



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ANÁLISIS DEL SISTEMA DE COLAS, PROPUESTA DE CONTRATACIÓN DEL PERSONAL
NECESARIO Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO PARA EL CUMPLIMIENTO
DE LAS LABORES EN EL ÁREA DE SERVICIOS MÉDICOS DIRECTOS, HOSPITAL
NACIONAL NICOLASA CRUZ DE JALAPA**

Mario René Aguirre Vásquez

Asesorado por el Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste

Guatemala, agosto de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DEL SISTEMA DE COLAS, PROPUESTA DE CONTRATACIÓN DEL PERSONAL
NECESARIO Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO PARA EL CUMPLIMIENTO
DE LAS LABORES EN EL ÁREA DE SERVICIOS MÉDICOS DIRECTOS, HOSPITAL
NACIONAL NICOLASA CRUZ DE JALAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO RENÉ AGUIRRE VÁSQUEZ

ASESORADO POR EL ING. HERNÁN LEONARDO CORTÉS URIOSTE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

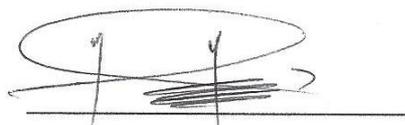
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE COLAS, PROPUESTA DE CONTRATACIÓN DEL PERSONAL NECESARIO Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS LABORES EN EL ÁREA DE SERVICIOS MÉDICOS DIRECTOS, HOSPITAL NACIONAL NICOLASA CRUZ DE JALAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 21 de mayo de 2010.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized oval shape with a vertical line through it, and several horizontal strokes below it.

Mario René Aguirre Vásquez

Guatemala, 10 de marzo del 2011

Ingeniero
César Urquizú, Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Ingeniero Urquizú:

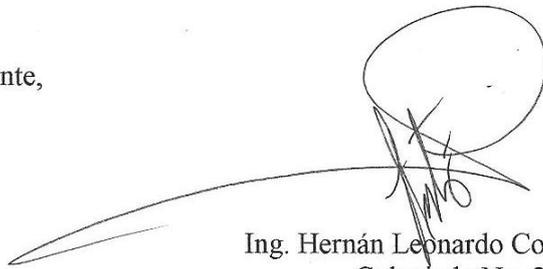
Atentamente me dirijo a usted con el propósito de presentarle el trabajo de graduación titulado **"Análisis del sistema de colas, propuesta de contratación del personal necesario y calibración del equipo de diagnóstico para el cumplimiento de las labores en el área de servicios médicos directos, Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa"** elaborado por el estudiante Mario René Aguirre Vásquez.

En mi calidad de asesor, considero que el trabajo presentado por el estudiante Aguirre Vásquez es un aporte a varios temas de importancia en la Ingeniería Mecánica Industrial, tales como investigación de operaciones, montaje y mantenimiento de equipo, y calibración.

Con base en lo anterior ruego a usted se sirva dar el visto bueno para que este trabajo sea presentado ante las máximas autoridades de la Facultad, a fin de que emitan el dictamen correspondiente y si así lo consideran, extiendan el título correspondiente al estudiante mencionado.

Agradeciendo su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de mi consideración.

Atentamente,



Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste
Colegiado No. 2069
Hernán Leonardo Cortés Urioste
INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 2,069

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.082.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DEL SISTEMA DE COLAS, PROPUESTA DE CONTRATACIÓN DEL PERSONAL NECESARIO Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS LABORES EN EL ÁREA DE SERVICIOS MÉDICOS DIRECTOS, HOSPITAL NACIONAL NICOLASA CRUZ DE JALAPA**, presentado por el estudiante universitario **Mario René Aguirre Vásquez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Alberto Eulalio Hernández García
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Alberto E. Hernández García
Ingeniero Industrial
Colegiado 8658

Guatemala mayo de 2011.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.101.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DEL SISTEMA DE COLAS, PROPUESTA DE CONTRATACIÓN DEL PERSONAL NECESARIO Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS LABORES EN EL ÁREA DE SERVICIOS MÉDICOS DIRECTOS, HOSPITAL NACIONAL NICOLASA CRUZ DE JALAPA**, presentado por el estudiante universitario **Mario René Aguirre Vásquez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2011.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

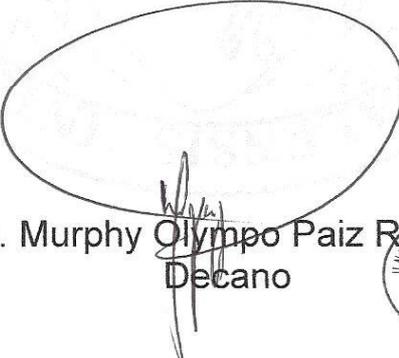


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.274.11

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DEL SISTEMA DE COLAS, PROPUESTA DE CONTRATACIÓN DEL PERSONAL NECESARIO Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS LABORES EN EL ÁREA DE SERVICIOS MÉDICOS DIRECTOS, HOSPITAL NACIONAL NICOLASA CRUZ DE JALAPA**, presentado por el estudiante universitario **Mario René Aguirre Vásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, agosto de 2011

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Álvaro Enrique Aguirre Sandoval, Zoila Vásquez Lemus, con amor y gratitud infinita por sus sabias enseñanzas y sacrificio de toda la vida que me permitió este triunfo.
Mis hermanos	Con cariño.
Mi padrastro	Alfredo Zepeda Nájera, gracias por tu gran apoyo porque este triunfo también es tuyo.
Mi familia	Abuelas, tíos, primos, con cariño y respeto, con agradecimientos especiales a mi abuela Aldina Juárez, y mis tíos, Walter, Marvin, Sonia, William, Adilio y Caflin. Gracias por todo su amor y apoyo.
Mis amigos	Gerber, Cristian, a mis amigos y a mis compañeros de la universidad; de todo corazón gracias, por su amistad, ayuda y comprensión.
Mi novia	Andrea María Nájera y familia, gracias por su apoyo, comprensión, aliento y amor.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Porque tú padre celestial, eres el centro de mi vida y te agradezco mi existencia.
Personal del Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa	Que me abrieron las puertas para realizar el presente trabajo de graduación, y brindarme toda la información requerida.
Ing. Hernán Cortés Urioste	Por la asesoría, colaboración y paciencia en la realización de este trabajo de graduación.

ÌNDICE GENERAL

ÌNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÌMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÒN.....	XXIII

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Historia del Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa.....	1
1.2. Departamentos existentes.....	2
1.3. Marco Teórico.....	2
1.3.1. Teoría de colas.....	2
1.3.1.1. Definición.....	4
1.3.1.2. Estructura básica de un modelo de colas.....	4
1.3.1.3. Distribución de <i>Poisson</i>	9
1.3.1.4. Papel de la distribución exponencial.....	9
1.3.1.5. Proceso de nacimiento y muerte.....	10
1.3.1.6. Modelo de cola M/M/s.....	11
1.3.2. Proceso lógico de localización de fallas.....	15
1.3.2.1. El usuario.....	15
1.3.2.2. El medio ambiente.....	15
1.3.2.3. El instrumento.....	16
1.3.2.4. Diagrama de bloque funcional.....	17
1.3.3. Equipo de prueba y medición.....	20

1.3.3.1.	Calibración de los instrumentos.....	20
1.3.3.2.	Exactitud, precisión, y resolución.....	21
1.3.3.3.	Problemas de medición.....	24
1.3.3.3.1.	Factores que influyen en una medición.....	25
1.3.4.	Relación entre el cuerpo humano y el equipo.....	26
1.3.4.1.	Presión sanguínea.....	28
1.3.5.	Mantenimiento preventivo.....	29
1.3.6.	Mantenimiento correctivo.....	30
1.3.7.	Mantenimiento pro-activo.....	32
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL HOSPITAL	
2.1.	Personal actual.....	33
2.2.	Organigrama jerárquico del Hospital.....	33
2.3.	Servicios médicos directos.....	35
2.3.1.	Cirugía.....	35
2.3.2.	Gineco Obstetricia.....	35
2.3.3.	Emergencia.....	35
2.3.4.	Consulta Externa.....	35
2.3.5.	Medicina.....	36
2.3.6.	Pediatría.....	36
2.3.7.	Traumatología.....	36
2.3.8.	Odontología.....	36
2.4.	Datos estadísticos.....	37
2.5.	Tiempo de llegada y de servicio.....	43
2.6.	Análisis del sistema a través de la teoría de colas.....	46
2.6.1.	Estructura básica del sistema de colas a analizar.....	47
2.6.1.1.	Distribución.....	49
2.6.1.2.	El mecanismo de servicio.....	49

2.6.1.3.	Fuente de entrada.....	50
2.6.1.4.	Disciplina de la cola.....	51
2.6.1.5.	Modelo matemático que más se ajusta al sistema.....	51
2.6.1.6.	Determinación de las horas en que hay mayor afluencia de pacientes.....	52
2.6.1.7.	Estimación del tiempo de espera más recomendado para los pacientes.....	52
2.6.2.	Evaluación de desempeño de la línea de espera a través del modelo de cola M/M/s, en las horas de mayor afluencia de paciente.....	52
2.6.2.1.	Evaluación de desempeño relacionado con el tiempo, centrado en el paciente.....	54
2.6.2.2.	Evaluación de desempeño relacionado con el número de pacientes.....	56
2.6.2.3.	Probabilidades que implican tanto a los servidores como a los pacientes.....	57
3.	PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO	
3.1.	Evaluación de alternativas.....	61
3.2.	Análisis de medidas de desempeño con varios servidores, en las horas en que hay mayor afluencia de pacientes.....	63
3.3.	Propuesta del nivel óptimo de médicos, en las horas de mayor afluencia de pacientes.....	65
3.4.	Propuesta del ambiente interno adecuado.....	65
3.5.	Mantenimiento del equipo de diagnóstico.....	67
3.5.1.	Mantenimiento correctivo y preventivo.....	67
3.5.1.1.	Esfigmomanómetros.....	67
3.5.1.2.	Estetoscopios.....	76

3.5.1.3.	Estuches de diagnóstico.....	78
3.6.	Calibración de los esfigmomanómetros.....	81
3.6.1.	Operaciones principales de la calibración.....	81
3.6.1.1.	Exactitud del esfigmomanómetro de mercurio.....	82
3.6.1.2.	Exactitud del esfigmomanómetro Aneroide.....	83
3.6.1.3.	El patrón de calibración.....	85
3.6.1.4.	Calibrador de presión electrónico.....	85
3.6.2.	El mercurio.....	86
3.6.2.1.	Lavado de mercurio.....	89
3.6.3.	Riesgos y precauciones.....	91
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	
4.1.	Aspectos generales de implementación.....	93
4.1.1.	Programa.....	93
4.1.2.	Integración de recursos.....	96
4.1.3.	Ejecución del programa de implementación.....	96
4.1.4.	Acciones de apoyo para la implementación.....	97
4.2.	Establecimiento del horario en que tendrá que laborar el nivel óptimo de médicos propuesto.....	98
4.3.	Establecimiento del horario en que puede laborar un número menor de médicos a lo recomendado en las horas de mayor afluencia de pacientes.....	99
4.4.	Redistribución del personal.....	99
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	
5.1.	Pasos a seguir para determinar si es necesario realizar un ajuste al sistema de colas.....	101

5.2.	Pasos a seguir para estimar el respectivo ajuste.....	102
5.3.	Capacitación.....	103
5.3.1.	Mantenimiento del sistema en buenas condiciones de desempeño.....	105
5.4.	Mantenimiento del sistema y diagnóstico del equipo.....	108
5.5.	Control de mantenimiento.....	108
5.6.	Operación adecuada del equipo de diagnóstico.....	110
CONCLUSIONES.....		113
RECOMENDACIONES.....		115
BIBLIOGRAFÍA.....		117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Sistema de colas.....	5
2.	Sistema elemental de colas.....	8
3.	Fórmulas para el caso de un servidor (M/M/1).....	13
4.	Fórmulas para el caso de varios servidores ($s > 1$).....	14
5.	Diagrama de bloque funcional.....	18
6.	Diagrama de bloque amplio.....	18
7.	Diagrama de localización de fallas.....	19
8.	Campo de medida y alcance de un instrumento.....	22
9.	Diferencia entre precisión y exactitud.....	23
10.	Organigrama del hospital.....	34
11.	Una cola, un servidor.....	47
12.	Una cola, múltiples servidores.....	47
13.	Varias colas, múltiples servidores.....	48
14.	Una cola, servidores secuenciales.....	48
15.	Distribución del sistema de colas.....	49
16.	Redistribución de la cola para el horario de 7:00 a 9:00 a.m.....	98
17.	Redistribución de la cola para el horario de 9:00 a 12:00 p.m.....	98

TABLAS

I.	Terminología y notación.....	12
II.	Personal actual en el área de servicios médicos directos.....	33
III.	Control estadístico de pacientes por día.....	37
IV.	Control estadístico de tiempos de servicio Cirugía.....	38
V.	Control estadístico de tiempos de servicio Gineco-Obstetricia.....	38
VI.	Control estadístico de tiempos de servicio Emergencia.....	39
VII.	Control estadístico de tiempos de servicio Consulta Externa.....	40
VIII.	Control estadístico de tiempos de servicio Medicina.....	40
IX.	Control estadístico de tiempos de servicio Odontología.....	41
X.	Control estadístico de tiempos de servicio Pediatría.....	42
XI.	Control estadístico de tiempos de servicio Traumatología.....	43
XII.	Tasa media de llegadas de pacientes por hora.....	44
XIII.	Tasa media de servicio por día.....	45
XIV.	Mecanismo de servicio del hospital.....	50
XV.	Resultados del desempeño actual relacionados con el tiempo, centrados en el paciente.....	55
XVI.	Resultados del desempeño actual relacionado con el número de pacientes.....	57
XVII.	Resultados del desempeño actual expresado en probabilidades....	58
XVIII.	Resultados del desempeño con varios servidores.....	63
XIX.	Inspección visual del esfigmomanómetro mercurial.....	73
XX.	Limpieza del esfigmomanómetro mercurial.....	74
XXI.	Inspección visual del esfigmomanómetro aneroide.....	75

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
° C	Grados centígrados
° K	Grados kelvin
Gr	Gramos
Kg	Kilogramos
PSI	Libras por pulgada cuadrada
Lq	Longitud esperada de la cola
Hg	Mercurio
MI	Mililitros
Mm	Milímetros
mmHg	Milímetros de mercurio
N	Número de clientes en el sistema de colas

S	Número de servidores
L	Número esperado de clientes en el sistema de colas
P (Wq=0)	Probabilidad de que el tiempo de espera sea igual a 0
P (W>t)	Probabilidad de que el tiempo en el sistema sea mayor a tiempo (t)
P₀	Probabilidad de que no haya clientes en un servidor
P_n	Probabilidad de que se encuentren exactamente "n" clientes en el sistema de colas
P	Probabilidad de que un servidor esté ocupado
HgS	Sulfato de mercurio
Λ	Tasa media de llegadas
M	Tasa media de servicio
Wq	Tiempo de espera en la cola (excluye el tiempo de servicio) para cada cliente por separado
W	Tiempo de espera en el sistema (incluye tiempo de servicio) para cada cliente por separado

GLOSARIO

Amalgama	Aleación de mercurio con otro metal.
Aneroide	Tipo de esfigmomanómetro en el que la presión del aire acciona un sistema de relojería que mueve un indicador tipo aguja frente a una escala.
Bisel	Pieza circular de lámina o plástico que rodea a las carátulas de muchos instrumentos de medición y que mantiene al vidrio o mica protectora en su lugar.
Bomba insufladora	Dispositivo que conectado por un tubo permite insuflar la cámara de hule del brazalete de un esfigmomanómetro.
Brazalete	Referente a los esfigmomanómetros; se trata de la bolsa de tela que se enrolla alrededor del brazo para medir la presión arterial. En su interior se encuentra una cámara inflable, calificado de manguito.
Calibración	Acción de comparar con patrones estándar lo que marca un determinado aparato.
Cirugía	La cirugía es la rama de la medicina que se encarga de la curación de enfermedades, por medio de operaciones.

Condiciones ambientales	Condiciones de presión y temperatura del entorno que pueden afectar el resultado de una medición.
Conectores	Dispositivos de plástico o de metal, que sirven para realizar uniones con los tubos de la vejiga y el manómetro del medidor de presión arterial.
Consulta externa	Es la atención regular de salud impartida por personal calificado a una persona no hospitalizada ni en el servicio de urgencias.
Diafragma	Lámina delgada que cubre la cápsula del estetoscopio y que vibra con los movimientos ondulatorios. Recibe también el nombre de “membrana”.
Dúplex	Estetoscopios con dos cápsulas en vez de una.
Emergencia	Sala en donde se atienden los accidentes o sucesos que acontecen de una manera absolutamente imprevista.
Escala	Serie de divisiones grabadas en determinado espacio.
Esfigmomanómetro	Instrumento para medir la tensión arterial (en relación con el pulso).
Esfigmógrafo	Instrumento que registra el pulso.

Estado del sistema	Número de clientes en el sistema de colas.
Estetoscopio	Aparato destinado a auscultar los sonidos del pecho y otras partes del cuerpo, ampliándolos con la menor deformación posible.
Exactitud	Fidelidad en la medición de una cosa.
Fiabilidad	Es la confianza que se tiene en los datos que proporciona un instrumento de medición.
Ginecoobstetricia	La ginecología es la especialidad de la medicina dedicada al cuidado del sistema reproductor femenino y la obstetricia es la rama que cuida la gestación, el parto y el puerperio.
Horquillas	Son los dos tubos que llevan los sonidos hasta las olivas en las orejas del usuario.
Hule	Caucho o goma elástica. Sustancia de gran elasticidad, capaz de recuperar su forma después de ser deformada.
Insuflar	Introducir a soplos un gas, un líquido o una sustancia pulverizada en un órgano o en una cavidad.
Látex	Líquido de aspecto lechoso que producen ciertos vegetales.

Longitud de la cola	Número de clientes que espera recibir el servicio.
Manguito	Nombre que se le da a la cámara de látex que contiene el brazalete que se utiliza para medir presión con los esfigmomanómetros.
Mantenimiento correctivo	Conjunto de procedimientos utilizados para reparar maquinaria o equipo ya deteriorado.
Mantenimiento predictivo	Consiste en el monitoreo continuo de máquinas y equipos con el propósito de detectar y evaluar cualquier variación pequeña en su funcionamiento, de que se produzca una falla.
Mantenimiento preventivo	Inspección periódica de máquinas y equipos para evaluar su estado de funcionamiento e identificar fallas, además de prevenir y poner en condiciones el equipo para su óptimo funcionamiento, limpieza, lubricación y ajuste.
Medicina	Esta especialidad atiende los problemas de cualquier persona, sexo u otra condición, sin diferencia de edad y relacionados con la salud, sobre los que resolverá, decidirá y aconsejará lo más conveniente.
Membrana	Nombre que se le da al diafragma del estetoscopio.
Mercurio	Elemento metálico, líquido a la temperatura ordinaria, cuyo símbolo es "Hg".

Odontología	Es la especialidad médica que se dedica al estudio de los dientes, encías y al tratamiento de sus dolencias.
Olivas ópticas	Pequeñas piezas que se colocan en los extremos de las horquillas y el usuario las introduce en sus conductos auditivos para escuchar los ruidos o sonidos que capta el estetoscopio.
Otoscopio	Instrumento para el examen del conducto auditivo, membrana del tímpano y en su caso el oído medio.
Pediatría	La pediatría es la rama de la medicina que se especializa en la salud y enfermedades de los niños.
PEPS	Primero en entrar, primero en salir.
Pera insufladora	Aditamento de hule que tiene aproximadamente la forma de una pera y sirve para proporcionar manualmente aire.
Presión	Acción y efecto de apretar, comprimir, etc. Fuerza que ejercen los líquidos y gases, en todos los sentidos, sobre las paredes de los recipientes que los contiene.
Presión diastólica	Movimiento de dilatación del corazón y de las arterias, cuando la sangre penetra en su cavidad.

Presión intra arterial	Presión que ejerce la sangre en las arterias.
Presión sanguínea	Presión que ejerce la sangre.
Presión sistólica	Presión arterial durante la relajación ventricular.
Reservorio	Cavidad o recipiente en el que se almacena un líquido o gas.
Resonar	Reflejar el movimiento vibratorio múltiples veces, lo que aumenta la intensidad.
Servidor	Persona que presta un servicio para satisfacer las necesidades del público.
Teratógenos	Relativo a la ciencia que se ocupa del desarrollo anormal y de las malformaciones congénitas.
Traumatología	Se dedica a las lesiones traumáticas de la columna y las extremidades que afectan a los huesos, ligamentos, articulaciones, músculos y tendones.
Transductor	Dispositivo que transforma un fenómeno físico (una presión, una temperatura, etc.) en una señal eléctrica.
Válvula check	Anglicismo que se usa para referirse a válvulas unidireccionales.

Válvula de retención	Sistema que permite el paso de un fluido (aire, agua) en una dirección y lo impide en dirección contraria.
Volumen sanguíneo	Masa total de sangre en el cuerpo.

RESUMEN

En la actualidad el Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa, no presta un servicio eficiente, eficaz y de calidad, así como no existe limpieza, orden, atención, mantenimiento y calibración del equipo médico de diagnóstico, partiendo de estos fundamentos se procedió a la elaboración del presente trabajo de graduación, partiendo de la necesidad que afronta esta institución por la falta de presupuesto y supervisión de administraciones anteriores.

Básicamente este trabajo propone la cantidad óptima de personal por medio de un análisis del sistema de colas, para cada estación en el área de servicios médicos directos, cuenta con 8 sub-áreas y en todas se tiene probabilidad que las estaciones estén ocupadas de 100%, así como un tiempo en el sistema de dos horas, superando el tiempo recomendado el cual se sitúa en 25 minutos.

Hecho el estudio y el análisis de datos se llega al resultado que el equilibrio en el sistema actual se logra, con la implementación de un servidor más para cada estación en el horario de 7:00 a 9:00 a.m., logrando la reducción del tiempo de espera, con esto se colabora con la actual administración para que el Ministerio de Salud y Asistencia Social tome en cuenta estos datos y distribuya el presupuesto necesario para poner en marcha el programa.

Los objetivos para este programa se logra si todo el personal toma una filosofía de servicio y exista una capacitación y monitoreo constante.

