

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**SEMINARIO DE GRADUACIÓN**

**Para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial**

**PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA INTEGRADO DE  
PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA ELABORACIÓN DE  
ANÁLISIS CLÍNICOS EN EL LABORATORIO CLÍNICO**

**PUJOL**

**AUTOR**

Manuel Jesús Alcántara Vergara

**TUTOR**

Ing. Alejandro Leiva Gonzales

**DIRECTOR**

Ing. Óscar Díaz Alvarado

**San José, Costa Rica, agosto 2017**

## Índice general

1. Capítulo 1 - Introducción .....	1
1.1. Título del proyecto.....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. Hechos relevantes.....	3
1.3.2. Diagrama #1. Flujo de proceso análisis clínico.....	5
1.3.3. Gráfico #1. Demanda de análisis de los últimos 12 meses .....	7
1.3.4. Tabla #1. demanda de análisis clínicos .....	8
1.3.5. Problemática .....	9
1.3.6. Tabla 2. Análisis referidos de los últimos doce meses.....	10
1.3.7. Tabla 3. Costo mensual por análisis referido.....	11
1.4. Generalidades de la empresa .....	12
1.4.1. Reseña histórica .....	12
1.4.2. Misión de la empresa.....	12
1.4.3. Visión de la empresa.....	13
1.4.4. Localización geográfica del Laboratorio .....	14
1.4.4.1. Macro localización .....	14
1.4.4.2. Micro localización .....	15
1.4.5. Cantidad de empleados .....	16
1.4.6. Principales clientes.....	16
1.4.7. Competencia .....	16
1.4.8. Estructura organizacional Laboratorio Pujol.....	17
1.4.8.1. Gráfico 4. Organigrama Laboratorio Clínico Pujol .....	17
1.4.9. Mercado.....	18
1.5. Objetivos del proyecto.....	19
1.5.1. Objetivo general.....	19
1.5.2. Objetivos específicos .....	19
1.6. Misión del proyecto .....	20

1.6.1.	Visión del proyecto .....	20
1.7.	Alcances y limitaciones .....	20
1.7.1.	Alcances .....	20
1.7.2.	Limitaciones .....	20
1.8.	Estrategia para el logro de objetivos .....	21
1.8.1.	Diagrama 2. Estrategia para el logro de los objetivos específicos .....	21
1.8.2.	Etapas antes .....	22
1.8.3.	Etapas del durante.....	22
1.8.4.	Etapas del después .....	23
Capítulo II	.....	24
2.	Marco Teórico .....	25
2.1.	Áreas del laboratorio .....	25
2.1.1.	Sala de espera .....	25
2.1.2.	Recepción.....	25
2.1.3.	Sala de toma de muestras.....	25
2.1.4.	Área de trabajo .....	26
2.1.5.	Área de reactivos e insumos .....	26
2.1.6.	Área de empleados .....	26
2.2.	Antecedentes .....	26
2.3.	Cadena de suministros.....	28
2.4.	Cadena de Valor.....	28
2.5.	Capacidad real.....	29
2.6.	Capacidad teórica .....	29
2.7.	Clasificación A-B-C.....	29
2.8.	Definición del proceso de planificación y control de la producción .....	31
2.9.	Demanda.....	32
2.10.	Diagrama de causa y efecto .....	33
2.11.	Diagrama de flujo.....	33
2.12.	Diagrama de Pareto .....	33
2.13.	Estudio de tiempos .....	34

2.14.	Gestión de Inventarios.....	35
2.15.	Inflación .....	36
2.16.	Lote económico de compra .....	36
2.17.	Oferta .....	38
2.18.	Orígenes del MRP.....	38
2.19.	Plan maestro de producción (PMP) .....	39
2.20.	Planeación de requerimientos de materiales (MRP) .....	40
2.21.	Pronósticos.....	41
2.21.1.	Patrones de demanda .....	42
2.21.2.	Métodos de pronósticos .....	43
2.21.2.1.	Métodos cuantitativos .....	43
2.22.	Registro de inventarios .....	47
2.23.	Sistemas de control de inventario .....	48
2.24.	Tasa de Descuento .....	49
2.25.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	49
2.26.	Tipos de demanda.....	49
2.27.	Tipos de inventario. ....	50
2.28.	Valor Actual Neto (VAN) .....	50
Capítulo III.....		51
3.	Marco Metodológico .....	52
3.1.	Investigación .....	52
3.1.1.	Tipo de investigación .....	52
3.2.	Naturaleza de la investigación .....	52
3.3.	Sujetos y fuentes de información .....	53
3.3.1.	Primarias .....	53
3.3.2.	Secundarias.....	54
3.4.	Técnicas e instrumentos para recolectar información .....	54
3.4.1.	Cuantitativas .....	54
3.4.2.	Instrumentos.....	55
Capítulo IV.....		56

