor de Utilización
1 a 3	100
4 a 12	75
13 a 20	50
21 a 40	31
41 a mas	25

Fuente: (Macero, 2009)

3.9.2 FACTOR DE UTILIZACIÓN DE GASES MEDICINALES.

El Factor de utilización es la relación que existe entre la máxima demanda de un sistema y la capacidad nominal del sistema. Es el factor determinante para poder conocer el porcentaje de gas medicinal que se debe suministrar a la sala. Dependiendo del uso del gas medicinal o de la zona en donde se use va a tener un factor de utilización diferente. En las zonas críticas el factor de utilización será mayor que en las zonas no críticas (Macero, 2009).

De acuerdo a las salas del Hospital Juan Manuel Gálvez se determinan los diferentes valores tomados de la normativa NFPA 90.99 mostrados en la tabla 7 la cual hace referencia al factor de uso de cada sala y al caudal que deben de tener ya sea por sala o por el número de salidas.

Tabla 7: Caudal y Factor de uso para tomas de Oxígeno

Sala	Factor de Uso (%)	Caudal (lpm)
Sala de Operaciones	100	50 por sala
Quirófano	100	50 por sala
Sala de Emergencia	100	50 por sala
Cirugía Menor	100	10 por sala
Sala de Recuperación		
1 a 8 tomas	100	10 por salida
9 a 12 tomas	60	10 por salida
13 a 16 tomas	50	10 por salida
16 o más	45	10 por salida
Hospitalización		
1 a 3 tomas	100	10 por salida
4 a 12 tomas	75	10 por salida
13 a 20 tomas	50	10 por salida
21 a 40 tomas	31	10 por salida
41 o más	25	10 por salida
Labor y Parto	100	20 por sala
Neonatal	100	30 por salida
Pediátrico	100	30 por salida

Fuente: Norma NFPA 90.99

Para las salidas de vacío como se puede apreciar en la tabla 8 se hace uso de la misma normativa NFPA 90.99 para poder determinar el número de salidas por cada sala del Hospital.

Tabla 8: Número de salidas de Vacío recomendadas por diferentes salas

Sala	Salidas de Vacío
Sala de Operaciones	3 por sala
Quirófano	2 por sala
Sala de Emergencias	1 por cama
Cirugía Menor	2 por sala
Sala de Recuperación	1 por cama
Hospitalización	1 por cama
Labor y Parto	3 por sala
Lactantes	1 por cama
Pediátrico	1 por cama
Reparación de equipo	Según Conveniencia

Fuente: Norma NFPA 90.99

3.10 PLANOS ARQUITECTÓNICOS

Disponer de planos arquitectónicos en donde se pueda ver distribución de espacios en el terreno de la institución es sumamente vital para el proceso de diseño del sistema de gases. Ya que sobre ellos se trazará la ubicación de las fuentes de gases, las redes de distribución, la localización de los tomas de gases y las válvulas de corte de flujos para todo el sistema. Lo recomendable es que si se hace alguna modificación o alguna extensión se vea reflejada también en los planos para mantenerlos actualizados (Girón, 2012).

3.11 OTROS COMPONENTES DEL SISTEMA

Para poder tener un sistema de redes de gases medicinales es indispensable la seguridad dentro del mismo. Es por eso que se consideran los siguientes componentes como base para poder ofrecer una seguridad al sistema en caso de fallas o en caso de complicaciones.

3.11.1 VÁLVULAS DE CORTE

Las válvulas según el autor (Girón, 2012) "son válvulas de corte de gas deben ser accesibles, solamente para el personal autorizado e instaladas en paneles para válvulas con ventanas franqueables o removibles, para permitir el acceso y la operación manual de las válvula". Se pueden clasificar en los siguientes tipos:

3.11.1.1 Válvula de la Fuente

Afirma (Girón, 2012) que estas "Deben ser colocadas en la salida inmediata de la fuente de suministro (Ilustración 8) para permitir que esta fuente, incluyendo los accesorios (tales como secadores de aire, reguladores finales de línea) sean aislados del sistemas de tuberías. Esta válvula debe estar localizada aguas arriba de la válvula de corte de la línea principal y localizada en la vecindad del equipo de suministro. Debe estar etiquetada.



Ilustración 8: Válvula de Fuente

Fuente: (AmcareMed, 2015)

3.11.1.2 Válvula Principal

“Debe controlar la línea principal de suministro y debe estar localizada de tal manera que sea accesible solo al personal autorizado en una emergencia. Esta válvula debe estar localizada abajo de la válvula de la fuente y fuera del cuarto de suministro (ver ilustración 9)” (Girón, 2012).

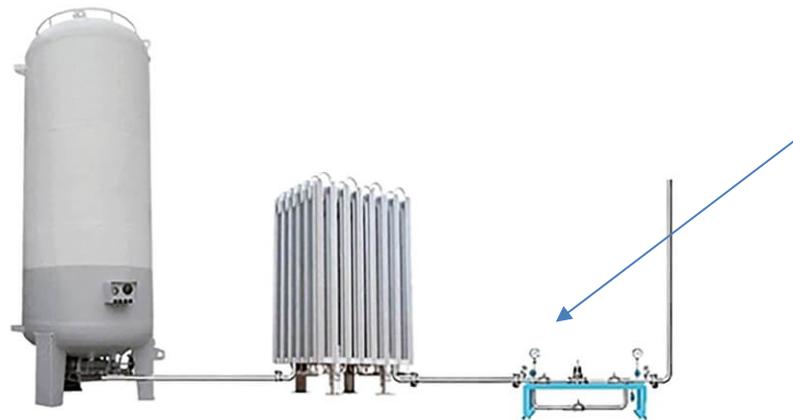


Ilustración 9: Válvula Principal

Fuente: (AmcareMed, 2015)

3.11.1.3 Válvula de Zona

Las salidas no deben ser alimentadas directamente desde la red de elevación a menos que una válvula de corte de control (válvula de zona) esté instalada entre la red de elevación y la salida de pared interviniendo entre la válvula y la salida (ilustración 10). Cada rama lateral que se distribuye a cada sala de pacientes debe estar provista con válvulas de corte que controle el flujo de gas hacia la sala. Además, esta válvula no debe afectar al suministro de otros cuartos. Un medidor de presión debe ser instalado abajo de cada válvula de zona. (Girón, 2012).



Ilustración 10: Válvula de Zona

Fuente: (Características y especificaciones de las cajas de seccionamiento, 2019)

3.11.2 CAUDALÍMETRO

Dispositivos que se pueden acoplar a las tomas murales, ya sea de aire u oxígeno, para dosificar la cantidad de gas entregado al paciente (ver ilustración 11). La unidad de flujo más usual es el L/min. La presión de calibración es aquella para la que se diseñó el caudalímetro, y por ello las mediciones son más exactas. En los hospitales coexisten caudalímetros de diversas calibraciones acordes a sus respectivas normativas (3 bar 3.5 bar 4.2 bar, 5 bar) (Rouco, 2019).



Ilustración 11: Caudalímetro

Fuente: (Control de gases Medicinales: - Instalmed Limitad-Instalaciones Medicinales., s. f.)

3.11.3 MANIFOLD

Sistema de respaldo en el suministro de gases al centro hospitalario. Esta batería de respaldo está conformada por grupos de cilindros que pueden contener alguno de los gases de uso clínico (ver ilustración 12). Ya sea, Manifold o múltiple de cilindros de Oxígeno, Óxido Nitroso, o Nitrógeno (AFGM, 2018).



Ilustración 12: Manifold

Fuente: (Seisamed, 2019)

Las fuentes de suministro en un hospital se definen como:

- Fuente de suministro primario: Conectado de forma permanente y debe de ser la fuente de suministro principal del hospital
- Fuente de suministro secundario: Conectado de forma permanente y debe de suministrar gas de forma automática cuando la fuente primaria sea incapaz de ello.
- Fuente de suministro de reserva: Conectado de forma permanente y su activación será en caso de fallo de los suministros primarios y secundarios de forma manual o automática .

3.11.4 ALARMAS

Equipos que permiten medir y monitorear la presión de los diversos gases en las líneas que van a los distintos puntos de consumo como lo muestra la ilustración 13. Emiten señales audiovisuales en caso de que se produzcan fluctuaciones de la presión por debajo o por sobre el rango normal de las presiones de los gases. El requisito del nivel de sonido para paneles de alarmas debe ser ajustados a 80 db y medidos a una distancia de 1 metro (AFGM, 2018).



Ilustración 13: Alarmas

Fuente: (Companies, s. f.)

3.12 PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS GASES

Según (Sarangi, 2020) "La seguridad del paciente es de suma importancia en el diseño, instalación, puesta en marcha y mantenimiento de las instalaciones de gases medicinales. El sistema tiene que estar operativo las 24 horas del día, prácticamente sin tiempo de inactividad y un fallo puede ser fatal si no se restaura lo antes posible. Existe una falta de conciencia entre los profesionales sanitarios sobre el aspecto médico-legal en cuanto al sistema de gases medicinales. Es un campo altamente técnico, por lo tanto, un conocimiento profundo es imprescindible para garantizar la seguridad en el sistema."

El mantenimiento preventivo de los equipos es el que los ayuda a que su efectividad de trabajo y su vida útil sean mejores con el paso del tiempo. Ya que mejoran la calidad de los mismos reduciendo el número de mantenimientos correctivos. En caso de tener una falla en el sistema o en la red inmediatamente se le llama al personal capacitado para que pueda arreglar el problema. Para poder realizar el mantenimiento entonces se debe tener un control de donde está ubicado el problema y que áreas lo necesitan. Se deben tener todos los medios necesarios para corregirlos en el menor tiempo posible sin que afecte al suministro de gas del centro sanitario (Yoldi, 2019).