OBJETIVOS

General

Proponer una mejora del servicio de atención en el área de servicios médicos directos en el Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa, por medio de una evaluación del sistema de colas.

Específicos

1. Establecer un diagnóstico del Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa, a partir del análisis de colas.
2. Proponer la utilización del análisis de colas en el Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa, para la mejora del servicio.
3. Realizar una investigación documental de campo que reúna las descripciones y especificaciones de cada sub-área, para la correcta ejecución de las labores diarias.
4. Colaborar con la actual administración para volver eficientes y eficaces los servicios prestados, así como obtener la aprobación del Ministerio de Salud y Asistencia Social.
5. Identificar las carencias en los servicios que el Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa presta.

6. Proponer la contratación del personal necesario para el cumplimiento de las labores diarias.
7. Verificar el mantenimiento en la calibración del equipo de diagnóstico.

INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de la población en el departamento de Jalapa, aumenta la demanda de servicios hospitalarios, teniendo un único Hospital Nacional para todo el departamento, mismo que no cuenta con personal suficiente en algunas áreas para atender de manera eficiente a la población necesitada de estos servicios. Con un análisis de colas se obtendrán datos relevantes para la continuidad de quienes laboran en cada área y la satisfacción de la demanda que actualmente se tiene.

Sabiendo de la magnitud del recurso humano con que se cuenta, se pretende hacer un estudio basado en los tiempos y personal necesarios para el cumplimiento de las labores y requisitos, de cada puesto en el que se tenga debilidades, necesidades de atención y servicio, a fin de proponer los perfiles idóneos para cada puesto. Con este estudio se pretende llamar la atención del Ministerio de Salud y Asistencia Social quien es el encargado de erogar el presupuesto para ésta institución y determinar que la necesidad de recurso humano es evidente, con cada minuto de espera crece el riesgo de perder la vida de las personas y aumenta la proliferación de enfermedades virales que puedan ser transmitidas en las salas de espera de emergencia y consulta externa.

Existe una última finalidad la que conlleva a romper el paradigma de las instituciones de gobierno en cuanto a burocracia y falta de atención que existe tanto de parte del personal administrativo como del de servicio.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Historia del Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa

El Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa (hospital de segunda categoría), se fundó en 1918 por iniciativa de la señora Nicolasa Cruz y el sacerdote José Ciriaco Arteaga.

Se construyeron las primeras salas del Hospital de Jalapa, con el apoyo del párroco José Ciriaco Arteaga. La señora Nicolasa Cruz donó el terreno del hospital que actualmente lleva su nombre.

El Presidente de la República de Guatemala, en ese entonces José Rafael Carrera, quien gestionó la construcción y equipamiento del hospital.

Posteriormente se construyó un nuevo edificio en 1972, durante el gobierno del General Carlos Manuel Arana Osorio, realizado por Obras Públicas, inaugurado por el Dr. Silvano Antonio Carías Recinos, quien se destacó por su labor profesional en beneficio de la población jalapaneca.

1.2. Departamentos existentes

Actualmente el hospital cuenta con tres departamentos los que se encargan de la planificación, control y dirección del hospital.

Los departamentos existentes se dividen en: servicios médicos directos, servicios técnicos de apoyo, gerencia administrativa y financiera. Cada uno de estos departamentos cuenta con sub departamentos que ayudan al cumplimiento de las labores dentro del hospital.

1.3. Marco Teórico

1.3.1. Teoría de colas

Un sistema de colas consiste en llegar a una estación, hacer fila, obtener el servicio y salir, este proceso se puede encontrar en una institución, servicios comerciales, servicios de transporte, negocio pequeño y hasta en una gran empresa ya sea para vender producto o para entregar. Los siguientes, son ejemplos de sistemas de colas:

- Los clientes llaman a un telefonista de servicio, esperan en la línea para obtener el servicio, lo obtienen y cuelgan.
- En un supermercado se tiene un sistema de cajas, el cliente elige que caja para cancelar, le cobran y sale del supermercado.
- En el tránsito se llega a una determinada calle en donde hay un semáforo en rojo, se hace cola esperando que de paso, cambia a verde y se sigue el curso.

- En una industria manufacturera llegan todas las piezas a una misma operación, esperan ser ensambladas, se ensamblan y luego pasan a otra operación.

Los problemas que se generan en casos así, se clasifican en dos grupos básicos:

- Problema de análisis: cuando se desea conocer si un sistema está funcionando de la manera óptima, existen preguntas que deben responder, ya sea una o varias veces.
 - ¿Qué tiempo espera el cliente en la cola antes de ser atendido?
 - ¿Cuál es el tiempo promedio de servicio que tarda un operario en atender al cliente?
 - ¿Cuál es la cantidad de clientes promedio que espera ser atendida en la cola?
- Problemas de diseño: cuando el propósito es diseñar un sistema de colas que satisfaga las necesidades de la demanda se deben responder preguntas tales como:
 - ¿Cuántas estaciones se deben colocar para ofrecer un servicio aceptable?
 - ¿Deben los clientes esperar en una sola fila?
 - ¿Qué espacio se necesita para que los clientes o productos esperen?
 - ¿Se debe emplear estaciones para diferentes servicios?

Las decisiones de diseño se toman mediante la evaluación de los problemas de análisis y luego seleccionando la alternativa que cumpla con los objetivos y metas administrativas.

1.3.1.1. Definición

El estudio matemático de las colas o líneas de espera, se presentan siempre que la demanda actual de un servicio es mayor que la capacidad actual para proporcionar el mismo. Para el estudio de problemas, la teoría de colas cuenta con modelos matemáticos que ayudan a determinar medidas de desempeño. Con este análisis se forma la idea de diseño para un total equilibrio en un sistema dado. Un sistema de colas no resuelve un problema sólo proporciona información para la toma de decisiones.

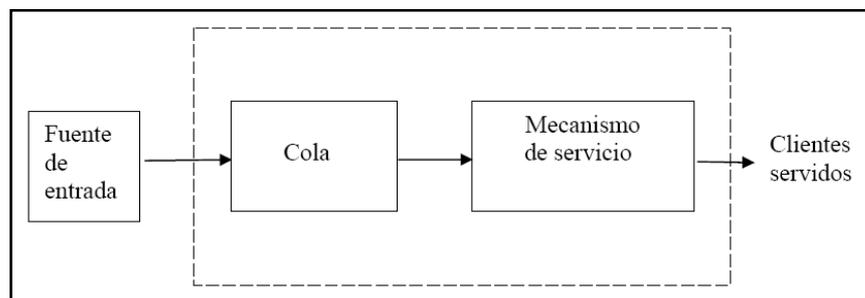
Sirven también para decidir entre alternativas para minimizar costos por descomposturas de maquinaria, de inversión en la compra de equipos que minimicen costos o el número ideal de servidores.

1.3.1.2. Estructura básica de un modelo de colas

- Proceso básico de colas: el proceso básico supuesto por la mayor parte de los modelos de colas es el siguiente: los clientes que requieren un servicio se generan a través del tiempo en una fuente de entrada. Estos clientes entran al sistema y se unen a una cola. En determinado momento se selecciona un miembro de la cola para proporcionarle el servicio, mediante alguna regla conocida como disciplina de la cola o disciplina de servicio.

Después, en un mecanismo de servicio se lleva a cabo el servicio requerido por el cliente, luego sale del sistema de colas. En la figura 1 se da un esquema de este proceso.

Figura 1. **Sistema de colas**



Fuente: Frederick S. Hillier y Gerald J. Lieberman, Introducción a la investigación operaciones. p. 316

- Fuente de entrada (población potencial): una característica de la fuente de entrada es su tamaño. El tamaño es el número total de clientes que pueden requerir un servicio en determinado momento, es decir, el número total de clientes potenciales distintos. Esta población a partir de la cual surgen las unidades que llegan se llama población de entrada.

Puede suponerse que el tamaño es infinito o finito (de modo que también se dice que la fuente de entrada es ilimitada o limitada). Como los cálculos son mucho más sencillos para el caso infinito, esta suposición se hace muy seguida aun cuando el tamaño real sea un número fijo relativamente grande y deberá tomarse como una suposición implícita en cualquier modelo que no establezca otra cosa.

También se debe especificar el patrón estadístico para generar los clientes a través del tiempo. La suposición normal es que se generan de acuerdo con un proceso *Poisson*, es decir, el número de clientes que llegan durante un tiempo específico tiene una distribución de *Poisson*. Este caso corresponde a aquel cuyas llegadas al sistema ocurren de manera aleatoria pero con cierta tasa media fija y sin importar cuántos clientes están ya ahí (por lo que el tamaño de la fuente de entrada es infinito).

Una suposición equivalente es que la distribución de probabilidad del tiempo que transcurre entre dos llegadas consecutivas es exponencial. Se hace referencia al tiempo que transcurre entre dos llegadas consecutivas como tiempo entre llegadas.

- Cola: se caracteriza por el número máximo permisible de clientes que puede admitir. Las colas pueden ser finitas o infinitas, según si este número es finito o infinito. La suposición de una cola infinita es la estándar para la mayor parte de los modelos, incluso en situaciones en las que de hecho existe una cota superior (relativamente grande) sobre el número permisible de clientes, ya que manejar una cota así puede ser un factor complicado para el análisis. Los sistemas de colas en los que la cota superior es tan pequeña que se llega a ella con cierta frecuencia, necesitan suponer una cola finita.
- Disciplina de la cola: se refiere al orden en el que se seleccionan sus miembros para recibir el servicio. Por ejemplo, esta disciplina puede ser: primero en llegar, primero en salir, aleatoria, de acuerdo con algún procedimiento de prioridad o de algún otro orden.

La que se supone como normal es la de primero en llegar, primero en salir, a menos que se establezca otra cosa.

- Mecanismo de servicio: consiste en una o más instalaciones de servicio, cada una de ellas con uno o más canales paralelos de servicio, llamados servidores. Si existe más de una instalación de servicio, puede ser que se sirva al cliente a través de una secuencia de ellas (canales de servicio en serie). En una instalación dada, el cliente entra en uno de estos canales y el servidor le presta el servicio completo.

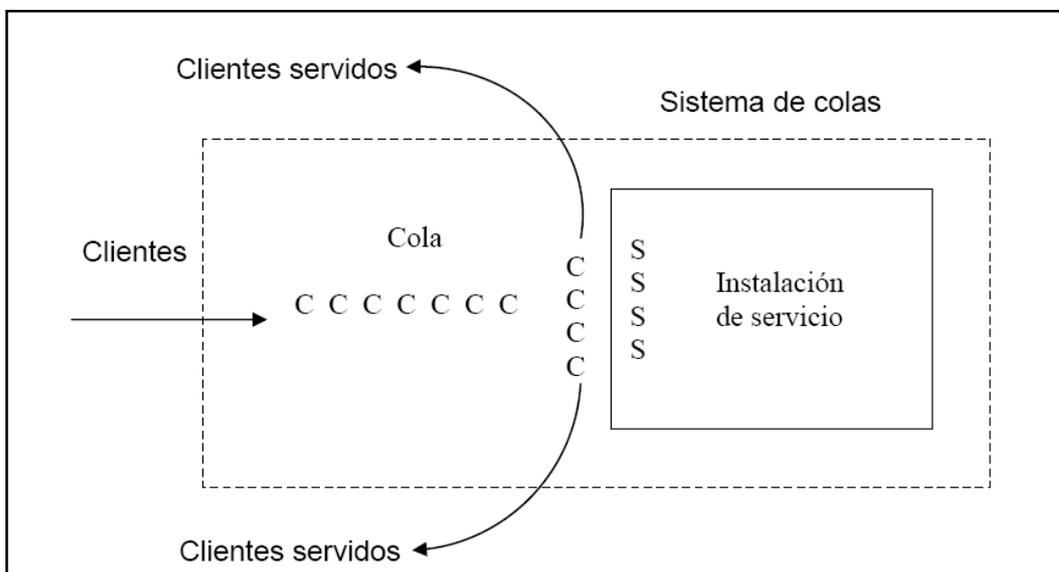
Un modelo de colas debe especificar el arreglo de las instalaciones y el número de servidores (canales paralelos) en cada una. Los modelos más elementales suponen una instalación, ya sea con uno o con un número finito de servidores.

El tiempo que transcurre desde el inicio del servicio para un cliente hasta su terminación en una instalación se llama tiempo de servicio (o duración del servicio). Un modelo de un sistema de colas determinado debe especificar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio para cada servidor (y tal vez para los distintos tipos de clientes), aunque es común suponer la misma distribución para todos los servidores. La distribución de probabilidad del tiempo de servicio que más se usa en la práctica (por ser más manejable que cualquier otra) es la distribución exponencial.

- Un proceso de colas elemental: la teoría de colas se aplica a muchos tipos de diferentes situaciones. El tipo que más prevalece es el siguiente: una sola línea de espera (que puede estar vacía en algunos momentos) se forma frente a una instalación de servicio, dentro de la cual se encuentra uno o más servidores.

Cada cliente generado por una fuente de entrada recibe el servicio de uno de los servidores, quizá después de esperar un poco en la cola (línea de espera). En la figura 2 determinan un esquema de colas ya mencionadas.

Figura 2. **Sistema elemental de colas**



Fuente: Frederick S. Hillier y Gerald J. Lieberman. Introducción a la investigación operaciones. p. 318

Un servidor no tiene que ser un solo individuo; puede ser un grupo de personas, por ejemplo, una cuadrilla de reparación que combina fuerzas para realizar de manera simultánea, el servicio que solicita el cliente.

Aún más, los servidores ni siquiera tienen que ser personas. En muchos casos puede ser una máquina o una pieza de equipo, como un cargador frontal que presta el servicio cuando se requiere. Con esta misma línea de ideas, los clientes en la cola no tienen que ser personas.

Por ejemplo, pueden ser unidades que esperan ser procesadas en una cierta máquina o pueden ser carros que esperan pasar por una caseta de cobro.

No es necesario que se forme físicamente una línea de espera adelante de una estructura física que constituye la instalación de servicio; es decir, los miembros de la cola pueden estar dispersos en un área mientras esperan que el servidor venga a ellos.

El servidor o grupo de servidores asignados a un área constituyen la instalación de servicio para esa área.

1.3.1.3. Distribución de *Poisson*

En la mayoría de problemas de colas se utiliza la distribución de *Poisson* para describir la tasa de llegada. Ésta es una distribución discreta. Para utilizar esta distribución se debe conocer, estimar o suponer el valor medio de la distribución.

1.3.1.4. Papel de la distribución exponencial

Las características operativas de los sistemas de colas están determinadas en gran parte por dos propiedades estadísticas, a saber, la distribución de probabilidad de los tiempos entre llegadas y la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio.

Para los sistemas de colas reales, estas distribuciones pueden tomar casi cualquier forma. (La única restricción es que no pueden ocurrir valores negativos.)

Sin embargo, para formular un modelo de teoría de colas como una representación de sistema real, es necesario especificar la forma supuesta de cada una de estas distribuciones.

Para que sea útil, la forma supuesta debe ser lo suficientemente realista, como para que el modelo proporcione predicciones razonables y al mismo tiempo debe ser lo suficientemente sencilla para que sea matemáticamente manejable. Con estas consideraciones en mente, la distribución de probabilidad más importante en la teoría de colas es la distribución exponencial.

La distribución de *Poisson* describe las llegadas por unidad de tiempo y la distribución exponencial estudia el tiempo entre cada una de estas llegadas. Si las llegadas son de *Poisson*, el tiempo entre ellas es exponencial. La distribución de *Poisson* es discreta, mientras que la distribución exponencial es continua, porque el tiempo entre llegadas no tiene por qué ser un número entero.

Esta distribución se usa mucho para describir el tiempo entre eventos, específicamente, la variable aleatoria que representa el tiempo necesario para servir a la llegada.

1.3.1.5. Proceso de nacimiento y muerte

La mayor parte de los modelos elementales de colas suponen que las entradas (llegada de clientes) y las salidas (clientes que se van) del sistema ocurren de acuerdo con el proceso de nacimiento y muerte. Este importante proceso de teoría de probabilidad tiene aplicaciones en varias áreas.

1.3.1.6. Modelo de cola M/M/s

Los modelos que más se usan en teoría de colas están basados directamente en este proceso. Estos modelos tienen una entrada *Poisson* y tiempos de servicio exponenciales.

El modelo M/M/s supone que todos los tiempos entre llegadas son independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo con una distribución exponencial (es decir, el proceso de entrada de *Poisson*), que todos los tiempos de servicio son independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo con otra distribución exponencial y que el número de servidores es “s” (cualquier entero positivo).

En consecuencia, este modelo es sólo un caso especial del proceso de nacimiento y muerte cuando la tasa media de llegadas al sistema de colas y la tasa media de servicio por servidor ocupado son constantes (λ y μ , respectivamente) e independientes del estado del sistema. A continuación se detallan los resultados para un servidor y para varios servidores:

- **Terminología y notación:** a menos que se haga notar lo contrario, de aquí en adelante se utiliza la terminología y notación estándar siguiente:

Tabla I: **Terminología y notación**

Estado del sistema	Número de clientes en el sistema de colas
Longitud de la cola	Número de clientes que espera recibir el servicio
T	Tiempo
S	Número de servidores
$P(W_q=0)$	Probabilidad de que el tiempo de espera sea igual a 0
$P(W>t)$	Probabilidad de que el tiempo en el sistema sea mayor a t
P_0	Probabilidad de que no haya clientes en un servidor
P	Probabilidad de que un servidor esté ocupado
N	Número de clientes en el sistema de colas
P_n	Probabilidad de que se encuentren exactamente n clientes en el sistema de colas
L_q	Longitud esperada de la cola
L	Número esperado de clientes en el sistema de colas
W_q	Tiempo de espera en la cola (excluye el tiempo de servicio) para cada cliente por separado
W	Tiempo de espera en el sistema (incluye tiempo de servicio) para cada cliente por separado
M	Tasa media de servicio
Λ	Tasa media de llegadas

Fuente: Frederick S. Hillier y Gerald J. Lieberman, Introducción a la investigación operaciones.
p. 322

Figura 3. **Fórmulas para el caso de un servidor (M/M/1)**

$\rho = \lambda / s\mu$	$L_q = \lambda^2 / \mu (\mu - \lambda)$
$P_0 = 1 - \rho$	$W = 1 / (\mu - \lambda)$
$P_n = (1 - \rho) \rho^n$ Para $n = 0, 1, 2, \dots$	$W_q = \lambda / \mu (\mu - \lambda)$
$L = \lambda / (\mu - \lambda)$	$P\{W_q = 0\} = P_0$
$P\{W > t\} = e^{-\mu(1-\rho)t}$ Para $t \geq 0$	$P\{W_q > t\} = \rho e^{-\mu(1-\rho)t}$ Para $t \geq 0$

Fuente: Frederick S. Hillier y Gerald J. Lieberman, Introducción a la investigación operaciones.
p. 323

Figura 4. Fórmulas para el caso de varios servidores ($s > 1$)

$$\begin{aligned}
 W_q &= L_q / \lambda \\
 W &= W_q + 1 / \mu \\
 L &= L_q + \lambda / \mu \\
 \rho &= \lambda / s\mu \\
 P_n &= \begin{cases} \frac{(\lambda / \mu)^n}{n!} P_0 & \text{Si } 0 \leq n \leq s \\ \frac{(\lambda / \mu)^n}{s! s^{n-s}} P_0 & \text{Si } n \geq s \end{cases} \\
 L_q &= \frac{P_0 (\lambda / \mu)^s \rho}{s! (1 - \rho)^2} \\
 P_0 &= 1 / \left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda / \mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda / \mu)^s}{s!} \frac{1}{1 - (\lambda / s\mu)} \right] \\
 P \{W > t\} &= e^{-\mu t} \left[1 + \frac{P_0 (\lambda / \mu)^s}{s! (1 - \rho)} \frac{1 - e^{-\mu t(s-1-\lambda/\mu)}}{s-1-\lambda/\mu} \right] \text{ Para } t \geq 0 \\
 P \{W_q > t\} &= [1 - P \{W_q = 0\}] e^{-s\mu(1-\rho)t} \text{ Para } t \geq 0 \\
 P \{W_q = 0\} &= \sum_{n=0}^{s-1} P_n
 \end{aligned}$$

Fuente: Frederick S. Hillier y Gerald J. Lieberman, Introducción a la investigación operaciones.
p. 324

1.3.2. Proceso lógico de localización de fallas

El proceso de localización de fallas consta de tres partes fundamentales: el usuario, medio ambiente e instrumento. El objetivo primordial es corregir o reparar una falla que se dé en una máquina. Se considera un sistema de instrumentos a la tecnología que permite la resolución de un problema o falla, aplicando procedimientos en los cuales se puede utilizar determinado equipo o aparato.

Se considera que un funcionamiento deficiente o las fallas que existan en un sistema, se encuentran equitativamente distribuidos en las tres partes.

1.3.2.1. El usuario

El usuario generalmente, es quien se da cuenta de que ha ocurrido una falla o que el instrumento tiene un funcionamiento deficiente. Los problemas pueden ser causados por el uso inadecuado o incorrecto, por controles no establecidos correctamente.

1.3.2.2. El medio ambiente que rodea al instrumento

Comprende el ambiente total que rodea al instrumento y al usuario. El medio ambiente debe estar acorde con las condiciones que el fabricante especificó, ya que la falta de higiene, temperaturas moderadas, polvo, corrientes de aire y vibraciones, pueden ser las causantes de fallas deficientes en los instrumentos.

1.3.2.3. El instrumento

Es un dispositivo que se usa para comparar magnitudes físicas mediante un proceso de medición. Como unidades de medida, se utilizan objetos y sucesos previamente establecidos como estándares o patrones y de la medición resulta un número que es la relación entre el objeto de estudio y la unidad de referencia. Los instrumentos de medición son el medio por el que se hace esta conversión, dos características importantes de un instrumento de medida son la precisión y la sensibilidad.

El primer paso en la localización de fallas o averías es hacer un análisis del procedimiento y determinar en que parte del sistema, ya sea en la operación, el medio ambiente o el instrumento, se encuentra la falla.

El propósito de la metodología empleada para la localización de averías, es reunir información sobre la falla o funcionamiento deficiente de un instrumento en forma lógica y sistemática. Se debe buscar las respuestas a preguntas tales como:

- ¿Cómo funciona el sistema normalmente?
- ¿Cuáles son las condiciones de falla?
- ¿Cuáles son los síntomas causados por la falla?
- ¿Cuál es la causa de la falla?