4.	Diagnóstico .....	57
4.1.	Mapeo del proceso general de la empresa .....	58
4.2.	Cadena de valor .....	59
4.3.	Proceso sección de hematología .....	61
4.3.1.	Reactivos necesarios .....	62
4.3.2.	Flujo del proceso de la sección de hematología .....	63
4.4.	Proceso de la sección de química .....	64
4.4.1.	Reactivos necesarios .....	65
4.4.2.	Flujo del proceso de la sección de química clínica .....	66
4.5.	Proceso de la sección de hormonas.....	67
4.5.1.	Reactivos necesarios .....	68
4.5.2.	Flujo del proceso de la sección de hormonas.....	68
4.6.	Proceso de la sección de técnica manual .....	69
4.6.1.	Flujo del proceso de la sección de técnica manual.....	70
4.6.2.	Reactivos necesarios .....	71
4.7.	Delimitación de las secciones involucradas.....	71
4.8.	Clasificación ABC.....	73
4.9.	Estudio de tiempos .....	74
4.9.1.	Tolerancias .....	76
4.9.2.	Tamaño de muestra .....	77
4.9.2.1.	Cálculo de muestra definitiva sección de hematología .....	77
4.9.2.2.	Cálculo de muestra definitiva sección de química clínica.....	78
4.9.2.3.	Cálculo de muestra definitiva sección de hormonas .....	79
4.10.	Determinación de las capacidades .....	81
4.10.1.	Capacidad real.....	82
4.10.2.	Capacidad teórica .....	83
4.10.3.	Gráfico 4. Relación capacidad vs demanda .....	85
4.10.4.	Índice de utilización de la capacidad real .....	86
4.11.	Sistema de control de inventario actual .....	87
4.11.1.	Modelo actual del manejo de inventarios .....	87

4.12.	Descripción del problema .....	90
4.12.1.	Diagrama de Ishikawa del quiebre de reactivos .....	91
4.12.2.	Detalle de las causas del quiebre en el stock de reactivos .....	92
4.12.2.1.	Sistemas de información de la empresa .....	92
4.12.2.2.	Gestión de inventarios .....	93
4.12.2.3.	Compras .....	93
4.12.2.4.	Personal .....	94
4.12.3.	Clasificación de las causas en asignables o controlables .....	94
4.12.4.	Matriz de priorización .....	96
4.13.	Diagrama de Pareto problemas en el proceso de planeación .....	97
4.14.	Cadena de suministros .....	99
4.14.1.	Cadena de suministros Laboratorio Pujol .....	100
4.15.	Ámbitos del Laboratorio Pujol .....	101
4.15.1.	Ámbito organizacional .....	101
4.15.2.	Ámbito recursos humanos .....	102
4.15.3.	Ámbito procesos y procedimientos .....	102
4.15.4.	Ámbito de recursos materiales .....	103
4.15.5.	Ámbito de sistemas de información .....	103
4.16.	Ámbito administrativo, mental y tecnológico .....	104
4.16.1.	Plano administrativo .....	104
4.16.2.	Plano tecnológico .....	104
4.16.3.	Plano mental .....	104
4.17.	Conclusiones del diagnóstico .....	105
Capítulo IV.	.....	107
5.	DISEÑO .....	108
5.1.	Planificación y control de la producción .....	108
5.2.	Propuesta del SIPC .....	108
5.3.	Estrategia del funcionamiento del SIPC .....	109
5.3.1.	Etapas de la planeación .....	110
5.3.1.1.	Históricos de demanda .....	111