De esta manera, el centro sanitario:

- > Cumple con la normativa vigente de todos los elementos de la red de distribución de gases medicinales.
- > Tendrá una instalación más eficiente, reduciendo consumos y costes, dado que sus elementos estarán teniendo mantenimiento preventivo y por ende se asegura su usabilidad.
- > Aumentará la seguridad de la instalación, ya que los fallos de la misma se detectarán previamente (Yoldi, 2019).

3.12.1 ¿QUÉ ACCIONES SE REALIZAN EN LA RED DE GASES COMO PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO?

- Se realiza una limpieza general de la tubería
- Se reemplazan los diafragmas, resortes y empaques de los reguladores.
- Verificar la entrada del tanque criogénico de reserva

- Se verifica el sistema de seguridad. Que esté listo para funcionar en caso de haber problemas
- Ajustar presión en los reguladores.
- Verificación de todas las alarmas del sistema
- Se ajustan las presiones del sistema

Es importante mencionar que sin la comprobación de buen funcionamiento de las válvulas de seguridad y alivio no se puede realizar ningún tipo de mantenimiento (S.A., 2018).

En las tablas 9, 10 y 11 se dará una lista de las actividades que se deben hacer como parte del mantenimiento de una red de gases. Se especifica su periodicidad, se indican los instrumentos requeridos por parte del personal y se espera que se pueda hacer en el momento que se indica para evitar daños y problemas.

Instrumentos requeridos:

- Gasómetro
- Alicata
- Juego de llaves
- Guantes de hule (S.A., 2018).

Tabla 9: Actividades a realizar como Mantenimiento Preventivo Trimestral

MANTENIMIENTO	
TRIMESTRAL	Pruebas cualitativas:
	Verificar el estado de las válvulas de paso
	Inspeccionar líneas de distribución de gases
	Inspeccionar e identificar daños en la superficie del tanque
	Inspeccionar la superficie de la tubería. Comprobar que no hallan escapes en la tubería
	Verificar el estado de la caja de corte
	Inspeccionar el estado de los acoples de la tubería
	Verificar el estado del tanque de reserva
	Verificar funciones de las válvulas de cierre
	Verificar el sistema de seguridad (válvulas reguladoras)
	Verificar el estado de los manómetros
	Verificar el estado de los reguladores
	Verificar el estado de los tomas de salida
	Verificar el buen funcionamiento de la válvula de consumo al paciente
	Inspeccionar el estado del tanque
	Pruebas cuantitativas:
	Medir los niveles de presión del tanque criogénico (130 psi para hospitales)
	Verificar el buen funcionamiento de la válvula de consumo al paciente.
	Verificar el buen funcionamiento de la válvula de seguridad (salida tanque - gasificador).
	Verificar el buen funcionamiento de la válvula de purga (eliminación de gas y ajuste de presión de trabajo)
	Probar la entrada del regulador alterno en situación de falla
	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas de corte de regulador
Verificar el buen funcionamiento de las válvulas de baja presión	
Inspeccionar el estado del tanque	
Verificar alimentación toma (220 V – 60 Hz tres polos y conexión a tierra)	
Verificar las medidas de la unidad de regulación (conversión 200 psi a 0-120 psi)	

Fuente: (S.A., 2018).

Tabla 10: Actividades a realizar como Mantenimiento Preventivo Semestral

MANTENIMIENTO	
SEMESTRAL	Las tuberías deben tener etiquetas fácilmente visibles
	Prueba de barrido de red: En esta prueba se utiliza aire por sectores, con el fin de eliminar las partículas que puedan quedar después de la instalación y uso, se deben hacer dos barridos con una diferencia de 5 minutos para garantizar que se expulsen todas las partículas
	Prueba de detección de fugas: Esta prueba se realiza con agua jabonosa. Se debe de hacer seguimientos con el agua jabonosa a la tubería en busca de orificios creados por corrosión, perforaciones, golpes y/o daños causados, que puedan causar algún tipo de pérdida en la presión del gas que transporta en su interior

Fuente: (S.A., 2018)

Tabla 11: Actividades a realizar como Mantenimiento Preventivo Anual

MANTENIMIENTO	
ANUAL	Reemplazar empaques de los reguladores del gas.
	Reemplazar los diafragmas de los reguladores del gas.
	Reemplazar resortes de los reguladores del gas.
	Verificar el funcionamiento del sistema de alarmas.
	Verificar el funcionamiento de las válvulas de control.
	Prueba de estanqueidad: Esta prueba se realiza con una presión de 150 psi durante 24 horas y la presión no debe caer más de 5%. En caso de que llegue a suceder se deben hacer las correcciones y volver a hacer la prueba.

Fuente: (S.A., 2018)

IV. METODOLOGÍA

4.1 ENFOQUE

El presente trabajo fue diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, ya que es el que mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación. Por medio de datos estadísticos se logró el resultado para poder determinar el caudal total de cada gas medicinal y así poder proponer el tipo de compresor para cada uno. El trabajo consistió en el diseño de una red de gases medicinales para el Hospital Juan Manuel Gálvez obteniendo datos actuales y comparándolos con los propuestos. Todo esto con el fin de poder brindar una red a las salas que no cuentan con la red actual.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

4.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

- Propuesta de distribución de redes de gases medicinales con sus respectivos componentes del sistema.

4.2.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- Cantidad de Áreas que necesitan red de gases medicinales

Son las áreas en donde se realizan operaciones o se les brinda soporte a los pacientes por medio del uso de equipo médico para poder suministrar cualquier gas medicinal (oxígeno, aire medicinal y vacío) según la actividad que se realiza en determinada área.

- Determinación de las salas ya cuentan con una red y cuales no

Las salas que cuentan con una red solamente tienen acceso a oxígeno. Y se determinaron a partir de las visitas de campo realizadas durante la investigación.

- Mantenimiento de Redes de Gases

Es importante la selección y el seguimiento de un plan para el mantenimiento preventivo el cual es importante para que la red de gases se encuentre en óptimas condiciones y pueda ser usada

por los pacientes de manera segura. Se determinó que para el mantenimiento preventivo se tomaron 3 periodicidades: trimestral, semestral y anual.

- Cantidad de Tomas de Pared por Ubicación de Salas

El proyecto es diseñado para poder determinar cuántas tomas son necesarias para cada sala que lo necesite. Cabe mencionar que no todas las salas van a necesitar la misma cantidad de tomas por eso es necesario investigar cuantas tomas deberán ir por cada sala. Dependiendo del grado de utilización de los gases y del número de camas se va a determinar cuántos tomas necesita cada sala.

- Demanda de Gases Medicinales

Por medio del factor de utilización de los gases medicinales se determina el número de tomas de pared por sala para poder hacer un conteo de todas las tomas que va a poseer el Hospital en total. Se van a separar en áreas críticas y áreas no críticas para poder tener un mejor control. Al tener el número total de todas las tomas se procede a determinar el gasto en litros por minuto para luego hacer la conversión a metros cúbicos por hora. Todo eso para poder obtener el caudal de acuerdo a la máxima demanda de gases del Hospital.

- Diámetro de tubería

Las tuberías deberán estar diseñadas y dimensionadas para suministrar el flujo requerido a la presión correspondiente de acuerdo al lugar de consumo. Dependiendo de la zona donde se encuentren van a tener distintos diámetros mínimos con los que se debe contar.

- Tamaño de tanque criogénico de oxígeno líquido

Para Hospitales de Nivel 2 se debe contar con un tanque de oxígeno de suficiente capacidad. Ya que muy poca capacidad puede conducir a costos más altos debido a la frecuencia de recargas de tanques. La capacidad de los tanques se determina en litros o en galones.

- Capacidad de compresor para aire medicinal y vacío

Los compresores de aire son una herramienta muy utilizada tanto en la industria como en la medicina. Son unas máquinas muy valiosas en muchos sectores, incluyendo el uso médico. Los

hospitales que son compuestos por una red de gases dependen de los compresores de aire para obtener un suministro de aire limpio hacia todo el edificio. Para poder conocer el dimensionamiento de la fuente de aire comprimido se deben de considerar los siguientes pasos: primero, determinar máxima demanda y luego calcular la potencia de motor.

- Capacidad de Fuente de Sistema de Vacío

Para los cálculos de la capacidad de la fuente de vacío se utilizaron los mismos criterios de la capacidad del compresor de aire medicinal. Primero se determinó la demanda de vacío dentro del hospital y luego se hizo el cálculo de la potencia del motor.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron técnicas e instrumentaciones las cuales determinan los componentes óptimos y brindan información crucial acerca de todo lo que conlleva la investigación para la creación de un diseño óptimo. Dentro de estas se enlistan las siguientes fuentes de información de la investigación:

- Recopilación bibliográfica basada en libros, revistas académicas, Tesis, blogs profesionales, y sitios institucionales

Se realizó una recopilación de datos de referencias bibliográficas para conocer la teoría ingenieril del diseño de una red de gases medicinales. Se investigó el factor de utilización por sala, numero requerido de tomas, código de colores según la región, normativa de material, mantenimiento preventivo a realizarse, caudal permitido por sala o por tomas, y las fórmulas aplicadas para poder determinar el diámetro de tubería.

- Observación y visitas de campo

Se hicieron varias visitas al Hospital Juan Manuel Gálvez con el propósito de saber cuáles salas cuentan actualmente con la red de oxígeno ya que ellos no cuentan con red de aire medicinal y sistema de vacío. Se hizo el conteo del número de tomas por sala y se tomó también el dato de número de camas por sala para mayor información a la hora de realizar los cálculos.