Luego se compara lo que establece el manual, con lo que realmente ocurre en el aparato, describir como puede probablemente repararse la falla y evaluar el resultado de la acción.

La localización de fallas requiere de buenas habilidades prácticas, como observación cuidadosa y minuciosa, utilización efectiva de los manuales de servicio y otras fuentes técnicas. También debe hacerse un uso efectivo de las herramientas siguiendo siempre estándares de seguridad, además de una amplia base de conocimientos que incluye: electrónica, física, química, óptica, mecánica, teoría de medición, funcionamiento de equipo y otras.

Seguir una rutina de mantenimiento y montaje del instrumento, hacer una lista sobre el proceso de desarmado para que sea útil al momento de volver a armar el dispositivo y conocer los métodos para desmontar cada tipo de componentes. Esto ayuda a una localización de fallas y reparación del mismo.

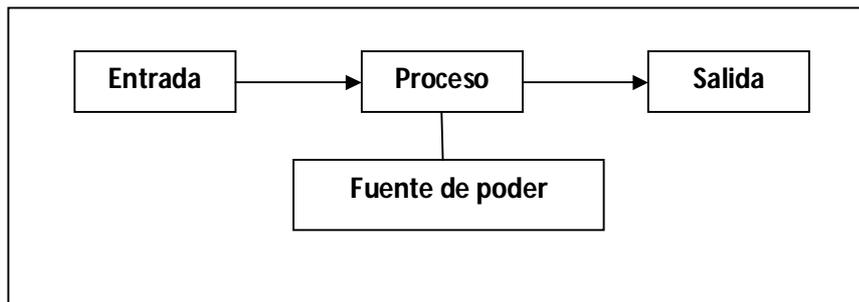
Repasar todo el proceso de localización y reparación es la mejor forma de mejorar las habilidades del operario o encargado de la revisión, además se debe llenar los registros estadísticos del instrumento para su próximo mantenimiento preventivo o correctivo.

1.3.2.4. Diagrama de bloque funcional

El diagrama de bloque funcional es un método general para describir instrumentos. Se enfatiza la utilidad de estos diagramas en el proceso de localización de fallas o averías y para la mejor comprensión de los instrumentos.

A continuación se presenta un diagrama de bloque funcional como modelo para cualquier instrumento:

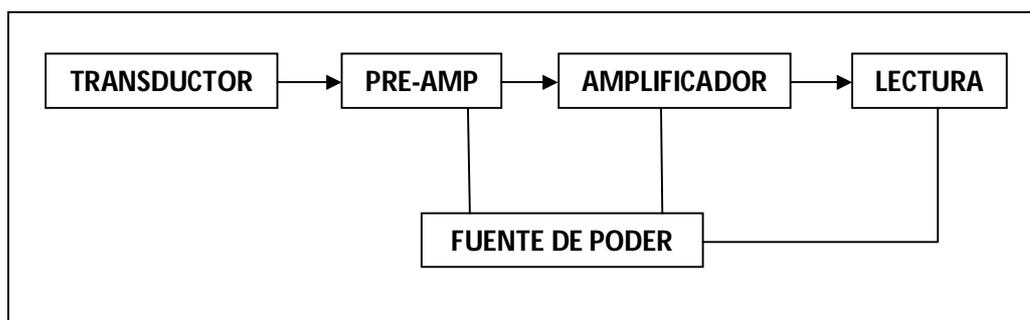
Figura 5. **Diagrama de bloque funcional**



Fuente: Robert L. Morris. Localización Lógica de Fallas. p. 35

El diagrama de bloque funcional puede ampliarse más para que proporcione mayores detalles, como se muestra a continuación.

Figura 6. **Diagrama de bloque amplio**

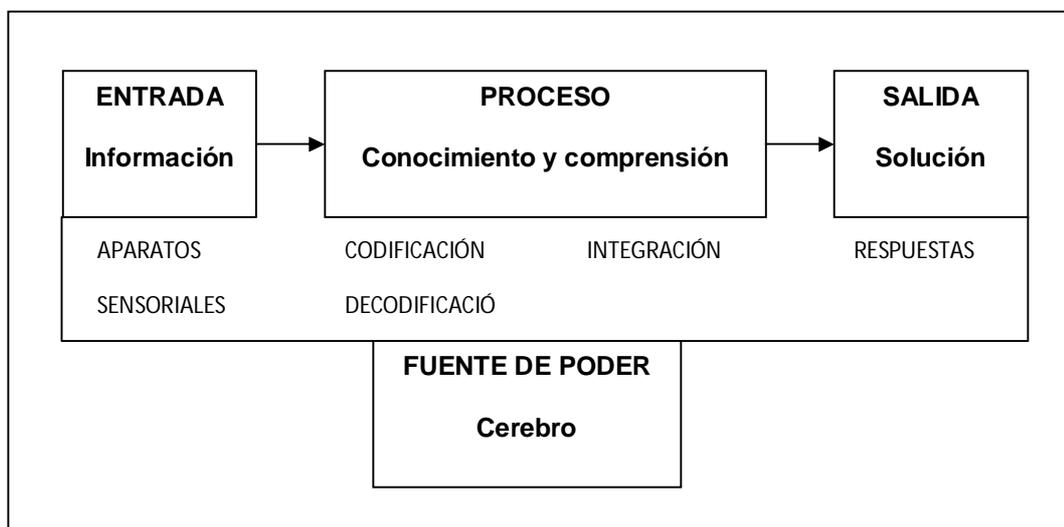


Fuente: Robert L. Morris. Localización Lógica de Fallas. p. 38

Para muchos instrumentos no existen diagramas esquemáticos completos, existen tan solo diagramas de bloque funcional, diagramas de interconexión y esquemas parciales. Esto es cierto prácticamente para cualquier instrumento que contenga circuitos integrados. Los instrumentos digitales se proveen con diagramas lógicos. Un diagrama lógico no es más que un diagrama de bloque funcional detallado.

En el diagrama de bloque funcional correspondiente a la localización de fallas o averías, la información es la entrada, el conocimiento y la comprensión forman el proceso y la solución es la salida. Todo lo anterior está dentro del cerebro que incluye la fuente de poder. Tal como sucede con los instrumentos, si la fuente de poder falla nada trabaja bien.

Figura 7. **Diagrama de localización de fallas**



Fuente: Robert L. Morris. Localización Lógica de Fallas. p. 40

1.3.3. Equipo de prueba y medición

Lo primero que se hará, es repasar las condiciones básicas para hacer mediciones y las características del equipo de prueba usual. La persona que trata de localizar una falla debe estar totalmente familiarizada con los principios básicos de las mediciones y el equipo de prueba que va a utilizar antes de obtener la información máxima de cualquier medición. El encargado debe saber: qué, dónde, cuándo, cómo y por qué se realiza una medición y debe ser capaz de interpretar los resultados de su medición. No debe hacerse ninguna medición sin antes saber lo que se espera de ella.

El propósito de usar equipo de prueba y hacer mediciones mientras está localizando una falla es obtener información sobre una falla o sobre la causa de la misma.

1.3.3.1. Calibración de los instrumentos

Calibrar un instrumento es llevarlo a su medida exacta, a base de un ajuste adecuado, comprobando su exactitud y precisión con relación a un estándar u otro instrumento de la misma clase.

Existen patrones de medida que están certificados y se deben usar para calibrar los instrumentos (bloques patrón y barras patrón). La calibración del aparato implica ajustarlo para que mida el valor del patrón con la mayor exactitud y precisión posible.

Las especificaciones que se deben tener en cuenta, dentro de una norma general de calibración de instrumentos de medición, son las siguientes:

- Durante la calibración se debe reproducir en la medida de lo posible, las condiciones reales en que normalmente se utiliza el aparato.
- El instrumento debe calibrarse en la posición en la que va a quedar cuando se use y de preferencia en el mismo lugar.
- Una vez calibrado un aparato no debe desarmarse porque puede variar el ajuste realizado.

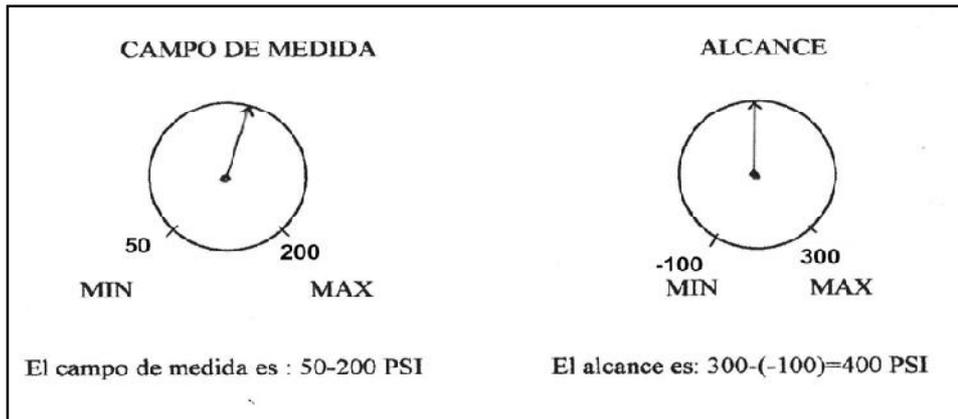
1.3.3.2. Exactitud, precisión, y resolución

La exactitud es la capacidad que posee un instrumento para poder repetir el mismo valor siempre que se efectúen las mediciones de la variable, puede ser que estos valores se encuentren muy lejos del valor real de la variable. La exactitud a menudo se expresa como el porcentaje de la lectura o de la escala total con respecto a la medida tomada. Una exactitud conocida es resultado de la calibración.

La precisión es la tolerancia de medida de un instrumento con respecto al valor verdadero de la variable, puede definir los límites de los errores cuando el instrumento es utilizado en condiciones normales del servicio. Por lo general se expresa como el número de dígitos del valor del alcance dado por el fabricante. El campo de medida de un instrumento es el valor máximo y el valor mínimo que el instrumento puede llegar a medir y alcance es la diferencia algebraica entre el máximo y el mínimo del campo de medida de un instrumento. La precisión no implica necesariamente exactitud.

Los tres métodos más comunes para medir la precisión son:

Figura 8. **Campo de medida y alcance de un instrumento**



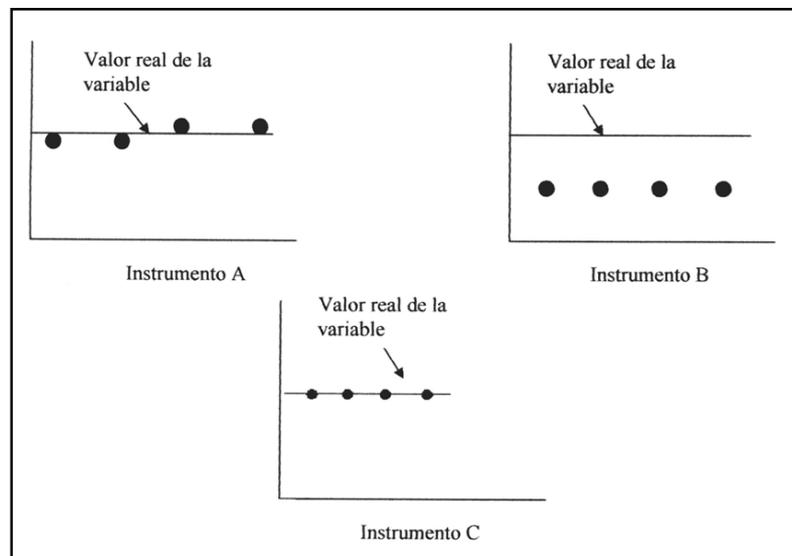
Fuente: Chicojay Carlos Aníbal. Folleto de elementos primarios para la medición y control de variables de procesos. p. 11

- El método de porcentaje de alcance determina que si el instrumento da una medición de 150 PSI y la precisión de dicho instrumento es de $\pm 0.5\%$ del valor del alcance, entonces el valor real será de $150 \pm 0.5\%$ del alcance, con los valores nos queda que $150 \pm 0.5/100(300-100)$ es igual a tener 150 ± 1 , quiere decir, que el valor verdadero de la variable se encuentra entre 149 y 151 PSI.
- El método mide directamente en unidades de la variable medida, en este tipo de precisión el fabricante nos indica el valor que hay que sumar y/o restar directamente al valor instantáneo, quiere decir que si el instrumento da una medición de 150 PSI y se dice que la precisión del instrumento es de ± 1 PSI esto sería igual a tener el valor verdadero de la variable entre 149 y 151 PSI.

- El método de porcentaje de lectura instantánea, en el cual se da la precisión en porcentaje de la lectura del instrumento, lo que quiere decir que si la precisión es de $\pm 1.5\%$ y si el instrumento marca 150 PSI, entonces el valor de la variable oscila entre 149 y 151 PSI.

La exactitud y precisión difieren una de la otra en que la precisión trata de mantenerse muy cerca del valor real de la variable y la exactitud aunque puede mantenerse muy lejano del valor real de la variable, siempre dará lecturas muy parecidas. A continuación presentamos una gráfica en la cual el instrumento A en sus cuatro lecturas fue muy preciso, el instrumento B fue muy exacto mientras que el C muestra gran precisión y gran exactitud

Figura 9. **Diferencia entre precisión y exactitud**



Fuente: Chicojay Carlos Aníbal. Folleto de elementos primarios para la medición y control de variables de procesos. p. 14

La resolución es la magnitud de los cambios en la señal de salida al ir variando continuamente la medida en todo el campo. Es también el grado con que el instrumento puede discriminar valores equivalentes de una cantidad o la menor diferencia de valor que el aparato puede distinguir.

La resolución infinita, es la capacidad de proporcionar una señal de salida progresiva y continua a todo el campo de trabajo del instrumento.

1.3.3.3. Problemas de medición

Los errores o problemas que se pueden presentar al efectuar una medición pueden ser sistemáticos o aleatorios. El error sistemático se da por desajuste de los instrumentos y equipo o por deficiencias en el método usado, pero también se debe a errores o problemas que tienen las personas. Dicho error se caracteriza porque en el resultado siempre aparece la misma diferencia.

Si un instrumento no está calibrado, en todos los casos en que se use causará el mismo error, ello naturalmente hasta que se calibre. Del mismo modo si una persona tiene la tendencia a medir sobre las escalas con un ángulo de colocación de sus ojos incorrecto, puede causar el llamado “error de paralaje”, el cual es siempre, aproximadamente el mismo hasta que no cambie dicha tendencia. En cuanto al método, si uno de los pasos de la medición no se ejecuta adecuadamente, siempre aparecerá el mismo error en el resultado.

Por lo que se refiere a los errores aleatorios o accidentales, estos ocurren de repente, por causas no previstas; resulta casi imposible prevenirlos. Las causas pueden ser: vibraciones, golpeteos, fricciones no uniformes y variaciones no previstas de temperatura.

Los errores sistemáticos se corrigen generalmente calibrando el instrumento; si se trata de recurso humano, deben corregir los vicios de medición que tengan. En cambio, los errores aleatorios, cuando se deben a los instrumentos requieren para su corrección de un mantenimiento mayor; si son personas las que los producen, generalmente se consigue su corrección con un mayor entrenamiento.

1.3.3.3.1. Factores que influyen en una medición

- El factor humano
- El local y el medio ambiente
- La técnica de medición
- El instrumento usado
- Las características del objeto que se va a medir

El técnico o personal encargado de realizar las mediciones este debidamente capacitado y en condiciones físicas adecuadas para el tipo de técnica que aplicará (buena visión, buen oído y buen pulso).

La mayoría de los trabajos de mantenimiento de equipos para la salud en general, se realizan en el mismo local en el que están situados dichos equipos, o en un lugar dentro del edificio sin mayor instrumentación y limpieza. Por esta razón, el técnico debe adaptarse a las condiciones existentes en dicho local. Sin embargo, para lograr mediciones muy exactas y precisas, se deben llevar las piezas o refacciones que se van a medir a un local con temperatura y ambiente controlado (sin vibraciones, sin polvo y con buena luz).

En algunos casos es necesario hacer mediciones muy precisas de algunas dimensiones. Esto se debe hacer en un laboratorio de metrología, usando calibradores de alturas, calibradores maestros, galgas o bloques patrones, trabajando sobre una mesa especial hecha de mármol, todo ello en un ambiente de temperatura controlada.

En un centro de salud es muy raro que exista una sala de mediciones con temperatura controlada, sin embargo, muchas empresas grandes y desde luego las que venden equipos de medición, cuentan con esas instalaciones y generalmente se pueden contratar sus servicios; los cuales sólo se requieren cuando es necesario hacer mediciones muy precisas.

La técnica de medición se refiere a la secuencia o pasos a seguir al efectuar una medición. Se deben considerar los accesorios y materiales que se van a utilizar en cada uno de dichos pasos. El instrumento usado es un factor que también afecta la medición, bien sea por errores de fabricación o por desgaste. Lo importante es recordar que el instrumento que se use debe adecuarse a la variable que se va a medir.

Se debe considerar que algunas magnitudes medibles de los cuerpos, varían de un momento a otro principalmente por cambios de temperatura.

1.3.4. Relación entre el cuerpo humano y el equipo

El equipo es el conjunto de instrumentos o sistema de instrumentos utilizados en la medida de una o más características o fenómenos, más que la presentación de la información obtenida a partir de estas medidas de forma tal que las pueda leer e interpretar el hombre. El sistema hombre-instrumento completo debe incluir, además al ser humano en el que se realizan las medidas.

Los objetivos básicos de cualquier sistema de instrumentos se enmarcan por lo general, dentro de una de las siguientes categorías principales:

- **Adquisición de información:** la instrumentación se utiliza para medir fenómenos naturales y otras variables que ayuden al hombre en su búsqueda para conocerse a sí mismo y al universo donde vive. En esta situación puede que no se conozcan por adelantado las características de las medidas.
- **Diagnóstico:** las medidas se realizan para ayudar a la detección y si hay suerte, a la corrección de algo que funcione mal en el sistema en donde se mide. En algunas aplicaciones este tipo de instrumentación se puede clasificar como equipo de investigación de alternativas.
- **Evaluación:** las medidas se emplean para determinar la capacidad de un sistema de satisfacer las exigencias de funcionamiento impuestas. Estas pruebas se podrían clasificar como un test de funcionamiento o control de calidad.
- **Monitorización:** la instrumentación se utiliza para vigilar algún proceso u operación a fin de obtener periódicamente información del estado del sistema medido.
- **Control:** algunas veces la instrumentación se utiliza para controlar automáticamente el funcionamiento de un sistema, basándose en los cambios de uno o más de los parámetros o en la salida del instrumento.

La instrumentación se puede clasificar por lo general en dos grupos principales: clínica y de investigación. La instrumentación clínica está dedicada básicamente al diagnóstico, cuidado y tratamiento de los pacientes mientras que la instrumentación de investigación se utiliza principalmente en conocer algo nuevo acerca de los distintos sistemas que componen el organismo humano, aunque algunos instrumentos se pueden emplear en las dos áreas, los instrumentos clínicos están diseñados de forma que sean más robustos y más fáciles de utilizar.

El interés se centra en obtener un conjunto limitado de medidas fidedignas a partir de un numeroso grupo de pacientes y en proporcionar al médico información suficiente que le permita tomar decisiones clínicas. Por otro lado, la instrumentación de investigación normalmente es más compleja, más especializada y diseñada frecuentemente para obtener un mayor grado de precisión y resolución. Los instrumentos clínicos los maneja el médico o la enfermera, mientras que los de investigación los utilizan técnicos especializados debidamente entrenados.

1.3.4.1. Presión sanguínea

Sin la presión arterial la sangre no puede circular en nuestro organismo y sin la circulación sanguínea los órganos vitales no pueden recibir el oxígeno y nutrición que necesitan los tejidos para funcionar, es importante estar informado sobre la presión sanguínea y como mantenerla dentro de los límites normales.

La unidad estándar para la medición de la presión sanguínea se determina en milímetros de mercurio (mmhg), esto se debe a que el manómetro ha sido utilizado como referencia estándar en la medición a través de la historia de la fisiología.

La presión más alta que observamos en este ciclo es la presión sistólica, se produce por una concentración del corazón, la presión más baja es la presión diastólica, presión entre los latidos del corazón. Una presión sanguínea típica se puede expresar de la siguiente manera 120/180 mmhg en donde 120 es la presión sistólica y 180 es la presión diastólica.

Cuando la presión en el canal sanguíneo es de 50 mmhg, quiere decir que la fuerza ejercida es lo suficiente para empujar la columna de mercurio 50 mm de altura. Hay ocasiones donde la presión sanguínea es medida en centímetros de agua, podemos decir que una presión de 10 cm de agua significa una presión suficiente para elevar la columna de agua a una altura de 10 cm.

1.3.5. Mantenimiento preventivo

Es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones. El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

En el caso del mantenimiento, su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos: optimización de la disponibilidad del equipo productivo, disminución de los costos de mantenimiento, optimización del recurso humano y maximización de la vida de la máquina. El trabajo del departamento de mantenimiento está relacionado muy estrechamente con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador, teniendo la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo. Esto permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte, los riesgos en el área laboral.

El mantenimiento preventivo surge de la necesidad de disminuir el mantenimiento correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir las reparaciones mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados.

Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina con base en la experiencia y los historiales obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, incluyendo las acciones necesarias: engrases, cambio de correas, desmontaje, limpieza, etc.

1.3.6. Mantenimiento correctivo

Es el servicio que se lleva a cabo con el fin de corregir una falla en el equipo. Se subdivide en, no planificado y planificado:

- No planificado: el mantenimiento correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible, con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores. Debe efectuarse con urgencia ya sea por un fallo imprevisto a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer.

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que se interrumpen en cualquier momento, sin afectar la seguridad. Lo anterior, también es válido para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.

Tiene como inconvenientes, que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Otro inconveniente de este sistema, es que debe disponerse un capital importante inmovilizado invertido en piezas de repuesto dado que la adquisición de muchos elementos que pueden fallar, suele requerir una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo con la necesidad de contar con el bien en operación.