5.3.1.2.	Horizonte de planeación .....	112
5.3.1.3.	Determinación del modelo de pronóstico .....	112
5.3.1.4.	Determinación de las capacidades .....	117
5.3.1.5.	Relación con el sistema de programación .....	119
5.3.1.6.	Plan maestro de elaboración de análisis teórico .....	121
5.3.1.7.	Sistema de inventarios.....	122
5.3.1.8.	Punto de reorden de materias primas.....	123
5.4.	Etapa de ejecución.....	127
5.4.1.	Módulo de control de reactivos.....	129
5.5.	Etapa de control.....	134
5.6.	Propuesta del procedimiento del SIPC .....	137
5.6.1.	Funciones propuestas etapa de planeación .....	138
5.6.2.	Funciones propuestas etapa de ejecución.....	138
5.6.3.	Funciones propuestas etapa de control .....	139
5.7.	Propuesta del recurso humano.....	139
5.8.	Propuesta de materiales y equipo .....	140
5.9.	Propuesta a nivel organizacional del SIPC .....	140
5.10.	Propuesta del flujo de información .....	141
5.10.1.	Diagrama del flujo de información .....	142
5.11.	Propuesta de integración de las áreas.....	143
5.11.1.	Diagrama de integración de áreas .....	144
5.12.	Cadena de valor propuesta.....	144
5.13.	Factores críticos de éxito: .....	146
5.13.1.	Compromiso.....	146
5.13.2.	Trabajo en equipo .....	146
5.13.3.	Capacitación.....	146
5.13.4.	Resistencia al cambio.....	147
5.13.5.	Liderazgo.....	147
5.13.6.	Gestor del SIPC.....	147
5.14.	Plan de implementación .....	147
5.14.1.	Programa de implementación .....	149

5.15.	Evaluación económica.....	150
5.15.1.	Inversión inicial .....	150
5.15.2.	Gastos mensuales .....	151
5.15.3.	Ingresos anuales.....	151
5.15.4.	Flujos Netos de Efectivo.....	152
	Conclusiones .....	154
	Recomendaciones.....	155
	Bibliografía .....	156

### **Índice de figuras**

Figura 1.	Macro-localización Laboratorio Pujol.....	14
Figura 2.	Macro-localización Laboratorio Pujol.....	15
Figura 3.	Organigrama Laboratorio Pujol.....	17
Figura 4.	Elementos de planificación y control de producción. ....	32
Figura 5.	Esquema básico del MRP originario. ....	41
Figura 6.	Cadena de suministros.....	100
Figura 7.	Consulta demanda histórica.....	111
Figura 8.	Módulo de Pronósticos. ....	115
Figura 9.	Error de pronóstico. ....	116
Figura 10.	Módulo MRP1 Teórico.....	122
Figura 11.	Módulo punto de reordenamiento. ....	124
Figura 12.	Módulo requerimiento de reactivos.....	126
Figura 13.	Módulo control de reactivos. ....	128
Figura 13.	Módulo registro de ingreso de reactivos. ....	129
Figura 15.	Módulo registro de salidas reactivos. ....	131
Figura 16.	Módulo indicador. ....	135
Figura 17.	Organigrama propuesto Laboratorio Pujol.....	141

## Índice de tablas

Tabla 1. Demanda de análisis clínicos 2015-2016.....	8
Tabla 2. Análisis referidos mensuales 2016 .....	10
Tabla 3. Costos por análisis referido.....	11
Tabla 4. Análisis referidos por sección 2016.....	72
Tabla 5. Clasificación de reactivos .....	74
Tabla 6. Escala de valoración .....	75
Tabla 7. Tolerancias personales.....	76
Tabla 8. Cálculo de muestra definitiva sección de hematología.....	78
Tabla 9. Tiempo estándar sección de hematología .....	78
Tabla 10. Cálculo de muestra definitiva sección de química.....	79
Tabla 11. Tiempo estándar sección de química .....	79
Tabla 12. Cálculo de muestra definitiva sección de hormonas.....	79
Tabla 13. Tiempo estándar sección de hormonas .....	80
Tabla 14. Demanda real por sección 2016.....	80
Tabla 15. Tiempo invertido por mes.....	81
Tabla 16. Capacidad real Laboratorio Pujol .....	83
Tabla 17. Capacidad teórica Laboratorio Pujol .....	84
Tabla 18. Índice de utilización de la capacidad .....	86
Tabla 19. Clasificación asignable y/o controlables.....	95
Tabla 20. Matriz de priorización fuente:.....	96
Tabla 21. Coeficientes de autocorrelación.....	113
Tabla 22. Pronóstico demanda desagregada. ....	120
Tabla 23. Procedimiento para el ingreso de reactivos al sistema. ....	130
Tabla 24. Procedimiento para la salida de reactivos del sistema. ....	132
Tabla 25. Procedimiento para el uso de indicadores.....	137
Tabla 26. Perfil del puesto para Gestor del SIPC. ....	140
Tabla 27. Plan de implementación.....	149
Tabla 28. Inversión inicial. ....	150