- Entrevistas

Se hicieron las respectivas entrevistas al personal encargado del mantenimiento en el hospital ya que ellos son los que conocen acerca de la red de oxígeno que esta actualmente. Se hicieron las entrevistas para poder recopilar datos que sean de mucha ayuda a la hora de hacer los cálculos y determinar el resultado. Cabe mencionar que el personal no cuenta con la información detallada ya que esa información únicamente la posee la empresa que hace los respectivos mantenimientos.

4.4 MATERIALES

AutoCAD

Es el programa que muchos ingenieros y arquitectos usan por defecto para poder diseñar dibujos, planos, estructuras y piezas en una plataforma digital. Las cuales deben cumplir con ciertos parámetros solicitados por los clientes.

Además, AutoCAD es un programa multifacético que tiene la facilidad de desarrollar proyectos de carácter arquitectónico, industrial, mecánicos, de diseño gráfico y de ingeniería. Por medio del uso de este programa se hicieron planos arquitectónicos en donde se demuestra gráficamente la ubicación de las cada área del hospital como también de los tomas de pared en cada sala del hospital y la distribución de la tubería hacia las salas. Cada gas medicinal con su respectivo color y cada elemento con su debida simbología.

Microsoft Excel

Excel es una herramienta que sirvió en este caso para la obtención de información con evidencia a partir de grandes cantidades de datos. Esta herramienta funciona muy bien con cálculos sencillos y para realizar el seguimiento de casi cualquier tipo de información. También se utilizó mucho en la elaboración de tablas y cálculos necesarios para determinar caudales, diámetros de tubería y otros importantes.

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. En este caso son las áreas en donde se aplica la red de Gases. Para ello, se hizo uso de la información brindada por la normativa NFPA 99 para poder determinar las salas del Hospital Juan Manuel Gálvez que deben tener la red de gases disponible para su servicio. Estos datos servirán a la hora de hacer los resultados de la investigación.

Áreas del hospital que necesitan de una red y que actualmente no cuentan con una:

- Sala de Recuperación Ortopedia *
- Sala de Recuperación Cirugía
- Cirugía menor
- Hospitalización *
- Pediatría *
- Lactantes *
- Sala de Emergencia *
- Quirófano *
- Sala de Recuperación *
- Sala de Labor y Parto *

*Salas que actualmente cuentan con red de oxígeno

Existen dos tipos de muestras: la probabilística y la no probabilística. Para esta investigación se decidió que será no probabilística por el siguiente criterio. Según el libro de Metodología de la Investigación (Hernández-Sampieri, 2014) "En la muestra no probabilística la elección de las unidades no depende de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características y contexto de la investigación. Aquí el procedimiento no es mecánico o electrónico, ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios."

4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

4.6.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Análisis de proyectos similares relacionados a la red de gases medicinales en Hospitales y recopilación de datos basados en normativas.

El desarrollo de una investigación para el análisis de soluciones efectivas no es posible sin la investigación bibliográfica, es por esto por lo que se han consultado en múltiples fuentes como ser libros, páginas web, tesis universitarias, revistas y artículos científicos. Con estos fundamentos bibliográficos fue definido un marco teórico que goza de la documentación necesaria para llevar a cabo un diseño óptimo del proyecto.

4.6.2 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL. TOMA DE DATOS REALES.

Se realizaron visitas de campo para determinar números estadísticos reales dentro del hospital. Como, por ejemplo: Número de tomas por sala, Número de camas, Nombres de las salas, Determinación de las salas que necesitan de la red de gases medicinales, Determinar que salas cuentan con la red y cuáles no.

4.6.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS

En base a los datos recopilados se hizo una tabla en la que se ve reflejado el nombre y número total de tomas por sala actualmente. También se ve reflejado el número de camas por sala, la propuesta de número de tomas que se hace para cada sala y el tipo de salida que tiene.

4.6.4 CÁLCULOS

Haciendo uso de las fórmulas establecidas en el marco teórico se realizaron los cálculos para:

- Determinación de Caudales

Lo primero que se hizo fue la recopilación de cuantas camas había en cada sala del hospital para poder dar un número de cuantas tomas hay que colocar en cada sala. De acuerdo a la actividad que realizan en cada sala se determinó y según las normativas investigadas se colocó un cierto caudal y un factor de uso correspondiente a cada sala del hospital. Todo eso con el fin de poder

conocer el flujo total y así determinar el tipo de fuente que tiene que colocarse para cada gas medicinal.

- Determinación de Tubería

Según el caudal lo que procede es la selección del diámetro de tubería el cual se puede definir por medio del uso de la ecuación 2 en donde se determina el diámetro y luego haciendo uso de la tabla 4 se determinó el diámetro nominal que mejor se adaptara al diámetro resultante de la ecuación.

4.6.5 ELABORACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS

Es importante elaborar una propuesta de diseño haciendo uso de un programa digital en el cual se puedan ver distribuidas las tuberías y los componentes de cada gas medicinal a lo largo de todo el hospital. Se tomó de referencia la tubería existente y se tomaron las distribuciones hacia las diferentes salas partiendo del almacenamiento de Gases Medicinales o suministros. Se colocaron los tomas por sala y se colocaron las válvulas de corte. Para cada gas medicinal se utilizó un color correspondiente y se hizo una simbología en el plano para poder indicar que significa cada elemento.

4.6.6 MANTENIMIENTO DE LA RED

De mucha utilidad realizar un plan de mantenimiento de la red para que se encuentre en condiciones óptimas para el uso de los pacientes cuando lo necesiten. Es importante mencionar que como es un hospital relativamente pequeño no es necesario realizar todas las actividades de mantenimiento anteriormente mencionadas pero si la mayoría para poder evitar daños y repercusiones en los pacientes.

4.6.7 ENTREGA A LA INSTITUCIÓN PARA VALIDACIÓN Y POSIBLE APLICACIÓN EN UN FUTURO

Se entregará al personal de mantenimiento del Hospital Juan Manuel Galvez el informe actual para la verificación y análisis por parte de ellos para poder obtener una crítica sobre lo que se puede implementar y lo que no.

4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Semana 1: 18 a 22 de Abril	Semana 2: 25 a 29 de Abril	Semana 3: 2 a 6 de Mayo	Semana 4: 9 a 13 de Mayo	Semana 5: 16 a 20 de Mayo	Semana 6: 23 a 27 de Mayo	Semana 7: 30 de Mayo a 3 de Junio	Semana 8: 6 de Junio a 10 de Junio	Semana 9: 13 de Junio a 17 de Junio
Visitas de campo para determinar números estadísticos (ejm: Número de tomas por sala, Número de camas, etc).									
Determinación de Salas que necesitan de la red medicinal									
Toma de medidas de Tubería									
Determinación de Variables									
Diseño plano del Hospital en Programa Digital AutoCAD									

Determinación de salas que no tienen acceso a red de gases medicinales y necesitan una									
Diseño de tubería de gases medicinales en Programa Digital AutoCAD									
Determinación de Fuentes de Suministro de Oxígeno, Aire medicinal y Vacío.									
Determinación de Diámetros de Tubería de Oxígeno, Aire medicinal y Vacío.									

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se hicieron las visitas necesarias con el fin de poder obtener datos actuales como ser: el nombre de las salas que cuentan con la red que está actualmente funcionando, el número de tomas de pared de cada sala y el número de camas con la que se cuenta. En el Anexo 2 se puede apreciar mejor el resultado de los datos obtenidos. En donde se puede apreciar que seis de las salas de recuperación de ortopedia, la sala de cirugía menor, y dos salas de hospitalización (mujeres) no cuentan con una red de oxígeno. Pero al mismo tiempo se puede observar que salas como ser: una sala de recuperación de ortopedia, una sala de recuperación de cirugía, cinco salas de hospitalización de mujeres, ocho salas de hospitalización de hombres, sala de pediatría, sala de lactantes, sala de emergencias, quirófano, sala de recuperación y sala de labor y parto si cuentan con una red de oxígeno como se puede apreciar en la Ilustración 14. Pero según entrevistas realizadas a personal del hospital se dice que se usan poco.



Ilustración 14: Tomas actuales de Hospital Juan Manuel Galvez

También se puede apreciar que el número de camas por sala es de al menos 3 como lo muestra el Anexo 7. El cual servirá a la hora de hacer la propuesta ya que en algunas salas por medio del número de camas en la sala se le colocan cierta cantidad de tomas. Con esos datos y haciendo uso del programa digital AutoCAD se procedió a la realización de un plano mostrado en el Anexo

3 que demuestra donde están ubicadas cada una de las salas dentro del hospital, la distribución de tubería de oxígeno y el número de tomas de pared de cada una actualmente como lo muestra la Ilustración 15. Cabe mencionar que el hospital actualmente no cuenta con aire medicinal y vacío por lo que solo se demuestran los datos de oxígeno como lo muestra el Anexo 2.



Ilustración 15: Tomas de pared con su respectivo caudalímetro

Como siguiente punto se logró hacer la propuesta de diseño de un sistema de distribución de redes de gases medicinales para el Hospital Juan Manuel Gálvez haciendo uso del programa digital AutoCAD y haciendo los cálculos correspondientes para poder determinar el tipo de fuente de suministro y diámetro de tubería adecuada para cada gas medicinal. Partiendo de la red actual se hicieron las correspondientes adiciones en la red para el resto de las salas que no cuentan con ningún gas medicinal. En el anexo 8 se puede ver la distribución de la red para las salas de Quirófanos, y Sala de Recuperación. En el anexo 9 se puede ver la distribución de la red para las salas de Sala de Emergencia, Sala de Lactantes, Sala de Labor y parto, y Sala de Recuperación. Y en el anexo 10 se puede ver la distribución de la red para las salas de Hospitalización, Sala de Recuperación de Ortopedia, Sala de Recuperación Cirugía y Cirugía Menor. Cada uno con su respectiva válvula de corte y con las tomas de pared por sala.