Por último, con referencia al personal que ejecuta el servicio, no quedan dudas que debe ser altamente calificado y sobredimensionado en cantidad, pues las fallas deben ser corregidas de inmediato. Generalmente se agrupa al personal en forma de cuadrillas.

- Planificado: se sabe con anticipación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, de los repuestos y documentos técnicos necesarios para realizarlo correctamente.

Al igual que el no planificado, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto. La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción. En general, se programa la detención del equipo, pero antes de hacerlo, se van acumulando tareas a realizar sobre el mismo y programando su ejecución en dicha oportunidad.

Lógicamente, se aprovecha para las paradas, horas de descanso, períodos de baja demanda, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

1.3.7. Mantenimiento pro-activo

El mantenimiento proactivo, es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no se debe permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se ven reducidos. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de mantenimiento proactivo.

Los límites aceptables, significan que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducen a una vida aceptable del componente en servicio.

El mantenimiento proactivo utiliza técnicas especializadas para monitorear la condición de los equipos basándose fundamentalmente en el análisis de aceite para establecer el control de los parámetros de la causa de falla. Establece una técnica de detección temprana, monitoreando el cambio en la tendencia de los parámetros considerados como causa de falla, tomando acciones que permitan al equipo regresar a las condiciones establecidas y desempeñarse adecuadamente por más tiempo.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL HOSPITAL

2.1. Personal actual

A continuación se presenta el personal actual con que cuenta el Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa, en el área de servicios médicos directos.

Tabla II. **Personal actual en el área de servicios médicos directos**

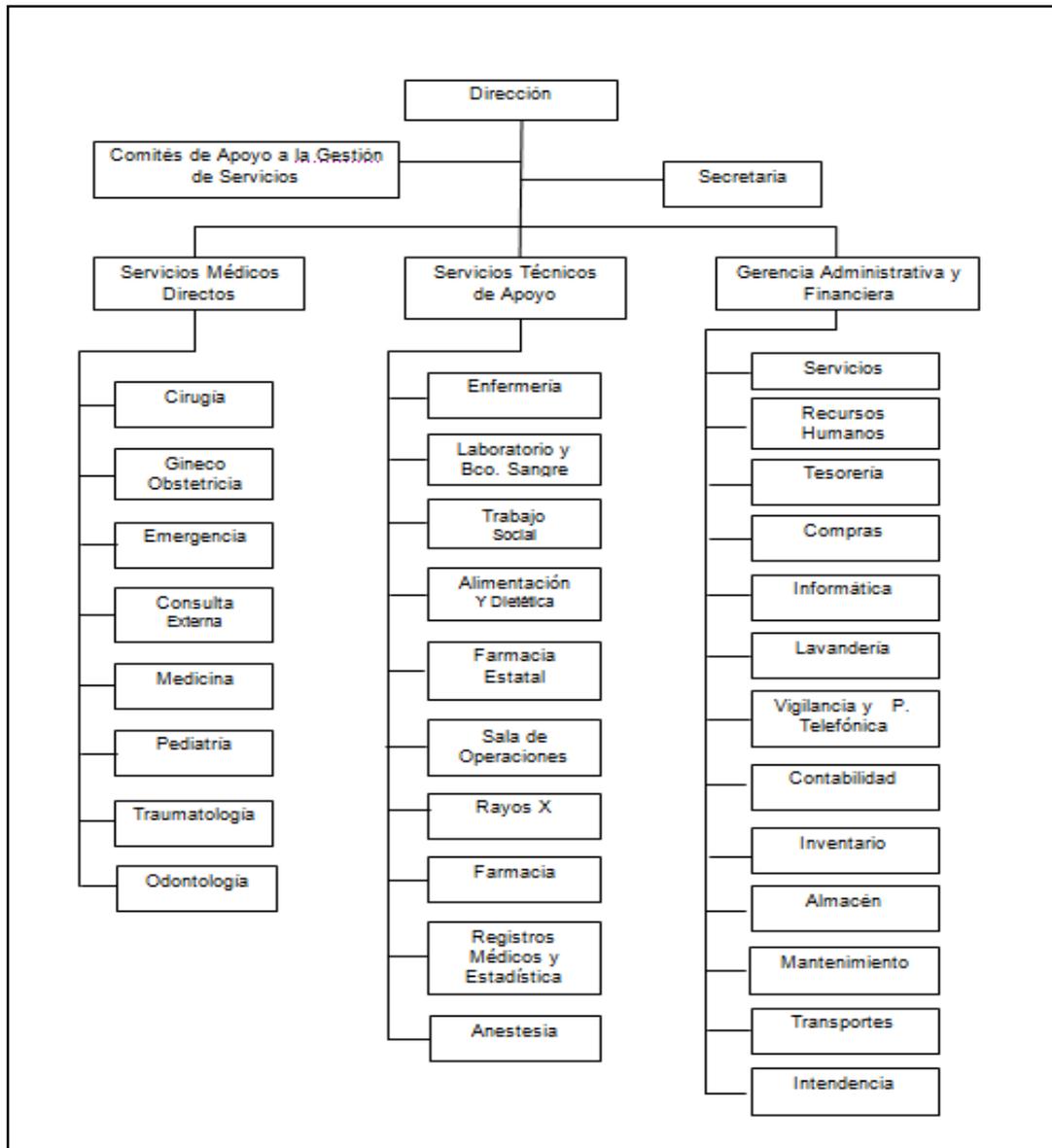
Cargo	Cantidad
Médicos	16
Enfermeras	8
Personal de oficina	6
Personal de limpieza	6
Policía Nacional Civil	2
Guardianes	2

Fuente: Hospital Nacional Nicolasa Cruz.

2.2. Organigrama jerárquico del Hospital

A continuación se presenta el organigrama del Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa, en el que se muestran los niveles jerárquicos, las líneas de autoridad y responsabilidad, los niveles formales de comunicación, y las relaciones que deben existir entre los diversos departamentos de la institución.

Figura 10. Organigrama del Hospital Nacional “Nicolasa Cruz” de Jalapa



Fuente: Hospital Nacional Nicolasa Cruz.

2.3. Servicios médicos directos

El área de servicios médicos directos cuenta con ocho sub-áreas dentro del hospital, las que se dedican al diagnóstico y el tratamiento a nivel general o en especialidades de enfermedades del cuerpo humano. Es un área importante dentro de esta institución, debido a que se tiene contacto directo con el paciente que llega demandando un servicio.

2.3.1. Cirugía

Es la rama de la medicina que se encarga de la curación de enfermedades, por medio de operaciones.

2.3.2. Gineco Obstetricia

Es la especialidad de la medicina dedicada al cuidado del sistema reproductor femenino y la obstetricia es la rama que cuida la gestación, el parto y el puerperio (período que abarca desde el parto hasta que la mujer vuelve al estado que tenía antes de la gestación).

2.3.3. Emergencia

Sala en donde se atienden los accidentes o sucesos que acontecen de una manera absolutamente imprevista.

2.3.4. Consulta externa

Es la atención regular de salud impartida por personal calificado a una persona no hospitalizada ni en el servicio de urgencias.

2.3.5. Medicina

Esta especialidad atiende los problemas de cualquier persona, sexo u otra condición, sin diferencia de edad y relacionados con la salud, sobre los que se resuelve, decide y aconseja lo más conveniente.

2.3.6. Pediatría

Es la rama de la medicina que se especializa en la salud y enfermedades de los niños. Especialidad médica que se centra en los pacientes desde el momento del nacimiento hasta la adolescencia, sin que exista un límite preciso que determine el final de su validez.

2.3.7. Traumatología

Se dedica a las lesiones traumáticas de la columna y las extremidades que afectan a los huesos, los ligamentos, las articulaciones, los músculos y los tendones.

2.3.8. Odontología

Especialidad médica que se dedica al estudio de los dientes, encías y al tratamiento de sus dolencias. Esta disciplina se encarga de todo lo referente al aparato estomatognático, formado por el conjunto de órganos y tejidos que se encuentran en la cavidad oral y parte del cráneo, la cara y el cuello.

2.4. Datos estadísticos

El control estadístico de pacientes y tiempos de servicio por día, se tomó con base en la observación realizada desde las 7:00 a.m., horario en el cual las consultas deben iniciar, hasta que finaliza que es cuando el sistema se queda sin pacientes.

El tiempo se tomó a partir del momento en que el paciente ingresa con el médico, hasta el instante que el paciente sale de la consulta. La observación se hizo desde un punto estratégico en donde es posible la visualización simultánea de varias estaciones. A continuación se detalla el control de pacientes y tiempos de servicio:

Tabla III. **Control estadístico de pacientes por día**

Especialidad	Fecha	Tasa media de llegadas de pacientes por día
Cirugía	23/09/2010	10
	27/09/2010	9
Gineco-Obstetricia	23/09/2010	18
	24/09/2010	20
Emergencia	25/09/2010 (Mañana)	8
	25/09/2010 (Tarde)	10
Consulta externa	28/09/2010	12
	29/09/2010	10
Medicina	28/09/2010	22
	29/09/2010	20
Pediatria	23/09/2010	11
	24/09/2010	14
Traumatología	28/09/2010	15
	28/09/2010	15
Odontología	30/09/2010	7
	01/10/2010	5

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Control estadístico de tiempos de servicio Cirugía**

Cirugía					
Fecha: 23 de septiembre de 2010			Fecha: 27 de septiembre de 2010		
Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)	Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)
08:23:50	08:26:45	00:02:55	08:20:42	08:37:26	00:16:44
08:27:34	08:37:28	00:09:54	08:37:36	08:48:58	00:11:22
08:37:33	09:04:07	00:26:34	08:50:01	08:57:11	00:07:10
09:06:20	09:19:53	00:13:33	08:58:10	09:14:23	00:16:13
09:21:40	09:28:32	00:06:52	09:15:17	09:23:35	00:08:18
09:28:40	09:33:32	00:04:52	09:23:50	09:36:20	00:12:30
09:35:09	09:41:35	00:06:26	09:37:00	09:47:47	00:10:47
09:42:04	09:46:52	00:04:48	09:48:20	09:59:53	00:11:33
09:48:00	10:05:23	00:17:23	10:01:55	10:16:20	00:14:25
10:05:25	10:12:26	00:07:01			

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Control estadístico de tiempos de servicio Gineco obstetricia**

Gineco-Obstetricia					
Fecha: 23 de septiembre de 2010			Fecha: 24 de septiembre de 2010		
Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)	Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)
08:24:10	08:42:43	00:18:33	08:06:58	08:13:20	00:06:22
08:43:53	08:53:25	00:09:32	08:13:36	08:18:17	00:04:41
08:54:48	08:59:15	00:04:27	08:18:41	08:25:24	00:06:43
09:09:49	09:17:05	00:07:16	08:25:26	08:28:20	00:02:54
09:19:01	09:31:28	00:12:27	08:32:41	08:38:26	00:05:45
09:34:20	09:44:43	00:10:23	08:38:44	08:45:12	00:06:28
09:44:54	09:52:28	00:07:34	08:45:25	08:56:16	00:10:51
09:52:33	10:02:33	00:10:00	08:57:07	09:00:24	00:03:17
10:03:14	10:11:50	00:08:36	09:00:56	09:03:36	00:02:40
10:12:13	10:22:09	00:09:56	09:03:41	09:07:20	00:03:39
10:23:46	10:26:28	00:02:42	09:07:31	09:11:21	00:03:50
10:37:19	10:41:10	00:03:51	09:15:39	09:24:41	00:09:02
10:41:38	10:50:25	00:08:47	09:27:45	09:32:56	00:05:11

Continuación tabla V

10:50:31	11:07:00	00:16:29	09:33:15	09:39:22	00:06:07
11:07:06	11:10:33	00:03:27	09:39:36	09:49:59	00:10:23
11:33:43	11:41:23	00:07:40	09:50:13	09:57:16	00:07:03
11:43:43	11:53:09	00:09:26	09:57:29	10:04:42	00:07:13
11:53:23	12:03:45	00:10:22	10:04:51	10:12:03	00:07:12
			10:12:13	10:20:39	00:08:26
			10:20:51	10:26:42	00:05:51

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Control estadístico de tiempos de servicio Emergencia**

Emergencia					
Fecha: 25 de septiembre de 2010 (Mañana)			Fecha: 25 de septiembre de 2010 (Tarde)		
Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)	Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)
08:10:10	08:42:43	00:32:33	13:03:45	13:22:03	00:18:18
08:43:53	09:05:25	00:21:32	13:24:34	13:43:45	00:19:11
09:06:04	09:39:15	00:33:11	14:03:03	14:13:05	00:10:02
09:40:19	10:07:05	00:26:46	14:14:14	14:35:06	00:20:52
10:09:00	10:24:04	00:15:04	14:35:23	14:55:23	00:20:00
10:25:00	11:00:09	00:35:09	15:02:04	15:12:01	00:09:57
11:01:00	11:25:30	00:24:30	15:13:04	15:24:14	00:11:10
11:26:46	11:59:01	00:32:15	15:30:00	16:04:20	00:34:20
			16:04:56	16:18:12	00:13:16
			16:19:00	16:49:56	00:30:56

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Control estadístico de tiempos de servicio Consulta Externa**

Consulta externa					
Fecha: 28 de septiembre de 2010			Fecha: 29 de septiembre de 2010		
Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)	Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)
08:26:16	08:38:25	00:12:09	08:10:12	08:17:13	00:07:01
08:38:30	08:48:15	00:09:45	08:17:24	08:25:50	00:08:26
08:48:23	09:00:12	00:11:49	08:25:55	08:35:26	00:09:31
09:01:02	09:07:48	00:06:46	08:35:50	08:47:17	00:11:27
09:07:50	09:20:15	00:12:25	08:47:24	08:55:07	00:07:43
09:20:29	09:27:00	00:06:31	08:56:00	09:05:35	00:09:35
09:27:43	09:37:58	00:10:15	09:05:56	09:10:55	00:04:59
09:38:04	09:56:12	00:18:08	09:10:59	09:16:52	00:05:53
09:56:36	10:05:16	00:08:40	09:17:30	09:29:45	00:12:15
10:06:23	10:13:18	00:06:55	09:33:10	09:42:14	00:09:04
10:13:24	10:29:34	00:16:10			
10:30:04	10:39:20	00:09:16			

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Control estadístico de tiempos de servicio Medicina**

Medicina					
Fecha: 28 de septiembre de 2010			Fecha: 29 de septiembre de 2010		
Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)	Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)
07:57:13	08:16:55	00:19:42	07:50:46	07:55:11	00:04:25
08:17:22	08:23:16	00:05:54	07:57:08	07:59:21	00:02:13
08:23:33	08:28:07	00:04:34	07:59:45	08:08:26	00:08:41
08:33:31	08:38:33	00:05:02	08:08:47	08:16:10	00:07:23
08:39:03	08:43:16	00:04:13	08:16:39	08:24:28	00:07:49
08:44:05	08:50:17	00:06:12	08:24:51	08:29:30	00:04:39
08:50:29	08:53:41	00:03:12	08:29:36	08:32:06	00:02:30
08:53:51	09:00:00	00:06:09	08:32:24	08:41:24	00:09:00

Continuación Tabla VIII

09:00:09	09:06:38	00:06:29	08:41:33	08:48:01	00:06:28
09:07:12	09:12:59	00:05:47	08:48:05	08:55:16	00:07:11
09:13:06	09:18:38	00:05:32	08:55:19	09:02:56	00:07:37
09:18:49	09:27:02	00:08:13	09:02:58	09:15:33	00:12:35
09:28:08	09:33:11	00:05:03	09:15:36	09:21:48	00:06:12
09:33:49	09:39:44	00:05:55	09:21:51	09:29:06	00:07:15
09:40:35	09:46:43	00:06:08	09:34:27	09:39:51	00:05:24
09:47:03	09:48:46	00:01:43	09:40:04	09:46:06	00:06:02
09:49:03	09:55:55	00:06:52	09:46:41	09:52:56	00:06:15
09:56:35	10:01:19	00:04:44	09:53:09	09:59:01	00:05:52
10:05:22	10:08:08	00:02:46	09:59:09	10:07:06	00:07:57
10:08:25	10:15:55	00:07:30	10:07:11	10:10:24	00:03:13
10:17:38	10:23:32	00:05:54			
10:23:47	10:30:03	00:06:16			

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Control estadístico de tiempos de servicio Odontología**

Odontología					
Fecha: 30 de septiembre de 2010			Fecha: 01 de octubre de 2010		
Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)	Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)
08:27:43	08:53:59	00:26:16	08:35:57	09:11:34	00:35:37
08:54:00	09:11:54	00:17:54	09:12:45	09:33:27	00:20:42
09:15:27	09:33:24	00:17:57	09:34:55	09:50:34	00:15:39
09:34:23	10:00:09	00:25:46	09:51:47	10:18:21	00:26:34
10:03:26	10:24:36	00:21:10	10:19:00	10:54:09	00:35:09
10:25:34	10:40:05	00:14:31			
10:40:10	10:58:55	00:18:45			

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Control estadístico de tiempos de servicio Pediatría**

Pediatría					
Fecha: 23 de septiembre de 2010			Fecha: 24 de septiembre de 2010		
Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)	Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)
08:37:48	08:42:15	00:04:27	07:54:01	07:57:01	00:03:00
08:42:21	08:45:51	00:03:30	07:57:08	08:03:36	00:06:28
08:45:55	08:50:01	00:04:06	08:03:44	08:08:16	00:04:32
08:50:07	08:53:25	00:03:18	08:08:21	08:11:11	00:02:50
08:53:31	08:57:45	00:04:14	08:11:16	08:15:27	00:04:11
08:57:51	09:05:26	00:07:35	08:15:39	08:18:16	00:02:37
09:05:30	09:08:47	00:03:17	08:18:33	08:25:36	00:07:03
09:09:20	09:12:35	00:03:15	08:25:41	08:28:20	00:02:39
09:12:39	09:19:00	00:06:21	08:28:36	08:29:30	00:00:54
09:31:18	09:36:07	00:04:49	08:29:39	08:34:05	00:04:26
09:36:14	09:42:33	00:06:19	08:34:08	08:38:12	00:04:04
			08:38:51	08:45:05	00:06:14
			08:46:44	08:49:16	00:02:32
			08:50:21	08:54:55	00:04:34

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Control estadístico de tiempos de servicio Traumatología**

Traumatología					
Fecha: 27 de septiembre de 2010			Fecha: 28 de septiembre de 2010		
Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)	Hora de entrada (Hr:Min:Seg)	Hora de salida (Hr:Min:Seg)	Tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)
10:14:53	10:25:37	00:10:44	08:40:46	08:43:05	00:02:19
10:26:06	10:33:29	00:07:23	08:43:16	08:44:52	00:01:36
10:34:53	10:38:43	00:03:50	08:45:23	08:47:24	00:02:01
10:39:30	10:44:28	00:04:58	08:49:41	08:53:16	00:03:35
10:44:33	10:47:47	00:03:14	08:53:41	08:55:16	00:01:35
10:47:58	10:52:06	00:04:08	08:55:21	08:57:30	00:02:09
10:53:29	10:59:33	00:06:04	08:57:36	08:58:34	00:00:58
11:00:44	11:05:33	00:04:49	08:58:36	08:59:37	00:01:01
11:06:00	11:10:19	00:04:19	08:59:41	09:00:36	00:00:55
11:11:02	11:15:36	00:04:34	09:00:41	09:03:36	00:02:55
11:16:06	11:20:38	00:04:32	09:03:39	09:05:56	00:02:17
11:21:06	11:31:43	00:10:37	09:07:20	09:08:42	00:01:22
11:39:29	11:41:42	00:02:13	09:09:07	09:12:56	00:03:49
11:42:04	11:52:58	00:10:54	09:12:59	09:14:57	00:01:58
11:53:02	11:59:29	00:06:27	09:15:00	09:19:21	00:04:21

Fuente: elaboración propia.

2.5. Tiempos de llegada y de servicio

- Tiempo de llegada: se estima sumando el número total de pacientes por día que se presentan al hospital a recibir el servicio de consulta, dividido dentro del número total de días en que se realizó la observación. A continuación se presentan los datos:

Tabla XII. **Tasa media de llegadas de pacientes por hora**

Especialidad	Total tasa media de llegadas por día	Horas de servicio	Tasa media de llegadas por hora (λ)
Cirugía	19	2.5	5
Gineco-Obstetricia	38	4.75	9
Emergencia	18	8	2
Consulta externa	22	3.58	6
Medicina	44	4.5	9
Pediatría	25	1.83	14
Traumatología	30	2.08	14
Odontología	12	6	2

Fuente: elaboración propia.

La tasa media de llegadas por hora, representada por " λ ", se obtiene dividiendo el total de la tasa media de llegadas por día, entre las horas de servicio en los días observados.

- Tiempo de servicio: se estima sumando el tiempo de servicio por día, dividido entre el número total de días en que se realizó la observación. A continuación se presentan los datos:

Tabla XIII. Tasa media de servicio por día

Especialidad	Fecha	Tiempo de servicio por día (Hr:Min:Seg)	Total tiempo de servicio (Hr:Min:Seg)	Tiempo promedio de servicio (Min:Seg)	Tasa media de servicio por día (μ)
Cirugía	23/09/2010	00:10:02	00:22:09	11:04	5
	27/09/2010	00:12:07			
Gineco-Obstetricia	23/09/2010	00:08:58	00:15:09	07:39	8
	24/09/2010	00:06:11			
Emergencia	25/09/2010 (Mañana)	00:27:38	00:58:34	29:17	2
	25/09/2010 (Tarde)	00:30:56			
Consulta externa	28/09/2010	00:10:44	00:19:19	09:40	6
	29/09/2010	00:08:35			
Medicina	28/09/2010	00:06:05	00:12:31	06:16	9
	29/09/2010	00:06:26			
Pediatria	23/09/2010	00:04:39	00:08:39	04:20	15
	24/09/2010	00:04:00			
Traumatología	28/09/2010	00:05:55	00:08:06	04:03	15
	28/09/2010	00:02:11			
Odontología	30/09/2010	00:20:20	00:47:04	23:32	2
	01/10/2010	00:26:44			

Fuente: elaboración propia.

La tasa media de servicio " μ " es igual a dividir el tiempo promedio de servicio entre 60 minutos que tiene una hora.