Tabla 29. Gastos mensuales.....	151
Tabla 30. Flujos netos de efectivo.....	152

### **Índice de Diagramas**

Diagrama 1. Flujo de muestras laboratorio Pujol .....	5
Diagrama 2. Mapa conceptual de la estrategia para el cumplimiento de objetivos.....	21
Diagrama 3. Mapeo del proceso general.....	58
Diagrama 4. Flujo del proceso del área de hematología.....	63
Diagrama 5. Flujo del proceso del área química clínica.....	66
Diagrama 6. Flujo del proceso del área de hormonas.....	68
Diagrama 7. Flujo del proceso del área de técnica manual.....	70
Diagrama 8. Ishikawa quiebre de reactivos .....	91
Diagrama 9. Pareto problema en el proceso de planeación .....	98
Diagrama 10. Etapa de planeación.....	110
Diagrama 11. Relación entre la etapa de planeación y de ejecución .....	117
Diagrama 12. Etapa de ejecución.....	127
Diagrama 13. Etapa de control.....	134
Diagrama 14. Flujo de información.....	142
Diagrama 15. Integración de áreas.....	144

### **Índice de gráficos**

Gráfico 1. Demanda de análisis mensual.....	7
Gráfico 2. Cadena de valor .....	60
Gráfico 3. Relación de análisis referidos .....	72
Gráfico 4. Relación capacidad vs demanda.....	85
Gráfico 5. Modelo de bomberos.....	89
Gráfico 6. Coeficiente de autocorrelación.....	114
Gráfico 7. Gráfico oferta – demanda.....	118
Gráfico 8. Proyección de la demanda.....	120

### **Glosario de términos**

- **Análisis referidos:** son aquellos análisis que se realizan en otros laboratorios con los cuales se tienen convenios, por diferentes motivos como la falta de reactivos necesarios.
- **Cliente ambulatorio:** es el paciente que llega por sus propios medios a realizarse el servicio, es decir sin haber sido referido por algún doctor u otra entidad.
- **Ruta de fabricación:** es el conjunto de información que detalla las operaciones o el método de fabricación de determinado artículo.
- **SIPC:** Sistema Integrado de Programación y Control.
- **Mercado:** lugar teórico donde se encuentra la oferta y demanda de productos y servicios y determinan los precios.
- **Tiempo estándar:** es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.
- **Demanda:** es la suma de las compras de bienes y servicios que realiza un cierto grupo social en un momento determinado.
- **Demanda independiente:** se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa.

- Demanda dependiente: se genera a partir de la demanda independiente de productos finales para el cálculo de todas las materias primas y productos semielaborados que intervienen en su fabricación.
- Capacidad: resultado de un proceso por unidad de tiempo.
- Clientes: personas que utilizan los servicios regularmente de un profesional o de una empresa.
- Anticoagulante: aditivo usado para evitar la coagulación de la sangre, usado para la obtención de plasma.
- Centrifugación: método por el cual se puede separar sólidos de líquidos de diferente densidad, por medio de una fuerza giratoria.
- Codificación: nomenclatura alfanumérica, etiqueta, que identifica a cada producto, con fechas de emisión y prescripción.
- EDTA: **ácido etilendiaminotetracético**, anticoagulante más utilizado para la obtención de sangre total y plasma.
- Muestra: material biológico usado para la detección y/o cuantificación de alguna sustancia. Esta puede ser suero, plasma, sangre total con EDTA, orina, heces, secreción, tejido.
- Plasma citratado: plasma obtenido utilizando citrato de sodio como anticoagulante.
- Plasma: líquido sobrenadante producto de la centrifugación de sangre total anti-coagulada.
- Sangre total: muestra sanguínea no centrifugada, usualmente adicionada con EDTA.
- Sobrenadante: parte superior clara de cualquier mezcla después de ser centrifugada.