Para establecer la máxima demanda del sistema lo primero que se debe hacer es determinar el máximo caudal que será suministrado por la fuente de cada uno de los gases. Para ello lo que se tiene que tomar en cuenta es lo siguiente:

- Se propone un número de tomas de pared en base al número de camas utilizadas en cada sala
- Se establece el caudal a suministrar por cada una de las salidas
- Se coloca un factor de uso considerando el porcentaje de uso de acuerdo con los criterios de diseño mencionados anteriormente
- En base a los puntos anteriores se puede encontrar el flujo total por cada sala multiplicando el número de tomas de pared por el caudal y por el factor de uso.
- Hacer la sumatoria de todos los flujos totales determinados para cada uno de las salas y así poder determinar el flujo total de cada gas medicinal.

5.1 MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO

5.1.1 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE OXIGENO

Para conocer como cuantificar el caudal de gas médico a entregar por cada uno de los tomas, es recomendable tomar sugerencias que hacen ciertas normativas que aclaran o cuantifican la cantidad de caudal necesario por cada sala según la actividad que se desarrolle.

El Anexo 7 muestra el número de tomas que actual tiene cada sala en el hospital (si no cuenta con toma de pared de oxígeno estará en blanco), el número de tomas propuestas por el autor en base al número de camas por sala, el caudal por toma de oxígeno que se determinó en la Tabla 7, el factor de uso de cada sala correspondiente que debe de entenderse como la probabilidad de que los tomas se utilicen de manera interrumpida durante un horario definido de atención de pacientes y el flujo total el cual está comprendido como la multiplicación de tomas de pared por el caudal por el factor de uso y está medido en litros por minutos y en m^3/h .

En base a la Tabla 7 del Marco Teorico se puede apreciar que se tiene un caudal ya sea por sala o por número de tomas. En caso de ser por sala se multiplica el caudal por el porcentaje de factor

de uso para poder obtener un flujo total. En caso de ser por el numero de tomas lo que se hace es que se multiplica el numero de tomas de la sala por el caudal para luego multiplicarlo por el porcentaje de factor de uso para poder obtener el flujo total de la sala. En la Tabla 12 se hicieron los cálculos de la red actual de oxígeno con la que cuenta el hospital.

Tabla 12: Calculo de demanda de Oxigeno actual

	Total de # de tomas	100
Flujo Total	896.00	lpm
	53.78	m ³ /h
	1290.76	m ³ por día
Capacidad del tanque	9709	m ³
Días de uso	7.52	8

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 12 muestra el flujo total con el número actual de tomas de pared que posee el hospital. Dándoles el factor de uso correspondiente a cada sala y con el número total de tomas por sala entonces da un resultado de 896.00 litros por minuto.

Cabe mencionar que las salas como ser: Quirófano, Sala de Recuperación y Sala de Labor y Parto no están en funcionamiento actualmente en el hospital debido a que se encuentran en reparación y ese tipo de operaciones se realizan en otra zona en donde ya existe la red de gases medicinales. La capacidad del tanque actualmente es de 9709 m³ mostrado en el Anexo 4 y según los resultados obtenidos se puede asumir de que si se usa a capacidad normal como se muestra en la Tabla 12 entonces el tanque nada más duraría 7 u 8 días dependiendo del uso constante.

Se realizaron dos escenarios en donde se puede ver reflejada la siguiente propuesta de número de tomas por cada sala del hospital con cuarto de mantenimiento y sin contar con él. Tal y como se muestra a continuación:

5.1.2 ESCENARIO 1: CÁLCULO DE DEMANDA DE OXÍGENO CONTANDO CON EL CUARTO DE MANTENIMIENTO

Seguidamente se determinó la cantidad de salidas de oxígeno en base al número de camas y en base a los requerimientos de la especialidad de equipamiento. Haciendo uso del mismo criterio de la Tabla 7 del marco teórico de que en caso de ser por sala se multiplica el caudal por el porcentaje de factor de uso para poder obtener un flujo total. En caso de ser por el número de tomas lo que se hace es que se multiplica el número de tomas de la sala por el caudal para luego multiplicarlo por el porcentaje de factor de uso para poder obtener el flujo total de la sala. El número de tomas por sala se basó en la cantidad de camas por sala del hospital que en este caso para esta propuesta es 159. En la siguiente Tabla 13 se puede apreciar la propuesta en base a el número de tomas de pared por cada cama y el flujo resultante de la multiplicación anteriormente mencionada.

Tabla 13: Cálculo de demanda de Oxígeno

	Total, de propuesta de número de tomas	159
Flujo Total	1183.50	lpm
	71.04	m ³ /h
	1704.92	m ³ por día
Capacidad del tanque	9709	m ³
Días de uso	5.69	6

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos se puede apreciar que en total se cuenta con un numero de tomas de 100 tomas de pared de oxígeno actualmente. El número total de tomas de pared para uso de la propuesta de este informe es de 159 con un flujo total de 1183.50 litros por minuto o 71.04 m³/h. Haciendo la conversión de este resultado a m³ por día da un total de flujo de 1704.92 m³ por día. La capacidad del tanque actualmente es de 9709 m³ mostrado en el Anexo 4 y según los resultados obtenidos se puede asumir de que si se usa a capacidad normal como se muestra en la Tabla 13 entonces el tanque nada más duraría 6 o 7 días dependiendo del uso constante.

Si se hace una comparación con el Anexo 1 en donde aparece el número de tomas por hospital con su respectivo gasto de oxígeno medido en litros por minutos dice que para 160 tomas de pared el gasto debería de ser 1096 litros por minuto.

5.1.3 ESCENARIO 2: CÁLCULO DE DEMANDA DE OXÍGENO SIN CONTAR CON EL CUARTO DE MANTENIMIENTO

Tabla 14: Cálculo de Demanda de Oxígeno sin Cuarto de Mantenimiento

	Total de propuesta de número de tomas	158
Flujo Total	1179.00	lpm
	70.77	m ³ /h
	1698.44	m ³ por día
Capacidad del tanque	9709	m ³
Días de uso	5.72	6

Fuente: Elaboración propia

En caso de no colocarse toma para el cuarto de mantenimiento entonces el caudal sería de 1179.00 litros por minuto lo cual no es mucha diferencia a comparación del caudal con la toma en el cuarto de mantenimiento. Es importante mencionar que se considera el cuarto de mantenimiento en esta propuesta ya que bastante equipo que es llevado muchas de las ocasiones necesita de oxígeno para poder hacer calibraciones o pruebas para su correcto funcionamiento. El propósito de tener una toma de pared en el cuarto de mantenimiento es para poder evitar el uso de tanques dentro del cuarto porque seguramente estorbaría.

Los metros adicionales que se harían a la tubería son de aproximadamente 10 metros. Considerando que el precio del metro de tubería de cobre de 1 y ½ pulgada es aproximadamente 317.54 lps entonces se tendría un total de 3,175.40 lps para la instalación de tubería de cobre para red de oxígeno dentro del cuarto de mantenimiento.

5.1.4 ELECCIÓN DE COMPRESOR DE AIRE

El aire medicinal no es un gas que comúnmente se use en todas las salas donde se tenga que usar oxígeno. Se utilizan sobre todo para la terapia de ventilación y el tratamiento con aerosoles, así como durante la administración de la anestesia. Es por eso que en base a la actividad realizada en cada sala se hizo la consideración de las salas que deben llevar aire medicinal y se le dio un número total de tomas de pared de aire medicinal en base al número de camas en el hospital.

De acuerdo al número de tomas de oxígeno entonces también ira una toma de aire medicinal por cada cama. La primera columna contiene las áreas de hospital que se consideraron para la inclusión de aire medicinal, la segunda el número de tomas de pared que debe tener cada sala y la tercera el número de tomas de pared propuestas por el autor tal como lo muestra la Tabla 15.

Tabla 15: Cálculo de demanda de Aire Medicinal

ÁREAS DEL HOSPITAL	Número de tomas de Aire Medicinal	Propuesta de número de Tomas de Aire Medicinal	Caudal (lpm)	Factor de Uso (%)	Flujo Total (lpm)	Flujo Total (m ³ /h)
QUIRÓFANO	2 por sala	4	50	100	50	3.00
SALA DE RECUPERACIÓN	3 por sala	9	10	100	90	5.40
SALA DE LABOR Y PARTO	3 por sala	9	20	75	15	0.90
SALA DE EMERGENCIA	1 por cama	14	50	50	350	21.01
SALA DE RECUPERACIÓN ORTOPEDIA	1 por cama	12	10	45	54	3.24
SALA DE RECUPERACIÓN CIRUGIA	1 por cama	20	10	45	90	5.40
CIRUGIA MENOR	2 por sala	2	10	100	10	0.60

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Resultados de demanda de Aire Medicinal

Total de número de tomas	70		
		Flujo Total	659.00 lpm
			39.56 m ³ /h
			949.34 m ³ por día

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Tipo de Compresor a usar

Tanque Tamaño (Gal)	Caballos de Potencia	CFM por Compresor
120	7.5	32

Fuente: Elaboración propia

En total el resultado de las tomas de aire medicinal fue de 70 tomas haciendo un flujo total de 659.00 litros por minuto o 39.56 m³/h como lo muestra la Tabla 16. Para poder determinar el tipo de compresor se debe hacer la conversión de litros por minutos a CFM (Cubic Feet per minute o pies cúbicos por minuto) ya que en base al resultado se toma un tipo de compresor de la Tabla 2 del marco teórico para poder determinar que compresor es el que mejor se adapta a las condiciones. Si se hace la conversión a CFM entonces nos da un flujo total de 23.27 CFM.