2.6. Análisis del sistema a través de la teoría de colas

A lo largo del tiempo se producen llegadas de pacientes a la cola de un sistema desde una determinada fuente demandando un servicio. Los servidores del sistema seleccionan miembros de la cola según una regla predefinida denominada disciplina de la cola. Cuando un paciente seleccionado termina de recibir su servicio (tras un tiempo de servicio) abandona el sistema, pudiendo o no unirse de nuevo a la fuente de llegadas.

Para analizar un sistema de colas, es primordial identificar las características importantes. Las siguientes características se aplican a los sistemas de colas:

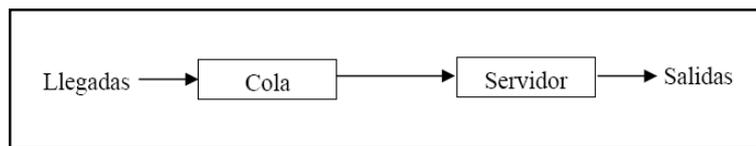
- Una población de pacientes, que es el conjunto de los pacientes posibles.
- Un proceso de llegada, que es la forma en que llegan los pacientes de esa población.
- Un proceso de colas, que está conformado por: a) la manera en que los pacientes esperan para ser atendidos y b) la disciplina de colas que es la forma en que son elegidos para proporcionarles el servicio.
- Un proceso de servicios, es la forma y la rapidez con la que es atendido el paciente.
- Proceso de salida que puede asumir cualquier de los siguientes tipos:
 - Los elementos abandonan completamente el sistema después de ser atendidos, lo que tiene como resultado un sistema de colas de un paso.
 - Los productos, procesados en una estación de trabajo, son trasladados a alguna otra parte para someterlos a otro tipo de proceso, lo que tiene como resultado una red de colas.

2.6.1. Estructura básica del sistema de colas a analizar

Según el sistema de colas, se tiene varios tipos las cuales son:

- Una línea, un servidor: este sistema puede describir una consulta de un médico en el sistema actual del Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa.

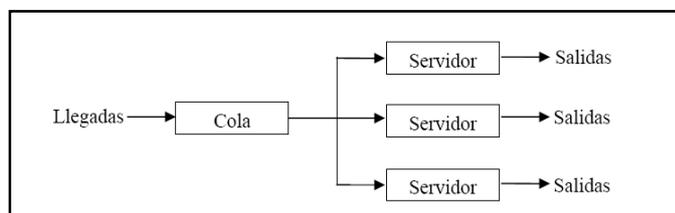
Figura 11. Una cola, un servidor



Fuente: elaboración propia.

- Una línea, múltiples servidores: el sistema es típico de un banco, peluquería o una panadería en donde los clientes toman un número al entrar y se les sirve cuando les llega el turno.

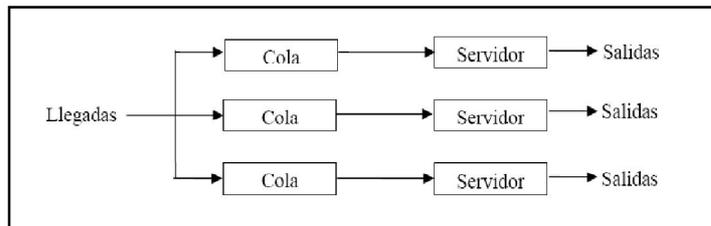
Figura 12. Una cola, múltiples servidores



Fuente: elaboración propia.

- Varias líneas, múltiples servidores: este sistema es clásico de tiendas de autoservicio y autobancos. Para este tipo de servicio pueden separarse los servidores y tratarlos como sistemas independientes de un servidor y una cola. Será válido, sólo si existen muy pocos intercambios entre las colas. Cuando el intercambio es sencillo y ocurre con frecuencia, como dentro del banco, la separación no es válida.

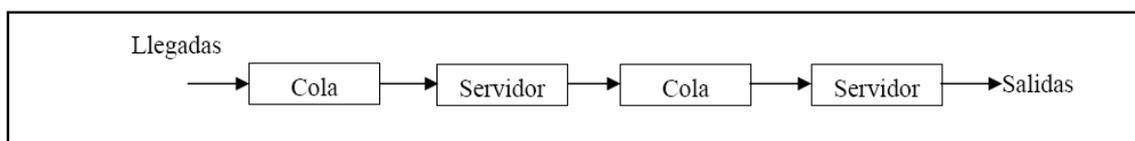
Figura 13. **Varias colas, múltiples servidores**



Fuente: elaboración propia.

- Una cola, servidores secuenciales: este sistema se da cuando los clientes primero son atendidos en una estación de trabajo y después son enviados a otra estación de trabajo antes de abandonar el sistema.

Figura 14. **Una cola, servidores secuenciales**

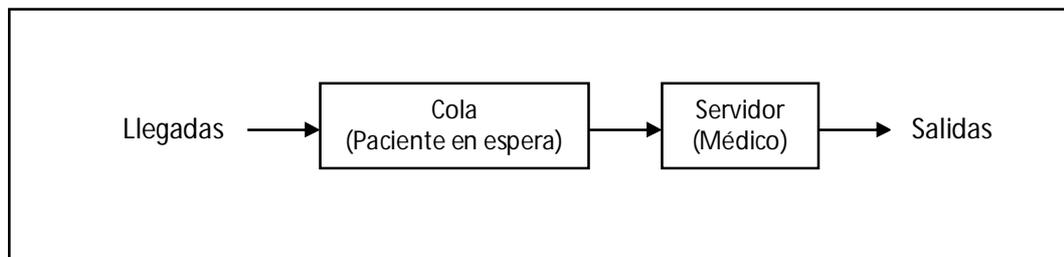


Fuente: elaboración propia.

2.6.1.1. Distribución

El sistema utilizado por los pacientes para ser atendidos en el hospital, es hacer una fila por cada especialidad, para ser atendidos por un servidor (médico). Por lo que éste es un sistema de colas de una línea con un servidor, estando el arreglo del sistema de la siguiente manera:

Figura 15. **Distribución del sistema de colas**



Fuente: elaboración propia.

El número de pacientes que pueden esperar para ser atendidos en la línea de espera es ilimitado, por lo que para cuestiones de análisis, las condiciones de espacio de espera se considera infinita.

2.6.1.2. El mecanismo de servicio

Cuando un paciente se presenta en el hospital con alguna molestia o malestar, lo debe hacer a las 7:00 a.m., debido que es la única hora que se entregan los números, los cuales sirven para ordenar la consulta. Teniendo los números se presentan ante la secretaria, la que anota quienes serán los atendidos y en qué especialidad, posteriormente se pasa a la estación de enfermería, en donde se toma la presión, se miden la estatura y peso.

Se espera para que comiencen los médicos con la consulta, sean atendidos en una única estación por especialidad, ingresando los pacientes de forma continua sin interrupciones que puedan detener el proceso de atención.

Los pacientes que poseen carnet llegan con una cita anticipada y son atendidos en los primeros lugares, luego ingresan los pacientes sin carnet. No todas las estaciones comienzan su atención al mismo tiempo.

El tiempo que al médico le toma atender al paciente es variable, esto es debido a que cada paciente requiere una cantidad distinta e incierta de tiempo de servicio.

El mecanismo de servicio del hospital queda de la siguiente forma:

Tabla XIV. **Mecanismo de servicio del hospital**

Situación	Llegadas	Cola	Mecanismo de servicio
Hospital	Pacientes	Personas enfermas	Médicos

Fuente: elaboración propia.

2.6.1.3. Fuente de entrada

La forma en que los pacientes llegan a solicitar el servicio al hospital tiene una representación probabilística, esto debido a que el tiempo entre llegadas sucesivas es incierto y variable.

Anteriormente se estableció que las llegadas al sistema ocurren de forma aleatoria, por lo que se define que el patrón estadístico mediante el cual se generan los pacientes es de acuerdo con un proceso de *Poisson*.

Otra característica a tomar en cuenta es el tamaño o el número total de pacientes que puede requerir un servicio en determinado momento. En este caso debido al tipo de servicio que se está estudiando, se hace la suposición normal de que el tamaño de la cola es infinito o ilimitada.

2.6.1.4. Disciplina de la cola

La forma en que se seleccionan los pacientes que esperan ser atendidos, es el orden en que van llegando al hospital a demandar el servicio de consulta, o sea, primer paciente en entrar, primer paciente en salir. Por lo que utilizan la forma de servicio conocida como PEPS (primero en entrar, primero en salir), esto dependiendo de las citas de pacientes que se tengan programadas para determinado día.

2.6.1.5. Modelo matemático que más se ajusta al sistema

Los tiempos de servicio que se dan en las diferentes consultas que presta el hospital tienen un comportamiento exponencial, esto porque el tiempo que el médico dedica a cada paciente es distinto e incierto. Esta característica del sistema se establece que el modelo de cola que se ajusta al sistema es el M/M/s.

Los modelos de cola M/M/s suponen que tienen una entrada que sigue un proceso de *Poisson* y tiempos de servicio exponenciales, características que se plasman en la atención de los pacientes.

2.6.1.6. Determinación de las horas en que hay mayor afluencia de pacientes

Conociendo el comportamiento estadístico de la llegada de los pacientes, se puede determinar, que la mayor afluencia se da a las 7:00 a.m., única hora en la que se dan números y todas las citas están programadas a la misma hora. Se exceptúa el servicio de emergencia, puesto que este es continuo.

2.6.1.7. Estimación del tiempo de espera más recomendado para los pacientes

Tomando en cuenta el tiempo que los pacientes emplean para su salud y que en muchos de los casos tienen labores que realizar al presentarse a requerir un servicio al hospital, además de consultas realizadas a varios de los médicos se llegó a establecer que el tiempo óptimo de espera recomendado para un paciente es de 25 minutos.

Con el fin de evaluar el desempeño del sistema, el tiempo de espera establecido (25 min.), se toma como base para determinar el número de médicos que son necesarios, principalmente al inicio de la jornada, que es cuando hay una mayor afluencia de pacientes.

2.6.2. Evaluación del desempeño de la línea de espera a través del modelo de cola M/M/s, en las horas de mayor afluencia de pacientes

El objetivo último de la teoría de colas consiste en responder cuestiones administrativas relacionadas con el diseño y la operación de un sistema de colas.

El gerente de un banco puede decidir si programa tres o cuatro cajeros durante la hora de almuerzo. En una estructura de producción, el administrador puede desear evaluar el impacto de la compra de una nueva máquina que pueda procesar los productos con más rapidez. Existen muchas medidas de rendimiento diferentes que se utilizan para evaluar un sistema de colas en estado estable.

Para diseñar y poner en operación un sistema de colas, por lo general, los administradores se preocupan por el nivel de servicio que recibe un cliente, así como el uso apropiado de las instalaciones de servicio de la empresa o institución. Algunas de las medidas que se utilizan para evaluar el rendimiento surgen de hacerse las siguientes preguntas:

Preguntas relacionadas con el tiempo, centradas en el cliente, como:

- ¿Cuál es el tiempo promedio que un cliente recién llegado tiene que esperar en la fila antes de ser atendido?. La medida de rendimiento asociada es el tiempo promedio de espera, representado con W_q .
- ¿Cuál es el tiempo que un cliente invierte en el sistema entero, incluyendo el tiempo de espera y el de servicio?. La medida de rendimiento asociada es el tiempo promedio en el sistema, denotado con "W".

Preguntas cuantitativas relacionadas con el número de clientes, como:

- En promedio ¿Cuántos clientes están esperando en la cola para ser atendidos?. La medida de rendimiento asociada es la longitud media de la cola representada con L_q .

- ¿Cuál es el número promedio de clientes en el sistema?. La medida de rendimiento asociada es el número medio en el sistema, representado con “L”.

Preguntas probables que implican tanto a los clientes como a los servidores, por ejemplo:

- ¿Cuál es la probabilidad de que un cliente tenga que esperar a ser atendido?. La medida de rendimiento asociada es la probabilidad de bloqueo, que se representa por P_w .
- En cualquier tiempo particular, ¿Cuál es la probabilidad de que un servidor esté ocupado?. La medida de rendimiento asociada es la utilización, denotada con “ ρ ”. Esta medida indica también la fracción de tiempo que un servidor está ocupado.
- ¿Cuál es la probabilidad de que existan “n” clientes en el sistema?. La medida de rendimiento asociada se obtiene calculando la probabilidad $P(0)$ de que no haya clientes en el sistema, la probabilidad $P(1)$ de que haya un cliente en el sistema y así sucesivamente. Esto tiene como resultado la distribución de probabilidad de estado, representado por P_n , $n=0,1,\dots$

2.6.2.1. Evaluación del desempeño relacionado con el tiempo, centrado en el paciente

La evaluación de las medidas de rendimiento en el horario de mayor afluencia de pacientes, relacionadas con el tiempo, se concentra en el paciente. Por lo tanto se calcula el tiempo promedio que un paciente tiene que esperar en la fila o sea el tiempo promedio de espera, que está representado por “ W_q ”.

Además, determina el tiempo promedio que un paciente invierte en el sistema entero, incluyendo el tiempo de espera y el de servicio o sea el tiempo promedio en el sistema, representado por “W”.

Conjuntamente para realizar el análisis, se toma la tasa media de llegadas por unidad de tiempo, representada por “ λ ”. Al mismo tiempo se utiliza la tasa media de servicio, representada por “ μ ”. Al aplicar las fórmulas para un servidor descrito en el subcapítulo 1.3.1.6, los resultados para cada especialidad quedan de la siguiente forma:

Tabla XV. **Resultados del desempeño actual relacionados con el tiempo, centrados en el paciente**

Especialidad	Tiempo promedio en el sistema (W) (Hr:Min:Seg)	Tiempo promedio de espera (Wq) (Hr:Min:Seg)
Cirugía	02:25:09	02:14:05
Gineco-Obstetricia	02:44:06	02:36:32
Emergencia	01:37:23	01:14:10
Consulta externa	02:17:48	02:08:08
Medicina	02:12:47	02:06:32
Pediatría	01:26:51	01:22:31
Traumatología	03:04:11	03:00:07
Odontología	01:57:36	01:34:04

Fuente: elaboración propia.

Observando los datos anteriores, se determina que el tiempo promedio de espera por paciente que se estipula (25 min.), es menor al que los pacientes deben esperar para ser atendidos.

De lo anterior se deduce que un médico o una estación no son suficientes, para un servicio eficiente como el que se tiene programado.

2.6.2.2. Evaluación del desempeño relacionado con el número de pacientes

Entre las medidas cuantitativas relacionadas con los pacientes, se considera, el número de pacientes que está esperando en la cola para ser atendido, en otras palabras, la longitud media esperada de la cola, la cual está representada por " L_q ". Además, se estima el número promedio de pacientes en el sistema, el cual está representado por " L ".

Para el cálculo, se toma como base la tasa media de llegadas por unidad de tiempo (λ pacientes/hora) y la tasa media de servicio por unidad de tiempo (μ pacientes/hora). Se utilizarán las fórmulas para 1 servidor ($s=1$), descritas en el subcapítulo 1.3.1.6, quedando los resultados de la siguiente manera:

Tabla XVI. **Resultados del desempeño actual relacionado con el número de pacientes**

Especialidad	Número promedio de pacientes esperando en el sistema (L)	Longitud media de pacientes esperando en la cola (Lq)
Cirugía	12	11
Gineco-Obstetricia	22	21
Emergencia	4	3
Consulta externa	14	13
Medicina	20	19
Pediatría	20	21
Traumatología	43	45
Odontología	4	3

Fuente: elaboración propia.

2.6.2.3. Probabilidades que implican tanto a los servidores como a los pacientes

En las medidas de rendimiento probabilísticas que implican a los servidores, se estima, cual es la probabilidad de que un servidor (Médico) esté ocupado, la cual está representada por “ p ”.

En lo que respecta a las medidas de rendimiento probabilísticas que involucran a los pacientes, se considera, cual es la probabilidad de que no haya pacientes en el sistema, lo que está expresado como P_0 . Además, se determina la probabilidad de que el tiempo de espera en la cola sea igual a cero, representado por $P\{W_q = 0\}$. Por último se estima, cual es la probabilidad de que el tiempo de espera en la cola sea mayor a 25 min. (5/12 hora), expresado por $P\{W_q > 5/12 \text{ h.}\}$

Para el cálculo de las medidas descritas en los dos párrafos anteriores, se utiliza como base: el número de servidores ($s=1$), la tasa media de llegadas (λ pacientes/hora), la tasa media de servicio (μ pacientes/hora) y las fórmulas para un servidor descritas en el subcapítulo 1.3.1.6. al aplicar las fórmulas, los resultados quedan de la siguiente forma:

Tabla XVII. Resultados del desempeño actual expresado en probabilidades

Especialidad	Probabilidad de que un servidor esté ocupado	Probabilidad de que no haya clientes en un servidor	Probabilidad de que el tiempo de espera sea igual a 0	Probabilidad de que el tiempo en el sistema sea mayor a 5/12 hr.
Cirugía	100%	0%	0%	100%
Gineco-Obstetricia	100%	0%	0%	100%
Emergencia	100%	0%	0%	100%
Consulta externa	100%	0%	0%	100%
Medicina	100%	0%	0%	100%
Pediatría	93.33%	6.67%	6.67%	65.92%
Traumatología	93.33%	6.67%	6.67%	65.92%
Odontología	100%	0%	0%	100%

Fuente: elaboración propia.

Interpretando los resultados podemos constatar que las probabilidades de que los médicos estén ocupados van desde 93.33% hasta el 100%, así mismo la probabilidad de que el paciente espere más de 25 min, va desde 65.92% hasta el 100%, lo cual indica que la probabilidad de que no hayan pacientes en consulta o que no existan colas, es demasiado baja lo cual constituye un 6.67%.

Estos resultados reflejan la falta de personal en el área de servicios médicos directos del hospital, ya que una estación para cada especialidad o servicio es insuficiente, debido a que el paciente debe esperar en promedio 2.5 horas para ser atendido, con lo que crece el riesgo de pérdidas de vidas humanas y la proliferación de enfermedades virales que puedan ser transmitidas en las salas de espera de emergencia y consulta externa.

3. PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO

3.1. Evaluación de alternativas

Formuladas las alternativas de solución que corresponden al problema, se procede a la elección de una de ellas, con base en la evaluación comparativa y tomando en cuenta las ventajas y desventajas con respecto a los criterios de decisión, esto conlleva a la selección de los mejores perfiles que hagan cumplir los objetivos planteados.

El objetivo básico de todo estudio de un proyecto es evaluarlo, calificarlo y compararlo con otros proyectos de acuerdo con una determinada escala de valores a fin de establecer un orden de ejecución. Esta tarea exige precisar lo que en la definición se llama “ventajas y desventajas” de la asignación de recursos. En otras palabras se debe establecer cuáles son los patrones de comparación que se van a utilizar y como se podrían medir.

Es evidente que se trata en todo caso de señalar el máximo de las ventajas y el mínimo de las desventajas, pero éstas resultan cualitativa y cuantitativamente distintas, según el criterio de evaluación que se elija. El problema teórico es establecer cuál es el criterio de evaluación que se debe utilizar para establecer una prioridad, lo que no ha sido aún resuelto en definitiva.

- Factores cuantitativos y cualitativos: es probable que al comparar planes alternativos para el cumplimiento de un objetivo, se piense exclusivamente en factores cuantitativos. Estos factores son los que pueden medirse en términos numéricos, como el tiempo o los diversos costos fijos y de operación.

La importancia de este tipo de análisis es incuestionable, pero el éxito de un proyecto puede correr peligro si se ignoran los factores cualitativos o intangibles que son aquellos difíciles de medir numéricamente, como la calidad de las relaciones laborales, el riesgo del cambio tecnológico o el estado de las condiciones políticas internacionales.

Para poder evaluar y comparar los factores intangibles de un problema de planeación con el propósito de tomar decisiones, los administradores deben comenzar por la identificación de esos factores, para determinar después la posibilidad de adjudicarles una medida cuantitativa razonable. En caso contrario, deben analizarlos tanto como sea posible, para clasificarlos quizá en orden de importancia, comparar su probable influencia sobre los resultados con la de los factores cuantitativos y arribar finalmente a una decisión. Se puede ocurrir que en esta decisión se concediera un peso predominante a un factor intangible.

- Selección de una alternativa: en la selección entre alternativas, se deben considerar los siguientes términos:
 - Maximizar: tomar la mejor decisión posible.
 - Satisfacer: elegir la opción que sea mínimamente aceptable satisfaciendo de esta forma una meta u objetivo buscado.
 - Optimizar: la que genere el mejor equilibrio posible entre distintas metas.

3.2. Análisis de medidas de desempeño con varios servidores, en las horas en que hay mayor afluencia de pacientes

Determinada la hora de mayor afluencia de pacientes en el subcapítulo 2.4.1.6. correspondiente al inicio de la consultas que es a las 7:00 a.m., se procede a calcular las medidas de desempeño con dos servidores ($s = 2$), se tiene la idea de que aumentando las estaciones se disminuye el tiempo de espera de cada paciente.

Para los cálculos que se presentan a continuación se toma como base la tasa media de llegada (λ), la tasa media de servicio (μ) y las fórmulas para 2 servidores ($s=2$), descritos en el subcapítulo 1.3.1.6.

Tabla XVIII. Resultados del desempeño con varios servidores

Especialidad	Probabilidad de que un servidor esté ocupado	Probabilidad de que no haya clientes en un servidor	Número esperado de clientes en el sistema	Longitud esperada de la cola
Cirugía	50.0%	33.3%	1.3333	0.3333
Gineco-Obstetricia	50.0%	33.3%	1.3333	0.3333
Emergencia	50.0%	33.3%	1.3333	0.3333
Consulta externa	50.0%	33.3%	1.3333	0.3333
Medicina	50.0%	33.3%	1.3333	0.3333
Pediatría	46.7%	36.4%	1.1932	0.2598
Traumatología	46.7%	36.4%	1.1932	0.2598
Odontología	50.0%	33.3%	1.3333	0.3333
Especialidad	Tiempo de espera en el sistema	Tiempo de espera en la cola	Probabilidad de que el tiempo de espera sea igual a 0	Probabilidad de que el tiempo en el sistema sea mayor a 5/12 hr.