- Suero: líquido sobrenadante producto de la centrifugación de sangre sin anticoagulante.
- Carga: trabajo liberado y planificado para el proceso durante un periodo determinado.
- Microbiólogo regente: el miembro del Colegio que, de conformidad con las leyes y los reglamentos del país, asume la dirección técnica y la responsabilidad profesional y moral de un establecimiento.
- Laboratorio de referencia: laboratorios externos a quienes se les compra el servicio y donde se envían las muestras para realizar los análisis que no pudieron ser procesados en el laboratorio, por diferentes motivos.
- Stock: es una voz inglesa que se usa en español con el sentido de existencias (todo lo referente a los bienes que una persona u organización posee y que sirven para la realización de sus objetivos).
- Año fiscal o año financiero: es un periodo de 12 meses usado para calcular informes financieros anuales en negocios y otras organizaciones. El año fiscal en Costa Rica comienza el 1 de octubre y termina el 31 de septiembre.
- Incubar: mantener una muestra a temperatura de calor constante, por medios naturales o artificiales para que las bacterias se multipliquen.
- $\mu\text{L}$ : unidad de volumen equivalente a la millonésima parte de un litro, representada por el símbolo  $\mu\text{l}$ . También equivale a 1 milímetro cúbico.
- Asa estéril: se emplea para transportar, arrastrar, trasvasar inóculos (pequeño volumen que contiene microorganismos en suspensión) desde la solución de trabajo también

llamada “solución madre” al medio de cultivo (sólido o líquido) o de un medio a otro (resiembrado). También sirve para la realización de frotis.

## **Resumen ejecutivo**

El presente proyecto se desarrolló en el “Laboratorio Clínico Pujol” ubicada en Ciudad Colón, San José, empresa que se dedica al servicio de pruebas de análisis clínico para el soporte de diagnósticos médicos.

Como en la mayoría las organizaciones, esta empresa ve afectada la demanda de sus servicios tanto por factores externos como internos. En los factores externos se destacan los cambios climáticos, crecimiento demográfico, factores epidemiológicos (dengue, zika, chikungunya, etc.), vacaciones de fin de año de estudiantes entre otros; en los factores internos se destacan el déficit en el intercambio de información en las diferentes áreas de la empresa, la estructura organizacional, la carencia de herramientas de programación y control de la producción.

En los últimos años se ha presentado un incremento en el volumen de llegada de usuarios diarios, debido a diversos factores, ya sea por la concientización en las personas sobre la importancia de los chequeos preventivos, así como por nuevos convenios con empresas como la Pro, Súper Mora, Villamed, Alimentos Turrialba, veterinarias y servicios médicos del cantón de Mora y Puriscal.

Debido a este crecimiento en la demanda de los servicios del laboratorio, en los últimos dos años, se ha presentado la necesidad de integrar herramientas que brinden soporte para planificar las compras de reactivos e insumos necesarios y tener información de las entradas, de las salidas y de la cantidad de inventario en stock, mediante un sistema de codificación de cada ítem y su respectivo registro en una hoja electrónica, para desarrollar adecuadamente las operaciones diarias de la empresa.

La problemática del proyecto se genera debido a que no hay una idea clara de la existencia de reactivos en el almacén, lo cual provoca pérdidas de clientes y en otros casos se hace muy tarde cuando el encargado descubre que no cuentan con la cantidad de reactivos para realizar algunos tipos de exámenes, por lo que se ven en la obligación de enviar las pruebas que no se pueden realizar, a los laboratorios de referencia.

Durante el año fiscal 2015-2016, el laboratorio Clínico Pujol incurrió en el pago de ₡ 5.161.000 a laboratorios externos (laboratorios de referencia), a quienes se les compró el servicio para realizar los análisis que no se pudieron realizar en la empresa por la ausencia de un sistema que controlara y asegurase la cantidad de insumos necesarios para realizar las operaciones diarias, además de generar retrasos en los tiempos de entrega para las muestras que fueran tomadas antes del mediodía. Este retraso puede variar entre tres horas a un día completo, considerando el tiempo de envío hasta San José centro, lugar donde se encuentran los laboratorios de referencia, las pruebas serán reportadas y entregadas a las 4 de la tarde del mismo día. Todas las muestras tomadas después del medio día serán reportadas y entregadas al día siguiente, en estos casos el retraso será de un día. Se espera que estos resultados sean entregados el mismo día que se recibió la muestra, al corregir la problemática.