De acuerdo a la Tabla 2 teniendo como resultado un cfm de 23.27 lo recomendable es que se use un compresor mayor a lo obtenido ya que así se garantiza que se pueda hacer una ampliación en el futuro. El equipo recomendado para este servicio consta de un compresor de 7.5 HP (32 CFM) como lo muestra la Tabla 17.

5.1.5 ELECCIÓN DE SISTEMA DE VACÍO

Para las tomas de pared de vacío se determinaron las mismas salas donde se utilizó el aire medicinal solo que se añadieron dos salas más que son: Hospitalización Pediatría y Lactantes como lo muestra la Tabla 18. Ya que según el personal clínico se puede requerir de la extracción de secreciones en los pacientes. En la tabla se puede apreciar una columna con el numero de tomas de vacío recomendadas por la normativa NFPA 99 y en la siguiente la propuesta hecha por el autor y en las siguientes tanto el caudal como factor de uso tomadas del marco teórico.

Tabla 18: Calculo de demanda de Vacío

ÁREAS DEL HOSPITAL	Número de tomas de Vacío	Propuesta de número de Tomas de Vacío	Caudal (lpm)	Factor de Uso (%)	Flujo Total (lpm)	Flujo Total (m3/h)
QUIRÓFANO	2 por sala	4	50	100	50	3.00
SALA DE RECUPERACIÓN ORTOPEDIA	1 por cama	12	10	100	120	7.20
SALA DE LABOR Y PARTO	3 por sala	9	20	75	15	0.90
SALA DE EMERGENCIA	1 por cama	14	50	50	350	21.01
CIRUGIA MENOR	2 por sala	2	10	100	10	0.60
HOSPITALIZACIÓN	1 por cama	48	10	25	120	7.20
HOSPITALIZACIÓN PEDIATRÍA	1 por cama	11	30	75	247.5	14.86
LACTANTES	1 por cama	18	30	50	270	16.21
SALA DE RECUPERACIÓN CIRUGIA	1 por cama	20	10	100	200	12.00
SALA DE RECUPERACIÓN	1 por cama	9	10	100	90	5.40

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Resultados de Sistema de Vacío

Total de número de tomas	147		
	Flujo Total	1472.50	lpm
		88.39	m ³ /h
		2121.25	m ³ por día

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Tipo de Bomba de Vacío a usar

Tamaño de receptor (Gal)	Caballos de Fuerza	Capacidad de la Planta (CFM)
200	10	60.4

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 19 se obtuvo un resultado de 147 tomas de pared en total por todo el hospital en el cual se hace uso de 1472.50 litros por minuto que convertido a cfm es 51.48 de flujo total. Según la tabla 3 del marco teórico si se tiene un cfm cercano a 60.4 se puede hacer uso de una planta de 10 caballos de fuerza (60.4 CFM) tal como lo muestra la Tabla 20.

5.1.6 CÁLCULO DE DIÁMETRO DE TUBERÍA DE OXIGENO

La determinación de los diámetros de las tuberías está en función del caudal que circulará por cada una de ellas. Haciendo uso de la ecuación 2 del marco teórico se obtienen los valores del diámetro de cada gas medicinal en base a la velocidad y a la presión que establece para cada uno la normativa NFPA 99. Luego se hace uso de la Tabla 4 en el marco teórico para identificar qué tipo de diámetro de tubería se debe utilizar para cada gas medicinal de acuerdo al diámetro calculado. El resultado se presenta tanto en milímetros como en pulgadas.

Para el caso de oxígeno las variables para el cálculo del diámetro son la velocidad con un valor de $v = 8 \text{ m/s}$ y la presión con un valor de $P = 8 \text{ atm}$ (Betancur & Antúnez, 2020).

Tabla 21: Determinación de tubería para Oxígeno

V=	8	m/s
P=	8	atm
Caudal total=	71.04	m ³ /h
Diámetro=	20.87	mm
Diámetro de tubería a utilizar		
diámetro nominal	32	mm
	1 y ¼	pulgadas

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la red de oxígeno el diámetro nominal que se obtiene en el resultado es 20.87 mm el cual está entre los valores de 19 y 25 mm de valor nominal (Tabla 4). Debido a un factor de seguridad entre el 15% y el 30%. Basándose en lo anteriormente mencionado entonces se hace uso de un diámetro de 32 mm o de 1 y ¼ pulgada. Entonces el valor corresponde a un valor comercial de 1 y ¼ pulgada, por lo que este resultado es el que mejor se adopta para evitar sobrepresiones.

Dato: la red actual utiliza una tubería de aproximadamente 1 y ½ pulgada también. (ver anexo 5).

5.1.7 CÁLCULO DE RED TRONCAL DE TUBERÍA DE AIRE MEDICINAL

En este gas las variables para el cálculo del diámetro son la velocidad con un valor de $v = 8$ m/s y la presión con un valor de $P = 5$ atm (Betancur & Antúnez, 2020).

Tabla 22: Determinación de tubería para Aire Medicinal

V=	8	m/s
P=	5	atm
Caudal total=	39.56	m ³ /h
Diámetro=	18.59	mm
Diámetro de tubería a utilizar		
diámetro nominal	25	mm
	1	pulgadas

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la red de aire medicinal el diámetro interior nominal que se obtiene es 18.59 mm el cual es menor al valor nominal mostrado en la Tabla 4 que es de 19 mm. Si se utiliza 19 mm de diámetro a lo mejor quede muy ajustado debido a que el factor de seguridad se comprende entre el 15% y el 30% por lo que se recomienda un valor de 25 mm como se muestra en la Tabla 22, que corresponde a un valor comercial de 1 pulgada, y este resultado es el que mejor se adopta para evitar sobrepresiones.

5.1.8 CÁLCULO DE RED TRONCAL DE TUBERÍA DE SISTEMA DE VACÍO

En este gas las variables para el cálculo del diámetro son la velocidad con un valor de $v = 100$ m/s y la presión con un valor de $P = 0.64$ atm (Betancur & Antúnez, 2020).

Tabla 23: Determinación de tubería para Vacío

V=	100	m/s
P=	0.64	atm
Caudal total=	88.39	m ³ /h
Diámetro=	25.96	mm

Diámetro de tubería a utilizar		
diámetro nominal	32	mm
	1 y ¼	pulgadas

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma que para el diámetro de la tubería del aire medicinal se afecta por el factor de seguridad y se obtiene un diámetro de 35.96 mm, por lo que se recomienda el uso de una tubería con diámetro de 32 mm o 1 y ¼ pulgadas como lo muestra la Tabla 23.

5.1.9 PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

Según el autor (S.A., 2018) se recomiendan tres periodos para la realización de mantenimiento para la red de gases medicinales los cuales son: Trimestral, Semestral y Anual.

Trimestral

- Inspeccionar e identificar daños en la superficie del tanque
- Inspeccionar la superficie de la tubería
- Comprobar que no hallan escapes en la tubería
- Verificar el estado de la caja de corte
- Verificar el estado del tanque de reserva
- Verificar funciones de las válvulas de cierre
- Verificar el estado de los manómetros
- Verificar el estado de los reguladores
- Verificar el estado de los tomas de salida
- Medir los niveles de presión del tanque criogénico (130 psi)

Para poder llevar un mejor control lo que se puede hacer es una tipo checklist en donde se vea cada actividad, la fecha en que se realizó el mantenimiento y si se realizó o no la actividad. Tal y como lo muestra las Tablas 24, 25 y 26.

Cabe mencionar que a la red actual se le da mantenimiento cada 4 meses y es proporcionada por la empresa INFRA. Se desconoce quien supervisa el mantenimiento por parte del hospital y se desconoce las actividades que ellos realizan como parte del mantenimiento. La propuesta está en base a lo que al autor recomienda.

Tabla 24: Actividades a realizar trimestralmente

Actividad	Fecha de			Se realizó	
	Mantenimiento			Si	No
Inspeccionar e identificar daños en la superficie del tanque					
Inspeccionar la superficie de la tubería					
Comprobar que no hallan escapes en la tubería					
Verificar el estado de la caja de corte					
Verificar el estado del tanque de reserva					
Verificar funciones de las válvulas de cierre					
Verificar el estado de los manómetros					
Verificar el estado de los reguladores					
Verificar el estado de los tomas de salida					
Medir los niveles de presión del tanque criogénico (130 psi)					

Fuente: Elaboración propia

Semestral

Se recomiendan dos pruebas las cuales se detallan a continuación:

- Prueba de barrido de red: En esta prueba se utiliza aire por sectores. Se hace con el fin de retirar partículas que se hayan incorporado a la red en el momento de su instalación y puedan afectar el buen funcionamiento de la misma. Al realizarse el primer barrido con aire debe realizarse el segundo con un intervalo de tiempo de mínimo 5 minutos para terminar de arrastrar partículas restantes.
- Prueba de detección de fugas: Mediante la aplicación de agua jabonosa se trata de detectar y corregir fugas de gas en el sistema antes de realizar la prueba de presión. Se realiza en busca de orificios creados por corrosión, perforaciones, golpes y/o daños causados, que puedan causar algún tipo de pérdida en la presión del gas que transporta

en su interior. Es posible que si la prueba de presión no brinda los resultados satisfactorios deba aplicarse la prueba de detección nuevamente para localizar las fallas del sistema.