Continuación Tabla XVIII

Cirugía	16 min.	4 min.	66%	0%
Gineco- Obstetricia	10 min.	3 min.	66%	0%
Emergencia	40 min.	10 min.	66%	0%
Consulta externa	14 min.	4 min.	66%	0%
Medicina	9 min.	2 min.	66%	0%
Pediatría	6 min.	2 min.	70%	0%
Traumatología	6 min.	2 min.	70%	0%
Odontología	40 min.	10 min.	66%	0%

Fuente: elaborado por Mario René Aguirre Vásquez

Con dos servidores se puede notar la notable mejoría en calidad y eficiencia de servicio, dado que se logró bajar hasta en un 89% el tiempo total en el sistema. Los resultados descritos en la tabla anterior nos dicen que, la probabilidad de que cada médico esté ocupado que es “p” es de aproximadamente 50% y la probabilidad de que no haya pacientes en un servidor “po”, es de 34%, el número promedio de pacientes esperando en el sistema “L” sería de 1.33 personas y el número promedio de pacientes esperando en la cola “Lq” 0.33 personas, el tiempo promedio de permanencia en el sistema “W” sería 10 minutos y el tiempo de servicio “Wq” es de 5 minutos, la probabilidad de que el tiempo de espera sea igual a cero “ $P\{Wq = 0\}$ ” es de 67% y el resultado que más interesa es que el paciente no esta arriba de 25 minutos en el sistema ya que la probabilidad de que esto ocurra es de 0%.

3.3. Propuesta del nivel óptimo de médicos, en las horas de mayor afluencia de pacientes

Observando los resultados presentados en la tabla del subcapítulo anterior, el número óptimo de médicos en horas de mayor afluencia es de dos servidores ($s=2$), para cada estación de servicio. Evaluando los resultados con dos servidores se puede observar que el tiempo de estadía es menor, al tiempo recomendado en el sistema que se sitúa en 25 minutos.

En la actualidad se cuenta con solo un servidor por estación y las citas son programadas a la misma hora, haciendo que la cola siempre se encuentre saturada, afectando únicamente al paciente.

3.4. Propuesta del ambiente interno adecuado

Esta propuesta gira en torno al ambiente higiénico y estéril con que debe contar el hospital, tanto en su entorno (salas de espera, encamamiento de pacientes y pasillos), como en el equipo médico que se utiliza. Para un ambiente adecuado los ajustes se deben hacer en una limpieza continua de los baños y salas de espera.

Se sabe que al hospital de esta localidad no solo vienen pacientes del área urbana, sino también del área rural, así como de la periferia de la ciudad, quienes solicitan un servicio de calidad, con una amabilidad y atención de primera, puesto que ellos ya han pagado por el servicio, con sus contribuciones en los impuestos.

Tanto las enfermeras, como los médicos y el personal administrativo, deben prestar una atención sin discriminación de ninguna índole, ya que la falta de esto causa un ambiente hostil y un estrés por parte de los pacientes.

No se puede asignar un mismo horario para todas las consultas ya que el área de consultas con el sistema actual no se da abasto, si los pacientes llegan a solicitar una consulta después de las 7:00 a.m. ya no se les atiende y ellos con la necesidad se dirigen al área de emergencias con lo que saturan la cola.

En muchas de las ocasiones los pacientes no llegan solos, llegan acompañados por sus familiares y número de asientos es insuficiente para todos los pacientes.

Cada estación de servicio debe contar con lo esencial para la atención de calidad que se necesita. Lo esencial en este caso es que tanto los médicos como las enfermeras cuenten con el equipo médico de diagnóstico con una buena calibración y un mantenimiento adecuado, además de los artículos médicos y los medicamentos necesarios.

Siendo un hospital y por lo mismo un lugar en donde se vela y cuida la salud y vida de los pacientes, no puede ser que no exista un ambiente higiénico y baños adecuados para satisfacer las necesidades fisiológicas de los pacientes y el personal. Los olores fétidos que se respiran en las salas de estar de emergencias y consultas, causan desagrado en todas las personas.

3.5. Mantenimiento del equipo de diagnóstico

Para un diagnóstico asertivo se necesita un buen equipo, con condiciones óptimas y con una rutina de mantenimiento acorde con el instrumento, para poder dar los resultados deseados, cuando menos sea el margen de error o este oscile en el rango que establece el fabricante, mejores resultados se tendrán, debido a que se trata de equipo médico.

3.5.1. Mantenimiento correctivo y preventivo

3.5.1.1. Esfigmomanómetros

Son instrumentos de uso muy generalizado en la atención a la salud, que sirven para medir la presión o tensión arterial de manera indirecta o no invasiva, comprime externamente a la arteria y a los tejidos adyacentes y se supone que la presión necesaria para ocluir la arteria, es igual a la que hay dentro de ella. Dicha presión o tensión arterial, es producida por el volumen de sangre contenida en los vasos sanguíneos.

Al colocar el brazalete del esfigmomanómetro en el brazo, muñeca o pierna de los pacientes, tiene en su interior una cámara de hule (manguito) inflable y se aplica una presión que impide el paso de la sangre, disminuyendo paulatinamente para que cuando la presión intraarterial sea mayor, genere un pequeño flujo de sangre.

Por razones físicas, ese flujo es de tipo turbulento y produce ruido. Esto es lo que escucha el médico por medio del estetoscopio. Al inflar el manguito del esfigmomanómetro, se genera una “presión externa”, que interrumpe el flujo de sangre en el brazo.

El brazalete está conectado a un manómetro, que puede ser de mercurio o bien del tipo llamado “aneroide”. El manguito del brazalete se infla con aire tomado directamente de la atmósfera que es impulsado por medio de una “pera insufladora”, que hace las veces de bomba.

El esfigmomanómetro está compuesto por una cámara o bolsa de insuflación por compresión incluida en una cubierta relativamente inelástica pero flexible denominada brazalete; por una perilla e insuflación con válvulas para inflar y desinflar la cámara de compresión; por un manómetro (para medir presión); y por una tubería (tubo de látex) que conecta el circuito. El manómetro puede ser de columna de mercurio, aneroide (sin líquido) o digital (electrónico).

Los esfigmomanómetros se pueden clasificar en:

- **Aneroide:** compara la presión interna del aneroide contra la presión de la atmósfera. Al inflar la manga se infla a la misma vez el aneroide, causando el movimiento de la aguja del medidor que está conectado al aneroide por medio de un engranaje tipo vector. La aguja marca el valor de presión a la que la manga fue inflada.
- **Mercurial:** compara la presión ejercida por cierta cantidad de mercurio contra la gravedad, la presión es aplicada a la manga y al reservorio. La fuerza del mercurio ejerce cierto peso hacia la tierra y con esto el mercurio hace subir la columna, dando un dato preciso.
- **Automático:** es aquel que solo con poner el brazalete en el brazo y presionar el botón va a establecer el valor de presión sistólica y diastólica. El brazalete tiene un micrófono y esta máquina escucha el sonido por medio de este micrófono. Dentro de la máquina hay una computadora que calcula el valor de la presión.

Mantenimiento correctivo: la mayoría de las fallas de los esfigmomanómetros se dan debido al continuo transporte y manipulación, los golpes y las caídas se dan con frecuencia. También se debe a que el mantenimiento no es apropiado y no se hace con una rutina adecuada, por eso algo queda mal. Las fallas mas frecuentes se presentan a continuación:

- Esfigmomanómetros mercuriales

- ✓ El mercurio no aparece en el tubo de vidrio: primero, compruebe que la llave que cierra el depósito de mercurio esté abierta; en seguida, infle y desinfe el manguito del brazalete, lo que indica el estado funcional de las válvulas unidireccionales (*“check”*). Exprima el tubo que conecta el manguito al depósito de mercurio; si sube un poco el mercurio, pero de inmediato baja eso sugiere que las válvulas *“check”* de la pera no funcionan.

En caso de que no aparezca mercurio al comprimir el tubo indica que el filtro de entrada al depósito está obstruido, o no hay mercurio. En el caso de que suba pero muy poco no obstante la compresión del tubo, indica que hay poco mercurio en el depósito. Revise el camino que sigue el aire (válvula de entrada de la pera, válvula de salida, manguito del brazalete y depósito de mercurio). Otra alteración puede consistir en que el mercurio no sube lo suficiente; si ya comprobó que hay suficiente mercurio, la posible causa de esto es que se tapó la comunicación con la atmósfera a través de la parte superior del tubo.

- ✓ El mercurio borbotea: el mercurio no es suficiente en cantidad. Llene el depósito hasta que el mercurio quede en su marca o nivel de cero.

- ✓ El mercurio sube pero luego baja por sí solo: esto se debe casi siempre a una fuga del aire, que puede estar en el manguito del brazalete, en los tubos o en la pera de insuflación.

Revise todo el recorrido que hace el aire; la pera con sus válvulas, el manguito del brazalete con su cámara de hule, las mangueras y el depósito de mercurio. Hay que tener particular cuidado de revisar los empaques de las uniones entre las diversas partes.

- ✓ El mercurio sale al exterior y se riega: esta falla se debe generalmente a que los empaques están defectuosos o mal ajustados. También puede deberse a que está dañado o despostillado el tubo de vidrio.
- ✓ El mercurio está opaco, mancha o se “pega” al tubo, no regresa rápidamente al depósito: este problema se debe a que el mercurio o el propio tubo están sucios. En este caso, siguiendo las precauciones que se detallan más adelante, proceda a vaciar el mercurio en un recipiente adecuado y fíltrelo a través de una tela que no desprenda pelusas. Si es necesario se debe lavar el mercurio con ácido clorhídrico diluido al 10% ó, ácido Nítrico al 2 % y agua. Debe aclararse que la disolución del ácido debe conseguirse ya preparada, para evitar accidentes al mezclar un ácido con agua, lo cual puede reaccionar en forma violenta salpicando la cara y los ojos.

- Esfigmomanómetros aneroides

Las fallas más comunes se deben a fugas de aire. Es necesario revisar las distintas partes, observando en particular las uniones entre ellas: la pera con sus válvulas, las mangueras, el manguito del brazalete y el manómetro (cápsula con el sistema de relojería). A este último, es poco lo que se le puede hacer, aparte de limpiarlo; si los pivotes de los engranes se llegan a desgastar lo mejor es cambiar todo el manómetro; si el tubo flexible o manguera está picado, pegajoso o estriado es necesario sustituirlo por uno nuevo.

Otra falla muy común que ocurre al estar insuflando aire, es que la aguja no gira para marcar la presión lo que puede deberse a tres causas:

- ✓ El soporte o espiral del piñón está roto
- ✓ El piñón se brincó y está corrida su carrera
- ✓ El diafragma se reventó

Se sugiere revisar el mecanismo, en caso de encontrarse dañado la mayoría de las veces es necesario cambiarlo por uno nuevo. Es posible que también encuentre que al tomar la presión, la aguja no regresa. En este caso, se sugiere quitar el bisel y la mica, quitar la aguja indicadora y ponerla en posición, ya que es posible que con el trabajo, se haya corrido la carrera del piñón.

- Mantenimiento preventivo: el Mantenimiento preventivo (MP) de cualquier equipo médico, existen cuatro pasos, de manera general:
 - ✓ Inspección visual: es realizada para determinar si existe algún problema que pueda ser detectado visualmente, como inspección de partes externas e internas del equipo, componentes sueltos, filtros sucios, mangueras avejentadas, perilla dañada, fugas de mercurio, rotura o cualquier otro problema que pueda causar un mal funcionamiento del equipo.
 - ✓ Limpieza: generalmente es necesaria después de la inspección visual. Este procedimiento debe especificar aquellos disolventes o agentes limpiadores que pueden ser usados en dicho equipo, para lo cual debe existir un procedimiento definido.
 - ✓ Pruebas de funcionamiento: garantizan la efectividad y calibración del instrumento, para asegurar que está operando apropiadamente, o debe llevarse a cabo un procedimiento de calibración.
 - ✓ Prueba de seguridad: eléctrica (no aplica para el caso de esfigmomanómetros aneroide y mercurial).
- Esfigmomanómetro mercurial
 - ✓ Inspección visual: la siguiente revisión se debe realizar por lo menos una vez cada mes llevando un registro de las fechas y del personal encargado de realizarlas.

Tabla XIX. **Inspección visual del esfigmomanómetro mercurial**

No.	Revisión	Acción correctiva
1	Sobre una mesa, y el sistema de inflado desconectado, el nivel de mercurio debe indicar cero en un instrumento estándar.	En caso de que indique un nivel mayor o menor, se debe retirar mercurio o añadir hasta que indique cero, agregando este elemento por la parte superior de la columna de vidrio. Con la vista a nivel, el menisco de mercurio estará alineado con la marca cero.
2	A continuación, el sistema de inflado se debe conectar, y el brazaete se ajusta alrededor de una botella, ésta debe ser de un material rígido y que evite que se colapse. Se cierra la válvula de flujo de aire e inflar el sistema hasta que el mercurio marque 240 mmHg. Después se abre lentamente la válvula hasta que el mercurio descienda a 200 mmHg. En este momento se debe cerrar la válvula y el mercurio debe mantenerse estable. Si el mercurio sigue descendiendo, es indicativo de una fuga en el sistema de aire.	Se vuelve a inflar el sistema hasta llegar a 200 mmHg. Se ocluyen las mangueras por partes hasta que se localice la fuga. Una vez identificada la fuga se procede a reemplazar la pieza defectuosa.
3	Con el equipo inflado a nivel alto (mayor a 200 mmHg), se debe revisar la tapa del mercurio para encontrar fugas.	En caso de haber fugas apretar la tapa. Si la fuga persiste o hay mercurio en la parte inferior del tubo, la pieza plástica que sirve de asiento para el mercurio en ambos lados del tubo, se debe reemplazar

Fuente: Secretaría de la Salud México. p. 12

Tabla XIX. **Limpieza del esfigmomanómetro mercurial**

Revisión	Acción correctiva
Durante la revisión la armazón en general está sucia.	Se puede limpiar con un trapo con alcohol isopropílico y posteriormente con espuma para limpiar equipo de cómputo.
Las llantas (en caso de tenerlas) no ruedan.	Con una pinza tipo mosco, quitar todos los objetos atorados en las llantas tales como hilos y cabellos.
Con el tiempo el mercurio se ensucia y una capa de óxido se deposita en el interior del tubo de vidrio	Sobre una charola o pequeño contenedor, se debe inclinar el equipo sobre su costado, de tal forma que todo el mercurio se deposite en el reservorio y no se vea mercurio en el tubo de vidrio.
	Después de esto, se debe remover el tubo para ser lavado por dentro con un cepillo para lavar tubos de ensayo.
	Se procede a colocar el tubo nuevamente y revisar el nivel cero una vez más.

Fuente: Secretaría de la Salud México. p. 13

- Esfigmomanómetro aneroide

Tabla XX. **Inspección visual del esfigmomanómetro aneroide**

No.	Revisión	Acción correctiva
1	Con el esfigmomanómetro sobre una mesa, y el sistema de inflado desconectado, la aguja debe marcar cero.	En caso de que indique un nivel mayor o menor, se debe verificar la existencia de un tornillo de ajuste para fijar el punto cero, de no existir dicho tornillo, el método a seguir es muy sencillo, deberá quitar la cubierta transparente de protección del frente del equipo y cuidadosamente sacando la aguja indicadora, se deberá recolocar en la posición correcta. La aguja se puede sacar generalmente usando sin necesidad de herramienta adicional.
2	A continuación, el sistema de inflado se debe conectar, y el brazalete se ajusta alrededor de una botella, con las características ya definidas. Se cierra la válvula de flujo de aire e inflar el sistema hasta una marca de 240 mmHg. Después se abre lentamente la válvula hasta que la aguja descienda a 200 mmHg. En este momento se cierra la válvula y la aguja debe mantenerse estable. Si la aguja sigue descendiendo, es indicativo de una fuga en el sistema de aire.	Se vuelve a inflar el sistema hasta llegar a 200 mmHg. Se incluyen las mangueras por partes hasta que se localice la fuga. Una vez identificada la fuga se procede a reemplazar la pieza defectuosa, que por lo regular es la cámara del brazalete.

Fuente: Secretaría de la Salud México. p. 14

- Limpieza

La limpieza de este tipo de esfigmomanómetro es sencilla pues es únicamente superficial, pudiéndose realizar con espuma limpiadora para la limpieza externa de un equipo de cómputo.

3.5.1.2. Estetoscopios

El estetoscopio es un dispositivo acústico que amplifica los ruidos corporales para lograr su mejor percepción y por lo tanto la integración de diversos signos, los cuales nacen principalmente en el corazón, los pulmones y el abdomen y forman parte de la semiología de la Medicina General y de las diversas especialidades. En algunos lugares se le conoce con el nombre de fonendoscopio.

- Mantenimiento correctivo: la mayor parte de fallas que presentan los estetoscopios se deben a descuido o maltrato. Estos aparatos se caen y se golpean con mucha frecuencia dado que son portátiles y de uso repetido. Generalmente no vale la pena reparar una cápsula deformada o rota, siendo lo mejor, cambiarla. El diafragma sí es posible repararlo. Para quitarlo es necesario desenroscar el bisel que lo detiene en su sitio. Debe tener cierta precaución debido a que la rosca es fina y relativamente delicada; fácilmente se puede dañar.

En algunos modelos el bisel solo se introduce a presión. Un técnico hábil puede sustituir el diafragma usando diferentes materiales, principalmente acetatos de los usados en las placas de rayos X, en fotografía o para proyección; pero lo más seguro, es la sustitución por un diafragma original.

El diafragma debe tener la elasticidad adecuada para resonar con los movimientos ondulatorios que se quiere escuchar.

Las mangueras o tubos de hule también se llegan a dañar, principalmente por el continuo movimiento al que están sujetas. Se dañan, principalmente en las cercanías de sus puntos de unión con los conectores de metal que tienen en sus extremos. Se sabe que una manguera ya no garantiza el buen funcionamiento, cuando se notan en ella pequeñas grietas, visibles principalmente cuando la manguera se dobla o cuando ya no es flexible.

- Mantenimiento preventivo: las membranas del estetoscopio y las olivas deben mantenerse en condiciones higiénicas para garantizar una acústica adecuada y evitar el riesgo de transmisión de infecciones, tanto al paciente como al usuario. Para lograr esto se recomienda el uso de alcohol isopropílico (70%), hipoclorito de sodio (5,25%) y el cloruro de Benzalconio (1:285). Estas deben ser resistentes a los productos usados para la asepsia.

Es muy importante considerar que al optar por la adquisición de un dispositivo de este tipo, se debe evaluar no sólo su costo, diseño, materiales de fabricación sino la aplicación que se le dará. No pudiendo ser el mismo estetoscopio, el que se utilice en una consulta de medicina general que en una de alta especialidad. El material de fabricación, de los tubos auditivos y de las piezas corporales, resulta de gran importancia en la determinación de la calidad en la percepción de los sonidos.

Se sugiere como estetoscopios de calidad aceptable los de acero inoxidable y como de calidad superior los de bronce cromado, mismo material del que están fabricados los instrumentos musicales por ser un material de excelentes características acústicas y los de titanio que es un material muy resistente.

Con cualquier otro material de calidad inferior al acero inoxidable (aluminio, latón cromado) no se puede garantizar la calidad de la audición en los ruidos corporales que se perciban y mucho menos la seguridad en el diagnóstico que se pueda conformar. Para la toma de la presión arterial en conjunto con un esfigmomanómetro, se recomienda el uso de estetoscopios sencillos.

Para poder integrar un diagnóstico confiable con base en los ruidos de alta y baja frecuencia que emite el organismo, se debe contar con estetoscopios de doble cabeza, es decir, con campana y diafragma liso.

3.5.1.3. Estuches de diagnóstico

Un estuche de diagnóstico está compuesto por una serie de instrumentos, sirven de ayuda al médico, de modo que éste pueda hacer un diagnóstico completo al paciente. Los estuches de diagnóstico pueden tener muchas partes y de diferente complejidad según su costo. Actualmente es posible que un médico general en el primer nivel de atención, no necesite un oftalmoscopio, que es un aparato especial y relativamente caro, en cambio un otorrinolaringólogo puede ser que necesite más aditamentos de los que generalmente vienen en esos estuches.

- **Mantenimiento correctivo:** en lo que se refiere al mantenimiento correctivo, éste se centra principalmente en el mango y en el sistema de iluminación, desde luego, hay que cambiar las baterías cuando se agotan y los focos cuando se funden. Esto lo puede hacer el propio usuario o bien el técnico de mantenimiento. Recordemos que como cualquier aparato eléctrico las pilas no se deben dejar agotadas en el interior del aparato, porque con el tiempo la caja de zinc se corroe y la pasta que tiene adentro las pilas se sale, dañando y corroyendo todo a su alrededor. Nuevamente la diversidad de marcas y modelos hace que tengamos diversos tipos de focos y de sistema de fijación.

Los problemas son básicamente los mismos que tiene una linterna común y corriente. Los contactos de las pilas, de los focos y del interruptor se sulfatan causando falsos contactos. Este tipo de mantenimiento es fundamental en lugares con alto grado de humedad ambiente y temperaturas elevadas, más aún a nivel del mar.

Por lo que se refiere al reóstato, éste puede ser de dos tipos, de carbón o de alambre. Una especie de pequeño brazo o contacto eléctrico recorre en toda su longitud la cinta de carbón o el enrollado de alambre, generalmente el problema consiste en que en ciertos puntos o zonas el desgaste impide hacer un buen contacto. Si el reóstato es de alambre y el desgaste es muy grande se debe cambiar por uno nuevo.

En el caso de que sea de carbón, muchas veces se puede reparar pasando la punta de un lápiz sobre la cinta de carbón, a fin de depositar el grafito del lápiz sobre las partes dañadas.

- Mantenimiento preventivo: el mantenimiento preventivo de los estuches de diagnóstico lo debe llevar a cabo el propio usuario y consiste básicamente en la limpieza cada una de las partes.

Se debe tener cuidado en la limpieza de las partes debido a que muchas veces se utiliza líquidos corrosivos que pueden dañar el equipo.

El procedimiento para la limpieza de contactos es el siguiente:

- Quitar la tapa del mango que cubre las pilas girando un poco en sentido contrario a las manecillas del reloj y tirando de ella;
- Retire las pilas;
- Con un desarmador proceda a aflojar o retirar los dos tornillos que sujetan la traba, la cabeza del mango o sea la parte del mango en la que va el reóstato, saldrá libremente, separándose del cuerpo de dicho mango. Esto es un ejemplo ya que cada modelo tiene sistemas diferentes de sujetarlo por lo cual el técnico tiene que analizar el mango que va a componer;
- Los contactos están ahora a la vista, proceda a limpiarlos con lija de agua y limpiador de contactos;
- Arme nuevamente el sistema, para colocar nuevamente los tornillos, debe utilizarse un desarmador adecuado.