Finalmente, el presente proyecto se enfocará en el desarrollo de una propuesta que integre un sistema de pronósticos, basada en modelos que se ajusten a la naturaleza de la demanda y la mejora de la gestión de inventarios, mediante un control sistémico de inventarios que tenga como finalidad asegurarse que siempre haya reactivos e insumos en stock del almacén y de su rotación, basados en el método de controles cruzados que mejor se ajuste a sus necesidades.

# Capítulo I

## **1. Capítulo 1 - Introducción**

En la actualidad, a causa de los grandes avances tecnológicos y debido a la globalización y modernización consecuencia de estos, las empresas se ven en la imperiosa necesidad de implementar conceptos nuevos de ingeniería industrial para la mejora de la gestión de procesos y recursos con la finalidad de incrementar la calidad ya sea en sus productos o servicios, ser más competitivos y para cumplir o superar las expectativas del cliente.

El presente proyecto tiene como objetivo convertirse en una herramienta para controlar los inventarios en sus diferentes niveles, pronosticar la demanda mensual y reducir los costos generados por la ausencia de una buena gestión de inventarios.

El marco teórico sustenta el análisis de nuestra propuesta, por medio de referencias y conceptos de los temas discutidos por diferentes autores que dan sus aportes científicos y bien sustentados sobre este tema de investigación y han sido consultados como base bibliográfica para el desarrollo de un sistema integrado de programación y control de la elaboración de análisis clínicos en el Laboratorio Clínico Pujol.

La definición del problema, surge y se fundamenta en el análisis de la cantidad de clientes y recursos que se pierden a causa del problema de control sistemático en el Laboratorio Clínico Pujol.

En el desarrollo del diagnóstico se realizó el reconocimiento de la empresa, se estableció la situación actual, se realizó la documentación de los diferentes procesos divididos en áreas, el control actual de los inventarios y el análisis de la demanda mensual.

En el capítulo del diseño se establece la propuesta del sistema de pronósticos de la demanda y la gestión de inventarios, mediante un prototipo en una hoja programable de Excel, la implementación de la filosofía de las 5'S y mejora continua con lo cual se creará un ambiente laboral de orden, limpieza, higiene, estandarización y una cultura de autodisciplina en los colaboradores, además de desarrollar un manejo más eficiente de la información de la empresa y sus inventarios.

Finalmente, se exponen las recomendaciones y conclusiones obtenidas durante el proceso de investigación del presente proyecto.

### **1.1. Título del proyecto**

“Propuesta de diseño del sistema integrado de programación y control de la elaboración de análisis clínicos en el Laboratorio Clínico Pujol”

### **1.2. Planteamiento del problema**

¿Cómo reducir en un 91% los costos asociados a la ausencia del control de reactivos en el Laboratorio Clínico Pujol, ubicado en Ciudad Colón, mediante el diseño de un sistema integrado de programación y control de análisis clínicos para el aseguramiento de reactivos en stock?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Hechos relevantes**

El Laboratorio Pujol es una empresa dedicada al análisis y reporte de muestras clínicas para el diagnóstico médico, actualmente está pasando por un incremento en la demanda de exámenes, lo que se traduce en el incremento de llegada de pacientes, esto genera saturación de trabajo en el laboratorio y una mayor necesidad de reactivos e insumos para la realización de exámenes,

La situación mencionada anteriormente repercute en el área de inventarios, ya que la relación entre la demanda del servicio es directamente proporcional a las necesidades de reactivos, a mayor demanda, mayores cantidades de reactivos son necesarios para su realización, tomando en cuenta que 1354 análisis de 15916 realizados en el último año tuvieron que ser enviados a los laboratorios de referencia, monto que equivale al 9% del total de análisis, esto asociado a la ausencia de control de inventarios en el laboratorio, genera el problema que debe ser corregido.

En la actualidad entre sus clientes se pueden encontrar personas físicas, doctores, empresas, aseguradoras y veterinarias, los cuales prefieren sus servicios a razón de sus precios accesibles, exactitud, precisión en sus resultados y por sus tiempos de entrega considerablemente más bajos ya que los resultados son entregados el mismo día, en la mayoría de los casos, con respecto a la competencia que al no contar con los equipos en sus instalaciones, tienen que enviar los análisis a su sede central, generando tiempos de entrega de no menos de 24 horas.