Tabla 25: Actividades a realizar semestralmente

Actividad	Fecha de			Se realizó	
	Mantenimiento			Si	No
Semestral					
Prueba de Barrido de red					
Prueba de detección de Fugas					

Fuente: Elaboración propia

Anual

- Reemplazar empaques de los reguladores del gas
- Reemplazar los diafragmas de los reguladores del gas
- Reemplazar resortes de los reguladores del gas
- Reemplazar todo tipo de pieza que se considere dañada por el paso del tiempo
- Verificar el funcionamiento del sistema de alarmas
- Verificar el funcionamiento de las válvulas de control

Además se realiza una prueba que consiste en:

- Prueba de estanqueidad: Esta prueba se realiza con una presión de 150 psi durante 24 horas y la presión no debe caer más de 5%. En caso de que llegue a suceder se deben hacer las correcciones y volver a hacer la prueba.

Tabla 26: Actividades a realizar anualmente

Actividad	Fecha de			Se realizó	
	Mantenimiento			Si	No
Anual					
Reemplazar empaques de los reguladores del gas					
Reemplazar los diafragmas de los reguladores del gas					
Reemplazar resortes de los reguladores del gas					
Reemplazar todo tipo de pieza que se considere dañada por el paso del tiempo					
Verificar el funcionamiento del sistema de alarmas					
Verificar el funcionamiento de las válvulas de control					

Fuente: Elaboración propia

VI. CONCLUSIONES

Haciendo uso del programa digital AutoCAD se desarrolló una propuesta de distribución de redes de gases medicinales como ser: Oxígeno, Aire Medicinal y Vacío para el Hospital Juan Manuel Gálvez. El esquema de la red incluye componentes como ser: válvulas de corte, tomas de oxígeno por sala y central de almacenamiento de suministro del gas medicinal. La red actual cuenta con 100 tomas de pared de oxígeno. En la propuesta resulta un total de 159 tomas de oxígeno, 70 tomas de aire medicinal y 147 tomas de vacío.

Por medio de visitas de campo se diagnosticó que la red actual está en óptimas condiciones para el uso del paciente pero que algunas áreas no cuentan con dicha red. Tal es el caso de 2 Salas de Recuperación de Ortopedia, 4 Salas de Recuperación de Cirugía, 1 de Cirugía menor, 2 salas de hospitalización y el Cuarto de Mantenimiento. Las cuáles deberían de tener su red de gases medicinales ya que son áreas dentro del hospital donde se realizan actividades que necesitan de los mismos para evitar el uso de tanques dentro de las salas.

Se determinó que para el mantenimiento preventivo se va a enfocar en tres periodo. El primero es el trimestral en donde se realizan las actividades como ser: inspección visual de los componentes esenciales, inspección de los niveles numéricos de los distintos componentes y que estos estén en un estado aceptable. El segundo es el semestral en donde se hacen pruebas de barrido y pruebas de detección de fugas. Y el tercero que es anualmente hacer una prueba de estanqueidad.

Por medio del uso de las fórmulas establecidas en el marco teórico se hicieron los respectivos cálculos haciendo uso de la herramienta Microsoft Excel para poder obtener los resultados correspondientes del flujo de cada uno de los gases medicinales. Una vez obtenido el flujo total medido en m^3 por hora se determinó que según el factor de uso establecido el tanque actual duraría unos 6 días según los cálculos obtenidos y dependiendo del uso que se le brinda.

Seguidamente se determinó para el caso de aire medicinal se necesita de un compresor con una potencia de 7.5 HP (32 CFM), mientras que para el caso del sistema de vacío se necesita de una bomba de 10 caballos de fuerza (60.4 CFM).

Se concluye que el diámetro de la tubería a utilizar en el caso de oxígeno es de 32 mm o 1 y $\frac{1}{4}$ pulgada, para el caso de aire medicinal es de 25 mm o 1 pulgada y para el sistema de vacío se recomienda un diámetro de 32 mm o 1 y $\frac{1}{4}$ pulgada. De acuerdo al flujo total de cada gas medicinal se calculó un numero de diámetro el cual se comparaba con la Tabla 4 del marco teórico y se determinó el diámetro adecuado para cada gas.

VII. RECOMENDACIONES

Lo más importante en una red de gases medicinales es que se le brinde el mantenimiento preventivo correspondiente. Se necesita que este sea continuo y que se lleve un control de datos para saber cuándo se le hizo el último mantenimiento o si se realizó algún mantenimiento no estimado en el periodo establecido o alguna corrección que necesitaba. De esa forma se garantiza que el tiempo de vida sea óptimo y que los pacientes puedan tener acceso a gases medicinales de calidad.

Se recomienda que para la determinación de diámetros de tubería se considere un factor entre 15% al 30% de más ya que así se evita que la tubería esté muy ajustada debido a la elección de un diámetro muy próximo al resultado obtenido. Todo eso con el objetivo de que si en un futuro la demanda aumenta y se quieren hacer ampliaciones se puedan hacer sin ningún problema.

Se recomienda tener en cuenta el flujo total consumido por todo el hospital para poder tener una idea clara de que tipo de tanque criogénico usar para no tener que llenarlo a cada momento, de que compresor usar y que tipo de bomba de vacío comprar para poder brindar un servicio de calidad por toda la distribución de la tubería.

VIII. IMPLEMENTACIÓN

El proyecto puede ser implementado para poder mejorar la calidad de servicio dentro de la institución. En caso de las salas de recuperación de ortopedia, sala de recuperación de cirugía como también hospitalización y cirugía menor fueron las que se determinaron que necesitaban de la red y no tenían acceso a una se recomienda la pronta instalación de la red ya que es muy importante para el control de los pacientes en dichas salas. Además, es necesario tener claro cuantos tomas hay por sala y por donde va distribuida la red de gases medicinales para la realización de cualquier mantenimiento preventivo o correctivo.

La única duda que existe es si se instala la red en el cuarto de mantenimiento debido al costo de tubería y detalles de presupuesto. Ya que son aproximadamente 10 metros adicionales de tubería que se tendría que utilizar pero las demás salas si requieren tener la instalación de la red de gases por obligación.

IX. TRABAJO FUTURO

A pesar de haber realizado su diseño, es sumamente importante comprobar su funcionamiento en la realidad para el montaje en trabajos futuros.

Una versión mejorada del proyecto podría ser incluir todos los gases medicinales mencionados en el marco teórico. Pero requeriría que el hospital ampliara sus servicios a la comunidad ofreciendo otros tipos de operaciones y contar con equipo médico complejo. Lo cual sería algo increíble de generar ya que solamente se cuenta con lo básico dentro de la institución.

Realizar un plano arquitectónico de los gases medicinales con todos los detalles de los componentes para todo el hospital. Contando con profesionales de la materia para que puedan tener una mejor visión de la tubería y de cada componente dentro de la institución.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abásolo, A. (2010). Capítulo V: Instalaciones Hospitalarias para el suministro de gases medicinales (Junio de 2010).
2. Abásolo, A. F. (2018). Instalaciones centralizadas de gases medicinales para uso hospitalario. 1, 6.
3. AFGM. (2018). Procedimiento de gestión de gases medicinales. Estándares de calidad de gases medicinales en el ámbito hospitalario. 102.
4. ALSIMET. (2020). Tubo de cobre para uso hospitalario: Tuberías de cobre para gases medicinales y vacío | Alsimet. <http://alsimet.es/es/noticias/tubo-de-cobre-para-uso-hospitalario-tuberias-de-cobre-para-gases-medicinales-y-vacio>
5. AmcareMed. (2015). Sistema de tanque de oxígeno líquido criogénico—AmcareMed. Medical Gas System. <https://www.amcaremed.com/es/products/tanque-de-oxigeno-liquido/>
6. América, E. S. en. (2020). Procedimientos de Seguridad para Almacenamiento de Gases Comprimidos. <https://seguridadenamerica.com.mx/noticias/articulos/25882/procedimientos-de-seguridad-para-almacenamiento-de-gases-comprimidos>
7. Andrés Sebastián Betancur, S. A. (2020). Gases Medicinales: Cálculos y Emplazamiento de Cañerías de NEA Ingeniería para Hospitales Públicos. 2(1). https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi26t_UyeX3AhXdsIQIHe_GBIEQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.fio.unam.edu.ar%2Findex.php%2Fmasingenio%2Farticle%2Fdownload%2F217%2F532%2F1122&usg=AOvVaw3UiR163pUG0gofarVMtMkp
8. Betancur, A. S., & Antúnez, S. (2020). Gases Medicinales: Cálculos y Emplazamiento de Cañerías de NEA Ingeniería para Hospitales Públicos. +Ingenio - Revista de Ciencia Tecnología e Innovación, 2(1), 92-102.
9. Características y especificaciones de las cajas de seccionamiento. (2019, noviembre 25). <https://www.seisamed.com/caracteristicas-y-especificaciones-de-las-cajas-de-seccionamiento>
10. Carreño, M. G. (2021). PRODUCTOS SANITARIOS Y GASES MEDICINALES. 127.
11. Chaher. (2020). Guia-Construccion-Redes-Gases-Medicinales. yumpu.com.