El procedimiento para la limpieza de reóstato es el siguiente:

- Quitar la tapa del mango;
- Retirar las pilas.;
- Aflojar y retirar los dos tornillos que sujetan la traba principal;
- Quitar los otros dos tornillos y separar la parte metálica. Sacar después la parte de plástico y el reóstato quedará a la vista;

- Identificar el tipo de reóstato y limpiarlo en la forma indicada anteriormente;
- Armar nuevamente el sistema como se indicó anteriormente.

3.6. Calibración de los esfigmomanómetros

Las tareas de calibración deben comenzar una vez que se haya efectuado la inspección, la limpieza y el ajuste correspondiente. Los componentes deben estar en buen estado de funcionamiento.

La calibración tiene por objeto garantizar que el esfigmomanómetro realice la medición para la cual está construido y que dicha medición sea precisa y confiable.

3.6.1. Operaciones principales de la calibración

- Ensamblar el patrón de calibración al esfigmomanómetro a calibrar. Para esta operación hay que disponer de un esfigmomanómetro patrón; preferiblemente de mercurio, de una “Y” plástica o metálica y el respectivo esfigmomanómetro a calibrar. El patrón debe tener la misma escala del esfigmomanómetro a calibrar o de lo contrario debe hacerse la conversión.
- Poner a funcionar el sistema, insuflando aire con la pera lentamente hasta el nivel 260 mm Hg. Si el esfigmomanómetro está bien calibrado deben coincidir las dos escalas. Además es importante observar si las dos columnas de mercurio ascienden a la misma velocidad y llegan a la vez hasta el nivel máximo escogido, se acepta un margen de una unidad en el tubo.

- Si la lectura en la escala B sobrepasa el nivel de la lectura de la escala A, hay que extraer mercurio del depósito del esfigmomanómetro utilizando una jeringa, se repite esta operación hasta lograr niveles de lectura iguales. Si la lectura del esfigmomanómetro a calibrar está por debajo del nivel de lectura indicado en el esfigmomanómetro patrón es necesario agregar mercurio en el esfigmomanómetro a calibrar.

Luego se repite la operación hasta lograr niveles de lectura coincidentes. En cualquier situación deben tomarse mínimo tres lecturas en diferentes valores de la escala. Observando la coincidencia en ambas escalas y que no existan fugas de aire en el sistema.

- Se debe retirar el patrón de calibrar y ensamblar el esfigmomanómetro calibrado. Una vez cerciorado de que no hay fugas y que el esfigmomanómetro está debidamente calibrado, se procede a retirar las mangueras de la “Y”, se guarda el patrón y se instala el brazalete respectivo.

3.6.1.1. Exactitud del esfigmomanómetro de mercurio

- Pruebas de funcionamiento:

La prueba inicial para verificar la exactitud, es comprobar que la presión no disminuye ni un milímetro en 10 segundos. Esto se mide elevando la presión del esfigmomanómetro mercurial a 250 mmHg y de manera escalonada descender hasta llegar a 50 mmHg y al suspender completamente la presión no debe quedar mercurio visible en el tubo. Posteriormente se procede a calibrar los aparatos.

Siempre se debe comparar la lectura del aparato problema con un manómetro mercurial patrón o con un calibrador de presión electrónico. Esta comparación debe efectuarse observando el desplazamiento del mercurio en ambas columnas simultáneamente, tanto del manómetro patrón como del esfigmomanómetro bajo prueba, ascendiendo la columna a niveles hasta de 260 ó 300 mmHg, según el modelo.

La simultaneidad se logra conectando por medio de un tubo en “Y”, los dos manómetros a un solo brazalete o una cámara de presión especial. Debe disminuirse lentamente la presión hasta lograr que la columna de mercurio baje a razón de 2 mm/seg. Se hacen lecturas y mediciones simultáneas en múltiples niveles de la escala con el propósito de hacer una comprobación completa. No deben existir diferencias entre uno y otros mayores de 3 mmHg, en caso contrario, el esfigmomanómetro debe volver a revisarse.

Es también causa de rechazo la existencia de movimientos anormales de la columna de mercurio tales como: detención, descenso irregular o acelerado. El desplazamiento del mercurio debe ser uniforme y regular. No debe haber impurezas en la columna mercurial que dificulten su lectura correcta.

3.6.1.2. Exactitud del esfigmomanómetro aneroide

La prueba de exactitud debe efectuarse en comparación simultánea con un manómetro de mercurio patrón o con el calibrador electrónico de presión. Deben efectuarse un número de tres calibraciones al esfigmomanómetro en prueba.

El esfigmomanómetro mercurial patrón y el aneroide que se pretende probar deben estar interconectados con un tubo “Y”, usando la misma fuente de inflado y cámara de presión como se mencionó antes. Las calibraciones deben ser hechas sin “golpes de presión”, es decir, aumentos bruscos de presión. Se debe aumentar la presión al máximo en forma suave sostenida y dejar que disminuya también en forma constante. Debe observarse cuidadosamente el ascenso y descenso del mercurio, debe ser “uniforme” sin brincos o detenciones. La presión debe disminuir a razón de 2 mm/s de manera que las condiciones de calibración “reproduzcan” la situación de uso.

La primera calibración debe efectuarse después de un lapso de 24 horas desde la última aplicación de presión al instrumento, es decir esperar el tiempo indicado después de usar el esfigmomanómetro. El medidor deberá mantenerse en posición vertical. Las lecturas deben ser tomadas con una presión descendente, partiendo del punto máximo de la escala y llegar a cero tomando notas de las lecturas a intervalos de 30 mm. El indicador del instrumento debe señalar cada división y las lecturas de presión de manómetro calibrado y del instrumento bajo prueba deben registrarse.

La segunda calibración no debe hacerse antes de 6 horas después de haber realizado la primera y se realizará de la misma manera, excepto que el manómetro aneroide deberá inclinarse un ángulo de 45° de la vertical hacia atrás.

La primera calibración es una prueba del instrumento bajo condiciones en las que es utilizado pocas veces al día con intervalos de descanso. La segunda calibración toma en consideración el hecho de que el medidor se encuentra indicando periódicamente, cómo y cuándo se coloca el brazo del paciente.

El error en cualquiera de las pruebas y en cualquier punto no debe exceder de 3 mm. Antes de aplicar presión o cambiar la posición del medidor debe asegurarse que el indicador se mantenga en cero. El movimiento del indicador (aguja) debe ser uniforme y no tener movimientos irregulares cuando la presión varía uniformemente. Antes de aplicar una presión el indicador deberá regresar al punto previamente ocupado.

Movimientos excesivos e irregulares del indicador deben ser considerados una causa para rechazar el instrumento y volver a revisarlo.

3.6.1.3. El patrón de calibración

Es un esfigmomanómetro completo sin brazalete que debe conservarse en el taller. El nivel de mercurio debe coincidir con el cero de la escala del tubo. Además, ha sido calibrado con otros esfigmomanómetros que se tiene la certeza están correctos, este esfigmomanómetro patrón debe estar bien protegido.

3.6.1.4. Calibrador de presión electrónico

Es un aparato electrónico que consta de dos etapas, una de transducción de presión a señal eléctrica, constituida por un transductor de presión y un amplificador de instrumentación. El “transductor” es un dispositivo que produce una señal eléctrica directamente proporcional a la presión, en este caso de aire que se genera en el manguito del brazalete y los tubos de conexión correspondientes).

La segunda etapa consta de un convertidor analógico a digital, con una pantalla de cristal líquido en donde es representada la presión en mmHg. El “convertidor analógico a digital” es un circuito electrónico que convierte las señales variables, o sea “analógicas”, que vienen del transductor, en números, o sea “dígitos”, que el circuito representa en la pantalla.

El manejo del calibrador de presión es sencillo ya que solamente tiene un interruptor de encendido y una conexión para acoplarlo al equipo con el cual se quiera comparar.

El calibrador de presión puede utilizarse como patrón para verificar el funcionamiento de esfigmomanómetros aneroides y de columna de mercurio. La prueba se realiza simultáneamente, interconectando el calibrador de presión con el esfigmomanómetro a verificar por medio de un tubo “Y” con el mismo sistema en el cual por la inflada (pera insufladora) se genera una presión en el manguito del brazalete la cual debe ser de 250 o 300 mmHg según sea el caso.

Después se empieza a disminuir lentamente en múltiples niveles de la escala con el propósito de hacer una comparación. No deben existir diferencias entre ambos equipos mayores de 3 mmHg, de acuerdo con la norma de control de calidad para esfigmomanómetros.

3.6.2. El mercurio

Es un metal pesado plateado que a temperatura ambiente es un líquido inodoro. Conduce el calor, pero en menor grado que otros metales, aunque no es mal conductor de la electricidad. Forma aleaciones fácilmente con muchos otros metales como el oro o la plata produciendo amalgamas, salvo con el hierro.

Es insoluble en agua y soluble en ácido nítrico. Cuando aumenta su temperatura produce vapores tóxicos y corrosivos, más pesados que el aire. La transformación biológica del mercurio metálico lo convierte en mercurio orgánico (metilmercurio), sustancia tóxica que genera daños a la salud humana. Es dañino por inhalación, ingestión y contacto. Producto muy irritante para la piel, ojos y vías respiratorias.

- Toxicidad del mercurio: el vapor de este metal irrita los ojos, las membranas mucosas y el tracto respiratorio superior. Puede causar reacciones alérgicas y disturbios del sistema nervioso.
- Problemas provocados por el mercurio
 - Inhalación: esta es la principal ruta de entrada al organismo de mercurio elemental, ya que vaporiza a temperatura ambiente y es absorbido por los pulmones. De aquí, es rápidamente absorbido y distribuido por la sangre.
 - Aproximadamente 1 % del metal absorbido se almacena en el cerebro del mamífero, en donde puede permanecer por mucho tiempo, el resto se transporta al hígado y los riñones en donde es secretado a través de la bilis y la orina. La inhalación de una concentración alta causa edema pulmonar agudo y neumonitis intersticial, puede ser fatal o generar tos persistente. Otros efectos son: salivación, dolor abdominal, dolor en el pecho, náusea, vómito y diarrea.

Se ha observado que en conejos expuestos a una concentración de 28,8 mg/m³ por 4 horas sufren daños severos en el cerebro, el hígado, los riñones, el corazón y el colon.

- Los síntomas de daños crónicos son: cambios en el comportamiento como depresión e irritabilidad, temblores y pérdida de apetito y peso.
- Los cambios de comportamiento son más marcados en trabajadores expuestos a niveles arriba de 0.05mg/m³, mientras que los temblores se presentan a esta concentración y menores. Una vez que la exposición se evita, los signos de daño neurológico pueden presentarse de vez en cuando, pero en la mayoría de los casos aumentan con el tiempo. También pueden pelarse las manos y pies en exposiciones crónicas sin embargo, esto es menos común.
- Contacto con ojos: los irrita.
- Contacto con la piel: el mercurio se absorbe a través de la piel (en cantidades mínimas) causando los síntomas ya mencionados. Se ha informado de dermatitis por contacto y sensibilidad a este metal en estudiantes de odontología. En estudios con voluntarios se observó que la velocidad de entrada de los vapores de mercurio a través de la piel fue de 2,2 % de aquella absorbida por los pulmones, por lo que el peligro por absorción por la piel es mínimo.
- Ingestión: en estudios con ratas solo se observó una pequeña cantidad de metal absorbido después de la ingestión.

- Carcinogenicidad: a pesar de que se le asoció a problemas de glioblastomas, en estudios recientes se han tenido resultados negativos en cuanto a la carcinogenicidad del mercurio en humanos y animales de laboratorio.
- Mutagenicidad: se han observado resultados positivos de compuestos inorgánicos y orgánicos de mercurio en estudios con *Drosophilla melanogaster*. En cuanto a humanos, se han reportado resultados positivos y negativos de aberración cromosomal, por lo que no es claro el efecto de este producto.
- Peligros reproductivos: se ha observado que el mercurio traspasa la placenta, en estudios con monos expuestos a vapores del metal. También se han reportado, en mujeres ocupacionalmente expuestas al mercurio, complicaciones en el embarazo, en el parto, bebés de bajo peso, disturbios en la menstruación, abortos espontáneos y en el caso de incidencia, malformaciones en el feto. En ratas se han encontrado, además defectos en el cráneo de fetos provenientes de madres expuestas de manera crónica a vapores de mercurio.

También los compuestos órgano-mercurados han provocado efectos embriotóxicos y teratogénicos.

3.6.2.1. Lavado de mercurio

Procedimiento

- Vaciar el mercurio en un recipiente de vidrio grueso;
- Agregar agua limpia y revolverla con el mercurio;

- Secar el agua con un trapo o papel absorbente que no suelte pelusa;
- Volver a agregar agua y un poco de jabón líquido. Revolver varias veces agitándolo (con un abre lenguas de madera);
- Volver a secar;
- Vaciar agua que cubra todo el mercurio y agregar poco a poco ácido clorhídrico diluido al 10% o solución de ácido nítrico al 2%;
- Agregar la solución de ácido, calculando que el volumen adicionado corresponda al 10-20% de la cantidad de mercurio que se está lavando;
- Revolver varias veces;
- Enjuagar el mercurio con agua varias veces, cuidando que no se derrame el mercurio;
- Secar con la franela o papel absorbente, quitando el exceso de agua hasta que solo quede el mercurio en un vaso de precipitado;
- Colocar una malla (no metálica) y a través de ella, con una jeringa, traspasar el mercurio a fin de quitar la pelusa que pudo haber soltado la franela durante el proceso de secado;
- Vaciar el mercurio en un frasco limpio y seco (de boca ancha y con tapón esmerilado para que no se impregnen impurezas del medio ambiente y evitar la evaporación del mercurio);
- Cuidar que la temperatura del mercurio no pase de 25 °C para evitar la formación de gases o (vapores) peligrosos;
- Limpiar perfectamente el depósito, el tubo de vidrio y la escala.
- Volver a armar asegurándose de que los empaques queden perfectamente ajustados;
- Volver a cargar el recipiente con el mercurio, vigilando que el menisco de mercurio esté en cero;
- Asegurarse de que al colocar el tubo, coincida con la escala en cero.

3.6.3. Riesgos y precauciones

El mercurio es un metal pesado altamente tóxico que es volátil a la temperatura ambiente; por lo tanto plantea un peligro significativo de inhalación o contacto con la piel. La exposición aguda al mercurio puede causar irritación en la piel y de la membrana mucosa, neumonitis intersticial, bronquitis, y bronquiolitis. La exposición crónica, que es más común, produce los síntomas que incluyen la inflamación de las encías, salivación excesiva, temblores musculares y desórdenes mentales.

El reemplazo de los esfigmomanómetros de mercurio como prioridad no es algo rentable o justificado si hay procedimientos adecuados para manejar el mercurio.

Sin embargo se recomienda la eliminación programada de los esfigmomanómetros de mercurio para reducir el riesgo de la exposición del mercurio. El cuarto usado para la calibración y la reparación de los esfigmomanómetros de mercurio debe estar bien ventilado y reservado para la tarea exclusiva de manejar el mercurio; el tráfico dentro del área debe ser limitado.

No se debe permitir fumar, comer o beber en este cuarto. El piso no debe ser alfombrado y el banco de trabajo debe estar equipado con canales para recoger derrames eventuales de mercurio. El personal se debe quitar toda la joyería, especialmente la que contenga oro o la joyería oro-plateada (el mercurio se combina fácilmente con el oro) y se debe usar un respirador de vapor de mercurio y guantes desechables.

En áreas de alto uso, los trabajadores deben usar delantales y cubre zapatos desechables para reducir al máximo la contaminación de la piel y de la ropa, no hacer esto puede aumentar la exposición del trabajador, así como llevar el mercurio a otras áreas de cuidado de la salud.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Aspectos generales de implementación

La implementación, representa el momento crucial para traducir en forma tangible las propuestas y recomendaciones en acciones específicas, lo que conlleva a la aceptación o el rechazo del estudio hecho por parte de los beneficiarios o de la misma organización.

Dentro de la implementación hay pasos que son de suma importancia para llegar al éxito en lo propuesto, los cuales son:

- Programa
- Integración de recursos
- Ejecución del programa
- Acciones de apoyo al programa

Estos cuatro puntos se describen en los siguientes pasos.

4.1.1. Programa

Los pasos contenidos en el programa de implementación, llevan una serie de operaciones ordenadas, para hacer un proceso eficiente y eficaz, el cual tendrá como un único objetivo, la solución del problema planteado, la satisfacción de los usuarios y una pronta mejoría en el servicio prestado.

Como primer paso, la calendarización de las propuestas y el cumplimiento de objetivos, se debe hacer de manera que se cumplan las fechas como está planificado, delegando en la administración el cumplimiento y control del programa.

Como segundo paso se deben implementar las medidas para la solución de los problemas, con fundamento en el estudio realizado. En el tercer paso se proponen los recursos necesarios para la implementación, entre los que se encuentra el personal necesario para el cumplimiento de las labores.

Habiendo organizado todo lo anterior, se debe elegir un método de implementación, el cual debe ser elegido proyectando hacia el futuro sin obviar las necesidades presentes. A continuación se presentan algunos métodos que sirven de herramienta y orientación para la pronta solución de los problemas.

- Métodos de implementación
 - Método instantáneo: generalmente es el más utilizado, ya que la decisión de preparar el estudio, en la mayoría de los casos proviene de los más altos niveles de la estructura de una organización, les confiere una naturaleza o validez casi obligatoria. También se adopta cuando la organización es nueva, se involucra a un número amplio de unidades administrativas si es relativamente sencillo, si no implica un gran volumen de funciones, sistemas u operaciones o si en la organización existe una sólida infraestructura administrativa.
 - Método del proyecto piloto: esta forma de implementación implica aplicar el contenido del estudio en sólo una parte de la organización, con la finalidad de medir los resultados que ello genera.

- Tiene la ventaja de que permite realizar cambios en una escala reducida, realizando cuantas pruebas sean necesarias para determinar la viabilidad de la propuesta.
- Una probable desventaja de este método es que no siempre es posible asegurar que es válido para una parte del todo, lo es para las partes restantes, por lo que, en ocasiones se destinan recursos y una atención especial que no puede ampliarse a toda la organización.
- Método de implementación en paralelo: cuando se trata de estudios de amplia cobertura, que implican el manejo de mucha información o de carácter estratégico, un volumen considerable de recursos o para garantizar la seguridad de todo un sistema de trabajo, se emplea este método que implica la operación simultánea, por un periodo determinado, tanto del ambiente de trabajo o condiciones que se van a implementar. Esto permite efectuar cambios sin crear problemas, las nuevas condiciones accionan libremente antes de que se suspendan las anteriores.
- Método de implementación parcial o por aproximaciones sucesivas: este método, es de gran utilidad para implementar estudios que implican modificaciones sustanciales a la operativa normal. Consiste en seleccionar parte de su contenido o áreas específicas para introducir los cambios sin causar grandes alteraciones y dar el siguiente paso sólo cuando se haya consolidado el anterior, lo que permite un cambio gradual y controlado.
- Combinación de métodos: es el empleo de más de un método para implementar un estudio en función de los requerimientos técnicos de su contenido.

4.1.2. Integración de recursos

Capacitar al personal seleccionado el que tiene que colaborar con la ejecución y el control del programa. Así mismo los recursos a integrar son tanto humanos como de adecuación física de las instalaciones, porque hay que recalcar que en el área de consultas o de servicios médicos directos no se cuenta con un espacio apropiado para la implementación de la propuesta.

Con ello se documenta una normativa toda la implementación propuesta, ya que esto ayuda a la credibilidad del programa de mejoramiento en el servicio.

4.1.3. Ejecución del programa de implementación

Teniendo la planificación establecida anteriormente y seleccionado el método más viable de implementación del programa, conjuntamente con la integración de recursos, se procede a la ejecución, siguiendo la línea que se establece en el normativo así como la calendarización respectiva.

Para la implementación se debe tomar en cuenta a todo el personal del hospital que tenga contacto directo con el área afectada, en este caso el área de servicios médicos directos, para el conocimiento de lo que se hace y los cambios que conlleva el programa. Con ello se presenta al personal responsable tanto de planificación, control y ejecución del mismo.

4.1.4. Acciones de apoyo para la implementación

Para que el programa planteado tenga éxito en su ejecución y se obtengan los resultados requeridos se presentan a continuación acciones importantes a tomar en cuenta:

- Crear una filosofía de calidad en el servicio a prestar por el personal participante dentro del programa;
- Tomar en cuenta toda aquella queja, punto de vista, agradecimientos, sugerencias y aportaciones en general que el usuario realice, en este caso el paciente, tenga el servicio prestado, siempre guardando la imparcialidad del caso;
- Difundir las propuestas planteadas y tratar de que siempre exista un clima organizacional en todas las líneas de jerarquía;
- Hacer que desde la alta jerarquía, hasta los mandos intermedios y operacionales, busquen soluciones a cada puesto de trabajo, para coadyudar a un mejoramiento continuo;
- Hacer conciencia en las personas que se opongan al cambio o que pongan resistencia, haciendo ver que todo cambio se hace para un mejoramiento, en este caso a la calidad del servicio y de la salud;
- Calendarizar reuniones cada cierto tiempo para escuchar y hacer ver lo alcanzado y no alcanzado del programa;
- Hacer grupos de trabajo para delegar funciones y responsabilidades para que todos participen, con ello incrementar la confianza y colaboración del personal;
- Tener un monitoreo constante y supervisión del programa, para conocer la aceptación o el rechazo que está teniendo en los usuarios;

Para realizar exitosamente la implementación de un estudio y las medidas de cambio, se tiene que tomarse muy en cuenta que debe ser acompañado de cambios en la cultura administrativa, valores consuetudinarios, nivel de conciencia, actitudes, costumbres, hábitos y tradiciones, de manera que permita la asimilación de los nuevos patrones y modelos de organización, esto hace posible que el personal no sólo se adapte al cambio, sino que lo propicie y lo sostenga.