<https://www.yumpu.com/es/document/read/63125793/guia-construccion-redes-gases-medicinales>

12. Companies, A. G. of. (s. f.). <https://www.amico.com/products/medical-gas-pipeline/alarm-systems/area-alarms>. Amico Group of Companies. Recuperado 5 de julio de 2022, de <https://www.amico.com/products/medical-gas-pipeline/alarm-systems/area-alarms>
13. Control de gases Medicinales: - Instalmed Limitad-Instalaciones Medicinales. (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2022, de <https://www.instalmedltd.com/productos/>
14. Dyro, J. F. (2018). Clinical Engineering Handbook. 689.
15. Farfan, V., & Alonso, N. (2020). DIMENSIONAMIENTO DE LA CENTRAL DE GENERACION DE OXIGENO MEDICINAL PARA LOS SERVICIOS DE SALUD DEL HOSPITAL DE MARIA REICHE – ESSALUD, NAZCA. 90.
16. Gentec. (2019). MANGUERAS Y ACOPLÉS PARA GASES MEDICINALES. 2.
17. Girón, E. (2012). Sistema de gases médicos: Una guía práctica para el diseño. <https://core.ac.uk/reader/47264970>
18. Hernández-Sampieri, R. (2014). Metodología de Investigación. 23.
19. INFRASAL GASES - Tanques criogénicos. (s. f.). Recuperado 16 de mayo de 2022, de <https://www.infrasal.com/gases/formas-de-suministro/tanques-criogenicos>
20. ISO.org. (2006). ISO 10524-1:2006. ISO. <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/03/84/38491.html>
21. ISO.org. (2016). ISO 7396-1:2007. ISO. <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/04/04/40440.html>
22. López, A. O. (2018). HOSPITECNIA. Arquitectura, ingeniería y gestión hospitalaria y sanitaria. <https://hospitecnia.com/articulos-destacados/gestion-mantenimiento-sistema-distribucion-gases/>
23. Macero, E. (2009). An Introduction to Plumbing and Gas Systems for Medical Facilities. 45.
24. Ohio Medical Corporation. (2017). Los principios del vacío y la aplicación clínica en el entorno del hospital. Hospitecnia. <https://hospitecnia.com/documentacion/vacio-aplicacion-clinica->

entorno-hospital/

25. Quintero Pichardo, E. (2010). Gestión de gases medicinales perspectiva legal, clínica, económica e industrial. E. Quintero.
26. RED DE GASES - SPEAL. (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2022, de <http://muestraspeal.weebly.com/red-de-gases.html>
27. Revista Arquitectura. (2018). Gases medicinales: Moléculas esenciales para la vida. Hospitecnia. <https://hospitecnia.com/documentacion/gases-medicinales-moleculas-esenciales/>
28. Rouco, I. R. (2019). Selección de caudalímetros. 5.
29. S.A., M. H. (2018). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y REDES HOSPITALARIAS.
30. Sarangi, S. (2020, abril). Seguridad del sistema de gases medicinales. Hospitecnia. <https://hospitecnia.com/instalaciones/gases-medicinales/seguridad-sistema-gases-medicinales/>
31. Seisamed. (2019, enero 18). Todo lo que debes saber del manifold semiautomático. <https://www.seisamed.com/todo-lo-que-debes-saber-del-manifold-semiautomatico>
32. Tubo de cobre para uso hospitalario: Tuberías de cobre para gases medicinales y vacío | Alsimet. (s. f.). Recuperado 23 de mayo de 2022, de <http://alsimet.es/es/noticias/tubo-de-cobre-para-uso-hospitalario-tuberias-de-cobre-para-gases-medicinales-y-vacio>
33. Venegas Vásconez, D., & Ayabaca, C. (2017). Instalaciones de gas licuado de petróleo.
34. Yoldi, P. (2019). Gestión del mantenimiento de las instalaciones de gases medicinales. Hospitecnia. <https://hospitecnia.com/instalaciones/gases-medicinales/gestion-del-mantenimiento-en-hospitales/>

ANEXOS

Anexo 1: Gastos de Oxígeno en función del número de salidas

No. de salidas	Gasto Lt/min	No. de salidas	Gasto Lt/min	No de salidas	Gasto Lt/min	No. de salidas	Gasto Lt/min
1	100	36	579	92	881	320	1461
2	148	37	586	94	890	340	1495
3	181	38	593	96	899	360	1527
4	210	39	600	98	907	380	1558
5	237	40	607	100	915	400	1588
6	261	41	614	105	932	420	1618
7	283	42	621	110	949	440	1647
8	302	43	628	115	964	460	1675
9	320	44	635	120	979	480	1702
10	336	45	642	125	994	500	1728
11	350	46	649	130	1009	550	1788
12	364	47	656	135	1024	600	1847
13	376	48	663	140	1039	650	1904
14	388	49	670	145	1054	700	1958
15	399	50	676	150	1068	750	2011
16	409	52	687	155	1082	800	2062
17	419	54	698	160	1096	850	2112
18	429	56	709	165	1109	900	2160
19	439	58	720	170	1122	950	2208
20	448	60	730	175	1135	1000	2250
21	457	62	740	180	1148	1100	2330
22	466	64	750	185	1161	1200	2405
23	475	66	760	190	1174	1300	2475
24	484	68	770	195	1187	1400	2540
25	493	70	780	200	1200	1500	2600
26	501	72	790	210	1225	1600	2658
27	509	74	800	220	1249	1700	2715
28	517	76	809	230	1273	1800	2771
29	525	78	818	240	1296	1900	2826
30	533	80	827	250	1319	2000	2880
31	541	82	836	260	1341		
32	549	84	845	270	1363		
33	557	86	854	280	1384		
34	565	88	863	290	1405		
35	572	90	872	300	1425		

Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social (1997). Normas de Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales

Anexo 2: Diagnostico de Salas del Hospital Juan Manuel Gálvez

ÁREAS DEL HOSPITAL	Número de tomas (Actual)	Número de Camas
SALA DE RECUPERACIÓN ORTOPEDIA		
Hombres		
Cubículo 1	N/A	4
Cubículo 2	N/A	4
Mujeres		
Cubículo 3	4	4
SALA DE RECUPERACIÓN CIRUGIA		
Cubículo 4	4	4
Cubículo 5	N/A	4
Cubículo 6	N/A	4
Cubículo 7	N/A	4
Cubículo 8	N/A	4
CIRUGIA MENOR	N/A	1
HOSPITALIZACIÓN		
Mujeres		
Sala 1	2	3
Sala 2	1	3
Sala 3	2	3
Sala 4	N/A	3
Sala 5	N/A	4
Sala 6	2	3
Sala 7	2	3
Hombres		
Sala 1	4	3
Sala 2	4	4
Sala 3	3	3
Sala 4	2	4
Sala 5	2	2
Sala 6	2	4
Sala 7	2	3
Sala 8	2	3
PEDIATRÍA		
Área de Quemados	4	4
Neumonías	4	5
Aislados	2	2

Hospitalización de menores	6	11
LACTANTES		
Sala 1	2	4
Sala 2	5	4
Sala 3	3	4
Sala 4	6	6
SALA DE EMERGENCIAS		
Pediátricos	3	4
Adultos	8	8
Ortopedia	N/A	2
QUIRÓFANO	2	1
SALA DE RECUPERACIÓN	3	3
SALA DE LABOR Y PARTO	9	9

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Plano de Distribución de Red de Oxígeno actual



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Tanque criogénico actual



Anexo 5: Tubería actual de aproximadamente 1 y 1/2 pulgada



Anexo 6: Sala de Recuperación que necesita de red de gases medicinales y no cuenta con una



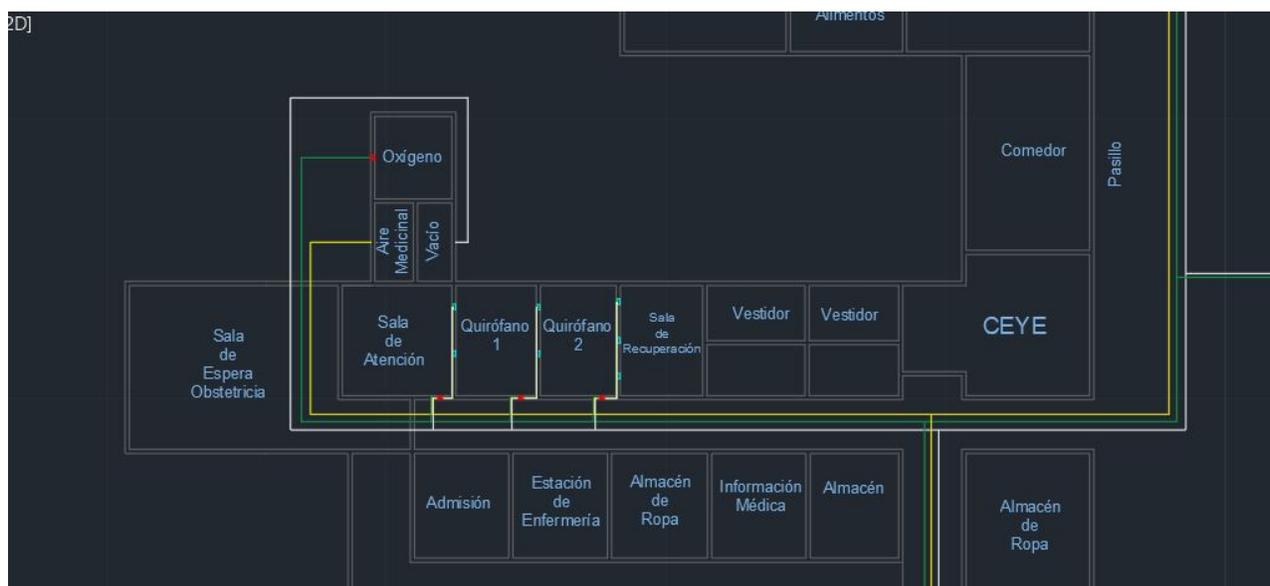
Anexo 7: Propuesta de Red de Oxígeno

ÁREAS DEL HOSPITAL	Número de tomas actuales	Propuesta de Número de tomas	Caudal (lpm)	Factor de Uso (%)	Flujo total (lpm)	Flujo Total (m3/h)
SALA DE RECUPERACIÓN ORTOPEDIA						
Hombres						
Cubículo 1		4	10	45	18	1.08
Cubículo 2		4	10	45	18	1.08
Mujeres						
Cubículo 3	4	4	10	45	18	1.08
SALA DE RECUPERACIÓN CIRUGIA						
Cubículo 4	4	4	10	45	18	1.08
Cubículo 5		4	10	45	18	1.08
Cubículo 6		4	10	45	18	1.08
Cubículo 7		4	10	45	18	1.08
Cubículo 8		4	10	45	18	1.08
CIRUGIA MENOR		2	10	100	10	0.60
HOSPITALIZACIÓN						
Mujeres						
Sala 1	2	3	10	25	7.5	0.45
Sala 2	1	3	10	25	7.5	0.45
Sala 3	2	3	10	25	7.5	0.45
Sala 4		3	10	25	7.5	0.45
Sala 5		4	10	25	10	0.60
Sala 6	2	3	10	25	7.5	0.45
Sala 7	2	3	10	25	7.5	0.45
Hombres						
Sala 1	4	3	10	25	7.5	0.45
Sala 2	4	4	10	25	10	0.60
Sala 3	3	3	10	25	7.5	0.45
Sala 4	2	4	10	25	10	0.60
Sala 5	2	2	10	25	5	0.30
Sala 6	2	4	10	25	10	0.60
Sala 7	2	3	10	25	7.5	0.45
Sala 8	2	3	10	25	7.5	0.45
PEDIATRÍA						
Área de Quemados	4	4	30	75	90	5.40

Neumonias	4	5	30	75	112.5	6.75
Aislados	2	2	30	100	60	3.60
Hospitalización de menores	6	11	10	75	82.5	4.95
LACTANTES						
Sala 1	2	4	30	50	60	3.60
Sala 2	5	4	30	50	60	3.60
Sala 3	3	4	30	50	60	3.60
Sala 4	6	6	30	50	90	5.40
SALA DE EMERGENCIAS						
Pediatricos	3	4	30	100	30	1.80
Adultos	8	8	50	100	50	3.00
Ortopedia		2	50	100	50	3.00
QUIRÓFANO	4	4	50	100	50	3.00
SALA DE RECUPERACIÓN	6	9	10	100	90	5.40
SALA DE LABOR Y PARTO	9	9	20	100	20	1.20

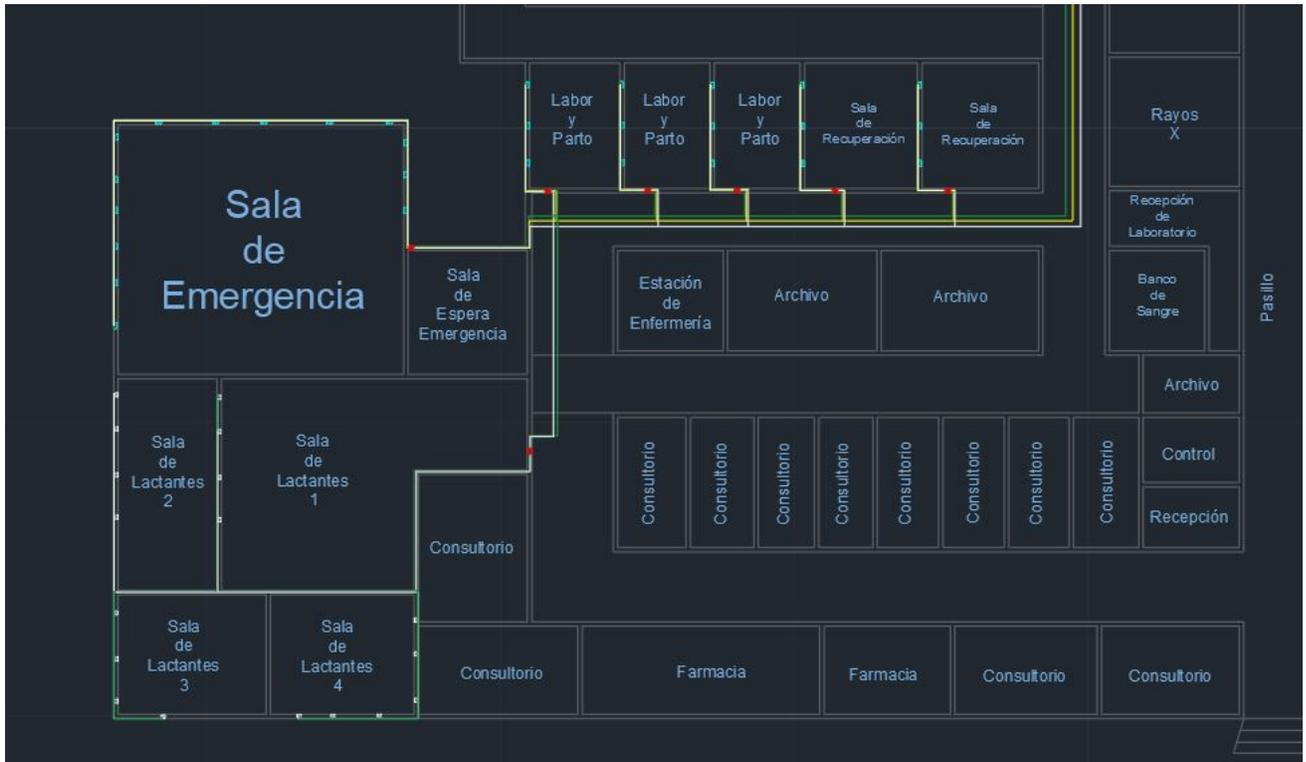
Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Plano de Propuesta de Distribución de Quirófanos, y Sala de Recuperación



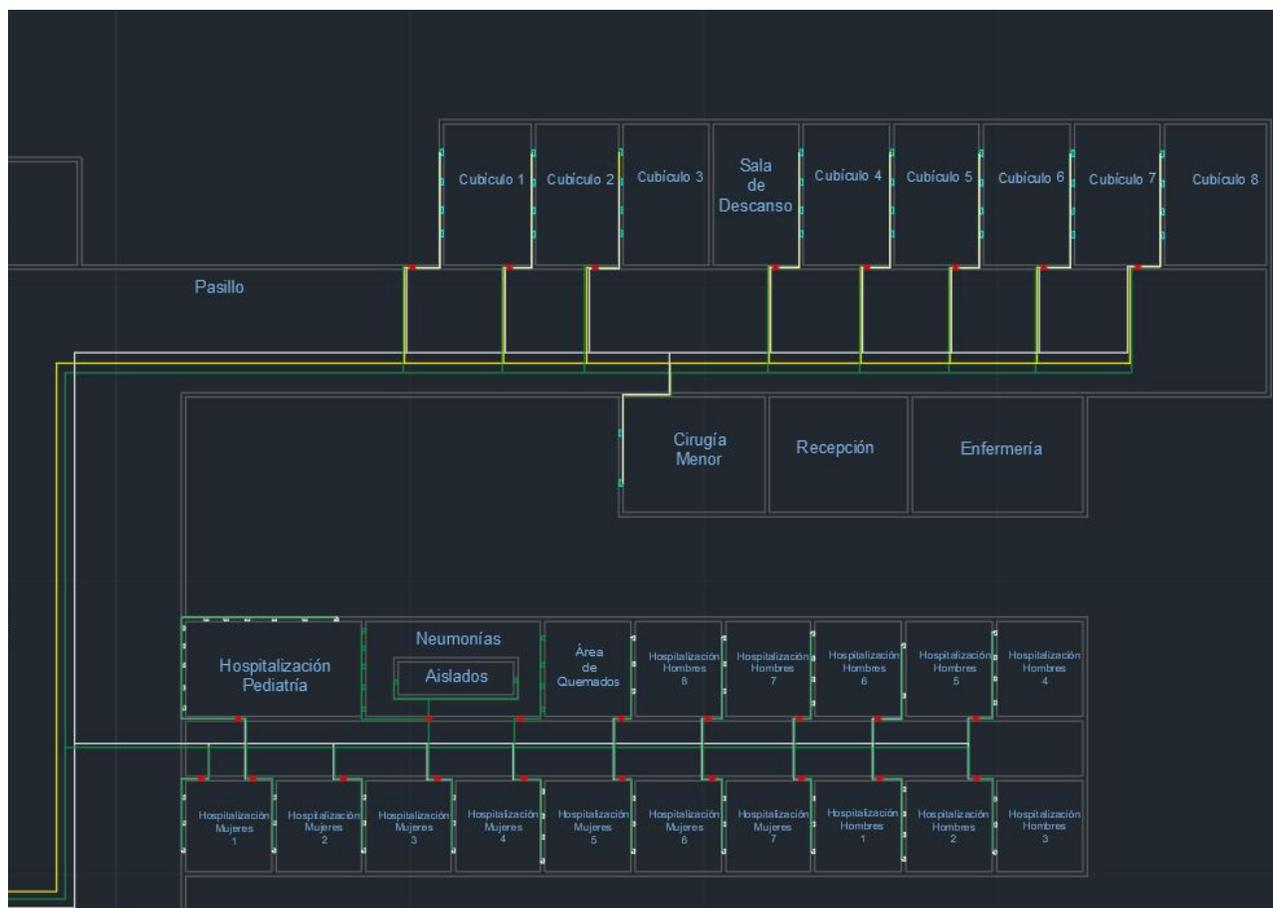
Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Plano de Propuesta de Distribución de Sala de Emergencia, Sala de Lactantes, Sala de Labor y parto, y Sala de Recuperación.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Plano de Propuesta de Distribución Hospitalización, Sala de Recuperación de Ortopedia, Sala de Recuperación Cirugía y Cirugía Menor



Fuente: Elaboración propia