La atención que se ponga a estos aspectos puede contribuir en forma decisiva al éxito de la implementación, particularmente cuando las medidas de mejoramiento afectan sustancialmente a la organización

4.2. Establecimiento del horario en que tiene que laborar el nivel óptimo de médicos propuesto

Con fundamento en el estudio realizado en los capítulos anteriores, se propone una cantidad de 2 servidores en el horario de 7:00 a.m. a 9:00 a.m., con excepción del área de emergencias en esta estación se tiene una llegada constante de pacientes.

El horario propuesto obedece a que en ese horario es en el que mayor afluencia se tiene de pacientes, porque en su mayoría laboran o habitan en áreas periféricas a la ciudad o en áreas rurales, teniendo este único horario para atender las necesidades de salud.

4.3. Establecimiento del horario en que puede laborar un número menor de médicos a lo recomendado en las horas de mayor afluencia de pacientes

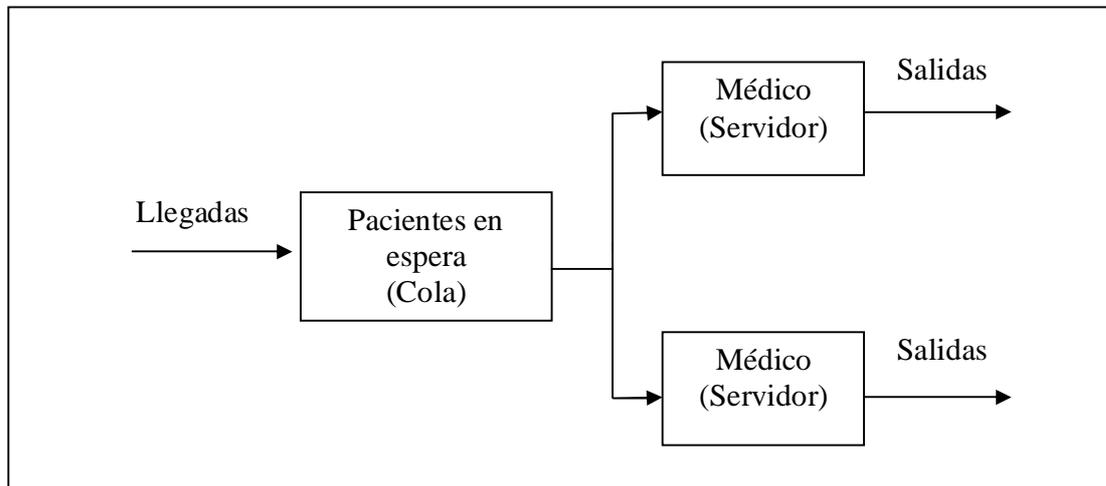
Proponiendo un número de dos servidores ($s=2$) en el horario de 7:00 a.m. a 9:00 a.m., sabiendo que en la mayoría de estaciones la atención se termina cuando la cola se queda en cero pacientes y dado que en promedio el horario de finalización es a las 12:00 p.m., se propone que las estaciones se queden con un servidor ($s=1$) para el horario de 9:00 a.m. a 12:00 p.m., o hasta que termine la llegada de pacientes.

Considerando que la mayor afluencia se da en el horario antes mencionado, después del desfogue de la cola, la llegada de los pacientes y la espera serán menores.

4.4. Redistribución del personal

Con la propuesta de dos servidores ($s=2$), la distribución de la cola se hace de la siguiente manera, tomando en cuenta que la eficiencia de cada médico para una misma especialidad tendrá una variación.

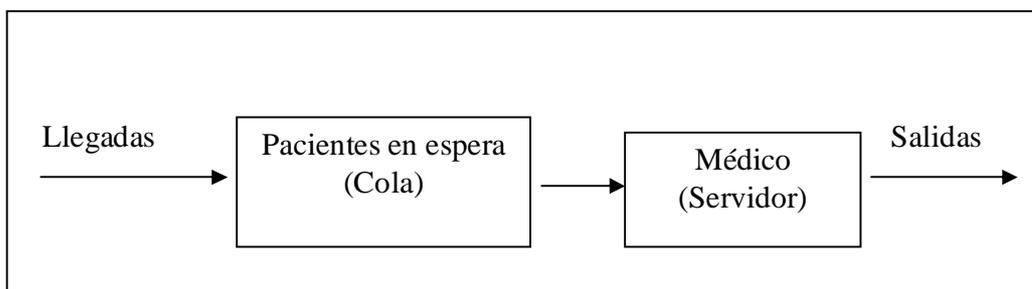
Figura 16. **Redistribución de la cola para el horario de 7:00 a 9:00 a.m.**



Fuente: elaboración propia.

Para las horas siguientes de consulta, la distribución queda de la manera actual, con una cola y un servidor, tomando en cuenta que es el horario de menor afluencia de pacientes, se tiene un número menor de pacientes en la cola.

Figura 17. **Redistribución de la cola para el horario de 9:00 a 12:00 p.m.**



Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

5.1. Pasos a seguir para determinar si es necesario realizar un ajuste al sistema de colas

Cuando desee saber si es necesaria la aplicación de un ajuste de colas, debido a la afluencia de pacientes en las colas de cualquier tipo de consulta o servicio que se preste dentro del hospital, por un lapso considerable de tiempo, se deben seguir las siguientes operaciones:

- Registrar el número de pacientes que llegan al sistema de colas ordenados por el tipo de servicio que buscan, esto dependiendo de la enfermedad o la consulta que necesitan, por el periodo de tiempo que se crea conveniente, el número de días que se considere pertinente.
- Calcular la media del número de pacientes que llega por día. Sumando el total de pacientes de cada día y dividiéndolo entre el número de días registrados.
- Calcular el tiempo de espera en la cola " W_q ", utilizando como base " s " igual al número de médicos que hay en el momento de realizar la evaluación, " μ " igual a la tasa media de servicio y " λ " igual a la tasa media de llegadas estimada en el paso anterior y las fórmulas descritas en el subcapítulo 1.3.1.6., usando las formulas $s = 1$ ó $s > 1$.
- Evaluar si el tiempo de espera en la cola, estimada en el paso anterior, es considerablemente mayor a 25 minutos (tiempo de espera recomendado).

Si la media es ampliamente mayor a 25 minutos, entonces es necesario estimar las medidas de rendimiento para un número de médicos mayor al actual, realizándolo de la forma que se expresa en el siguiente subcapítulo. De lo contrario, las condiciones del sistema siguen siendo buenas, no siendo necesario realizar las evaluaciones anteriormente descritas.

5.2. Pasos a seguir para estimar el respectivo ajuste

Si el tiempo de espera es mayor a 25 minutos se debe seguir el procedimiento que a continuación se presenta, para la determinación de si es viable o no el crecimiento del número de servidores.

- Calcular el tiempo de espera en la cola “ W_q ” para un número de médicos mayor al actual, tomando como base $s_{paso1} = s_{actual} + 1$, “ μ ” igual la tasa media de servicio calculada en el paso 3 del subcapítulo anterior, “ λ ” igual a la tasa media de llegadas por unidad de tiempo estimada en el paso 2 del subcapítulo anterior y las fórmulas para $s > 1$ descritas en el subcapítulo 1.3.1.6.
- Evaluar que el tiempo de espera en la cola “ W_q ” sea menor o igual a 25 minutos (tiempo de espera recomendado).
- Si el tiempo de espera en la cola “ W_q ” no es menor o igual a 25 minutos (tiempo de espera recomendado), entonces es necesario estimar “ W_q ” con un número mayor de médicos al estimado en el paso 1, sumándole un servidor a “ s ”, o sea $s = s_{paso1} + 1$. De lo contrario si “ W_q ” es menor o igual a 25 minutos, entonces ya no es necesario estimarlo nuevamente, debido a que con el número de médicos considerado en el paso 1, el sistema funcionaría adecuadamente.

5.3. Capacitación

Teniendo todas las herramientas en nuestras manos, se procede a una mejora continua en el servicio y esto se pretende con la capacitación del personal, con esto se persigue cambiar la cultura de servicio que se tiene actualmente, motivando al empleado del hospital a un trato igual y sin discriminación.

Guatemala es un país globalizado y competitivo, en donde la competencia ya no es solo a nivel privado, si no también público, la intención es encontrar una herramienta que permita a las instituciones gubernamentales un crecimiento constante, a través de su gente y del servicio prestado.

- Beneficios de capacitar:
 - La capacitación permite evitar la obsolescencia de los conocimientos del personal, lo que ocurre generalmente entre los empleados más antiguos si no han sido reentrenados.
 - También permite adaptarse a los rápidos cambios sociales, como la situación de las mujeres que trabajan, el aumento de la población con títulos universitarios, la mayor esperanza de vida, los continuos cambios en filosofías de servicios, el avance de la informática en todas las áreas y las crecientes y diversas demandas del mercado. Disminuye la tasa de rotación de personal y permite entrenar sustitutos que puedan ejercer nuevas funciones rápida y eficazmente.

- Las inversiones en capacitación redundan en beneficios tanto para la persona entrenada como para la empresa que la entrena.

- Donde aplicar la capacitación: los campos de aplicación de la capacitación son muchos, pero en general entran en una de las cuatro áreas siguientes:
 - Inducción: es la información que se brinda a los empleados recién ingresados. generalmente lo hacen los supervisores del ingresante. El departamento de Recursos Humanos establece por escrito las pautas, de modo que la acción sea uniforme y planificada.

 - Entrenamiento: se aplica al personal operativo. En general se da en el mismo puesto de trabajo. La capacitación se hace necesaria cuando hay novedades que afectan tareas o funciones, o cuando se hace necesario elevar el nivel general de conocimientos del personal operativo. Las instrucciones para cada puesto de trabajo deberían ser puestas por escrito.

 - Formación básica: se desarrolla en organizaciones de cierta envergadura; procura personal especialmente preparado, con un conocimiento general de toda la organización. Se ofrece en general a profesionales jóvenes, que reciben instrucción completa sobre la empresa y luego se les asignan sus funciones. Son los "oficiales" del futuro.

- Desarrollo de jefes: suele ser lo más difícil, porque se trata de desarrollar más bien actitudes que conocimientos y habilidades concretas. En todas las demás acciones de capacitación es necesario el compromiso de la gerencia. Aquí, es primordial el compromiso de la gerencia general y de los máximos niveles de la organización. El estilo gerencial de una empresa se logra no solo trabajando en común, sino sobre todo con reflexión común sobre los problemas de la gerencia.
Debe difundirse temas como la administración del tiempo, conducción de reuniones, análisis y toma de decisiones, y otros.

En cualquiera de los casos, se planificar adecuadamente tanto la secuencia como el contenido de las actividades, de modo que se obtenga un máximo alineamiento.

5.3.1. Mantenimiento del sistema en buenas condiciones de desempeño

Adaptando la filosofía de mejora continua a los servicios prestados en el área de servicios médicos directos, los aspectos a tomar en cuenta deben ser los siguientes según lo observado:

- Eficiencia y eficacia en todas las áreas: este punto es uno de los más importantes, porque a través de estos datos se hacen los cálculos para saber si los usuarios están satisfechos o no por el servicio que se presta, además de que se puede saber el rendimiento del mismo.

Para mantener continuamente un buen desempeño es preciso estar evaluando el sistema periódicamente, por lo menos una vez semestralmente, para así, de acuerdo con los resultados que se obtengan, realizar los respectivos ajustes, en lo que concierne al número de médicos necesarios para el sistema.

Es indispensable porque hay que tener en cuenta las posibilidades de crecimiento del número de pacientes que se presentan a consultas, la cantidad de médicos que debe haber en un sistema de colas está en función del número de pacientes por unidad de tiempo que se presentan a solicitar el servicio.

- Ambiente interno adecuado: el ambiente interno de las salas de espera es otro aspecto a considerar, principalmente en lo que respecta al mobiliario y limpieza, pues es imprescindible que los pacientes se sientan cómodos mientras esperan ser atendidos por los médicos. Para lograr esto, hay que tener una cantidad de mobiliario que sea congruente con la cantidad de pacientes que se presentan.
- Actitud de servicio al paciente de parte del personal (médicos, enfermeras, secretarías y todo el personal.): una actitud de servicio debe romper paradigmas burocráticos, puesto que por ser una institución de gobierno se debe atender con un servicio de calidad, esta actitud se logrará instituir con la capacitación y el desarrollo del programa de implementación. Aunque el servicio prestado sea cualitativo, con un monitoreo constante por parte de los responsables del programa de calidad en el servicio, se podrá medir, la relación personal- paciente debe tener la empatía necesaria, para la resolución y orientación inmediata al paciente.

- Equipo médico en buenas condiciones: para un diagnóstico confiable y con un margen de tolerancia menor o igual al especificado por el fabricante de cada instrumento, se debe contar con un mantenimiento y una calibración adecuada, así como cada sala y cada médico debe contar con la instrumentación necesaria para cumplir con sus labores.
- Mobiliario y equipo adecuado: cada clínica de consulta y toda el área de servicios médicos directos y todo el hospital, debe contar con el mobiliario y equipo adecuado, como por ejemplo, camillas, botiquines, archivos, computadoras, lo más importante medicamentos y un sistema de registro de pacientes altamente actualizado para satisfacer las necesidades de información.
- Orden y limpieza: la higiene y el orden que tengan tanto las salas de espera, como las clínicas, y todo el personal, serán de vital importancia para el éxito del programa, puesto que la higiene debe estar acorde con el lugar en donde se hace el estudio. Dado que en este caso es un hospital, se debe limpiar periódicamente, porque mientras los usuarios se mantienen en constante entrada y salida, ensucian las salas de espera y con ello crece la probabilidad de que los usuarios, los visitantes y el personal, sean contagiados por enfermedades virales, que se encuentran en constante movilidad dentro de las mismas.

Los aspectos descritos anteriormente deben ser tomados en cuenta de inmediato, ya que hay que recalcar que la salud debe ser higiene, así mismo no solo deben ser considerados mientras se implementan los cambios.

5.4. Mantenimiento del sistema y diagnóstico del equipo

Todo instrumento o pieza del equipo puede ser considerado como un sistema. La visualización de un sistema completo en un diagrama de bloque es una ayuda esencial para el diagnóstico del equipo.

El plan de mantenimiento adoptado para el diagnóstico del equipo, depende de varios factores, tales como:

- El tipo de sistema;
- Su localización y funcionamiento;
- Los niveles necesarios de fiabilidad y disponibilidad;
- El nivel de entrenamiento del equipo de especialistas en mantenimiento;
- La disponibilidad de piezas de repuesto.

5.5. Control de mantenimiento

El control de mantenimiento puede incluir en su programa detalles de calibración y acciones de mantenimiento preventivo. La calibración, efectuada frecuentemente en intervalos de 90 días en los instrumentos de medida, como los esfigmomanómetros, es realmente un tipo de mantenimiento preventivo, puesto que la misión del mantenimiento es comprobar primeramente el valor de algunos parámetros o características, de sus valores normalizados en las especificaciones y corregir así cualquier avería parcial que pueda haber ocasionado que la calidad de las mediciones del aparato haya estado fuera de los límites de tolerancia.

El mantenimiento preventivo es una sustitución de componentes de cierto equipo, que estén desgastados, por el uso, o por la vejez del mismo. La sustitución se lleva a cabo antes de que el componente falle realmente. Las averías de componentes que entran en período de desgaste o sujetos a continuos desgastes no son causales y pueden preverse.

Es muy difícil y poco probable predecir con exactitud el punto en el cual el componente entra en su período de desgaste o no resulta económico llevar a cabo un mantenimiento preventivo. Una desventaja más es que los disturbios originados durante una acción de mantenimiento preventivo pueden por sí mismo ser causa de fallos.

El mantenimiento correctivo o sustitución en caso de fallo es la acción de servicio que normalmente se requiere para la mayoría de los sistemas electrónicos, puesto que durante la vida útil del equipo, los fallos de las partes componentes del equipo serán enteramente casuales.

En este caso, no pueden predecirse las averías y no puede por tanto prevenirse por el equipo de prueba.

Haciendo comprobaciones rutinarias se lleva a cabo un control del mismo, dado que las averías son ocasionales y puede producirse una disminución de la confianza.

Las tres fases del mantenimiento correctivo son:

- Detección de la avería: la presencia de una avería debe especificarse anotando cuidadosamente los síntomas. Esto significa que deben realizarse pruebas funcionales, comprobando los resultados reales del sistema en relación con su especificación.

Solamente de esta forma se puede obtener una lista completa de los síntomas de la avería. En algunos casos un sistema puede ser considerado como averiado; pero de hecho, la avería puede haberse provocado por funcionamiento incorrecto, y en otros casos el fallo del sistema pudo determinarse con información incorrecta o con muy poca. Una prueba funcional hará posible la detección de la avería y ésta se debe presentar con tanta información como sea posible.

- Localización de la avería: el objetivo ahora es reducir la búsqueda de la causa de la avería, primero a un bloque dentro del sistema y finalmente a un elemento dentro del bloque. Este objetivo se simplifica por el uso de un método o mezcla de métodos de detección de fallas.
- Reparación de la avería: el componente averiado o parte averiada es reparado o reemplazado. Se debe llevar a cabo una prueba funcional de la totalidad del sistema después de la reparación.

5.6. Operación adecuada del equipo de diagnóstico

Cuando los instrumentos médicos son debidamente operados, la probabilidad de falla decrece de manera significativa. Esto desde luego es benéfico para todo aquel que esté involucrado; el encargado, operador, técnico y en el hospital todos comparten las ganancias igualmente.

Para que no ocurran problemas dentro de los equipos es necesaria la calendarización de los mantenimientos preventivos, para que el departamento de mantenimiento pueda hacer su trabajo, así mismo que las capacitaciones acerca de nuevas tecnologías o nuevos equipos que ingresen al hospital, sean impartidas de manera frecuente, especialmente para las nuevas contrataciones de personal, con lo que se evitarán los errores que los técnicos o el personal del departamento de mantenimiento pueda tener.

La capacitación es la parte más importante dentro del uso del equipo, tanto del usuario como del reparador. El establecimiento de procedimientos de mantenimiento será el mejor método que se puede establecer, los equipos son delicados y el uso que se les da es para la salud, puesto que los errores o el margen de tolerancia no debe ser amplio.

La documentación por parte del departamento debe ser elaborada con cuidado y siempre anotando toda aquella falla encontrada, para poder hacer rutinas de mantenimiento predictivo.

CONCLUSIONES

1. Analizando el sistema actual de colas del Hospital Nacional Nicolasa Cruz de Jalapa, se observaron las deficiencias que tiene dicha institución, en eficiencia y atención al paciente, quien busca una pronta solución a los problemas de salud que le aquejan. La probabilidad que los servidores estén ocupados es de 100% y el tiempo promedio que un paciente permanece en el sistema es de dos horas, el cual supera al tiempo recomendado que se sitúa en los 25 minutos.
2. Con el estudio, análisis e implementación del número de servidores que arroja el estudio de colas, se logra reducir sustancialmente las colas en los servidores que se mantienen más ocupados, teniendo suficientes servidores para los pacientes, no habrá problema para la atención, logrando con esto la satisfacción del usuario.
3. Realizada la investigación se tienen fundamentos para decir que es de carácter urgente poner en marcha el sistema de colas lo antes posible, para el total equilibrio del sistema actual.
4. Teniendo en cuenta los datos calculados, el nivel óptimo de estaciones se sitúan en dos servidores para cada estación. Estos datos ya pueden ser transferidos al Ministerio de Salud y Asistencia Social, para que los tome en cuenta y así subir el número de médicos y personal para lograr la eficiencia y eficacia que se quiere lograr, ya que la salud no es un juego.

5. Las carencias no sólo son en cuanto a rapidez al prestar el servicio o el número suficiente de personal para satisfacer las necesidades del hospital, también se dan en higiene, orden y atención.
6. Sabiendo las necesidades que tiene el Hospital se diseñó un sistema de dos servidores o más en todas las estaciones, con lo que se logra reducir el tiempo de espera y también el riesgo de que una persona muera por no ser atendida a tiempo.
7. No contando con el mantenimiento y calibración adecuada para el equipo de diagnóstico, se propuso la rutina y el procedimiento adecuado para que el diagnóstico sea asertivo y confiable.

RECOMENDACIONES

1. Tomar en cuenta diariamente los servicios que presta esta institución que es de vital importancia para la población en general, hacer periódicamente los análisis y estudios necesarios para siempre prestar un servicio de calidad.
2. Los sistemas de colas tienen que ser utilizados y estudiados por lo menos cada seis meses, para lograr un equilibrio total en el sistema. Así se verifica si hay más o menos servidores de los requeridos.
3. No descansar hasta lograr el equilibrio total en el sistema actual, puesto que la población necesita la salud.
4. Presionar al Ministerio de Salud y Asistencia Social, para que apruebe lo antes posible el presupuesto que se necesita para poner en marcha el programa.
5. Es necesaria la supervisión y el control constante del personal contratado por el hospital, para que cumplan sus obligaciones y que no se acomoden al puesto sólo porque es una institución pública.

6. Implementar una filosofía de competitividad y desarrollo institucional, para lograr todo lo propuesto. Aunque no exista otro hospital nacional en el departamento, si existen los hospitales privados, y todo personal ya sea nuevo o antiguo debe acatar la filosofía para lograr juntos los objetivos y metas propuestas.

7. Verificar constantemente las rutinas, normas, procedimientos y tecnologías, para coadyuvar a que los diagnósticos clínicos sean más confiables.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHICOJAY COLOMA, Carlos Alberto. *Elementos primarios para la medición y control de variables de procesos*. Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 70 p.
2. HILLER Frederick & LIBERMAN Gerald. *Introducción a la investigación de operaciones*. 6ª ed. México, McGraw Hill. 1996. 680 p.
3. KUMATE, Jesús. *Operaciones y mantenimiento de instrumentos de primer contacto*. México, Editorial Universidad de Sinaloa. 1992. 46 p.
4. PRAWDA WITTEBER, Juan. *Métodos y modelos de investigación de operaciones*. 2ª ed. Mexico, Limusa. 1998. 330 p.
5. Subsecretaria de Prevención y Promoción de la salud. Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades. *Manual de calibración y mantenimiento de esfigmomanómetros*. México: 2007. 35 p.
6. TAHA, Hamdy. *Investigación de operaciones: una introducción*. 2ª ed. México, Prentice Hall. 1998. 485 p.