La problemática se está presentando en el área de inventarios, debido a que no cuentan con un sistema de pronósticos de demanda que le sirva de soporte para la toma de decisiones de cuánto y cuándo comprar reactivos e insumos. Esta situación impide que en diversas oportunidades cuando llega un paciente con una lista de exámenes, uno o más exámenes de la lista no se puedan realizar en el establecimiento. En el 2016 no se pudieron realizar 1354 casos de análisis, por no contar con los reactivos necesarios en el laboratorio; se han visto obligados a enviar estos exámenes al laboratorio de referencia con el que se trabaja, lo cual genera gastos adicionales como el pago mensual de todos los exámenes que fuesen referidos, gastos de mensajería e incremento en los tiempos de entrega, a continuación se presenta el Diagrama 1. Flujo de muestras Laboratorio Pujol.

### 1.3.2. Diagrama #1. Flujo de proceso análisis clínico

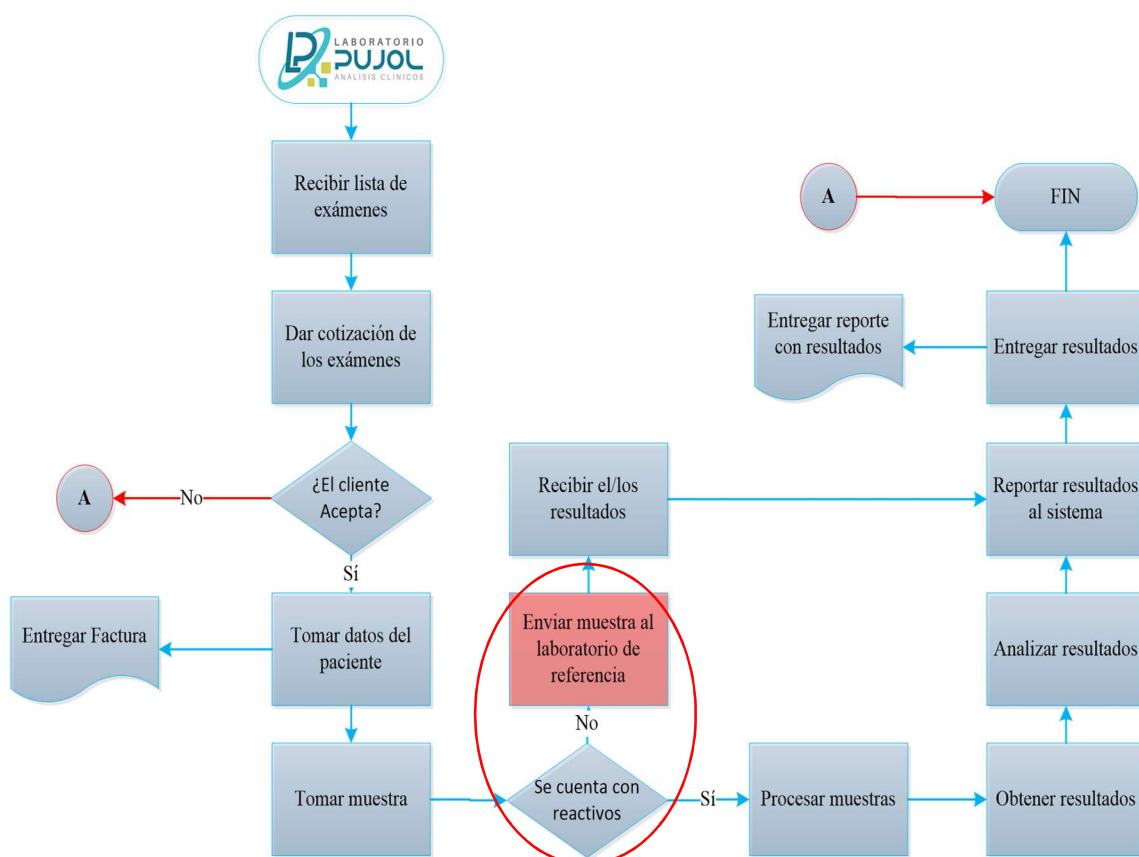


Diagrama 1. Flujo de muestras Laboratorio Pujol

Fuente: Analista, noviembre 2016.

Como se puede apreciar en el diagrama anterior, la falta del control de inventarios, debido a que no se realiza el registro de las entradas y salidas ni revisiones periódicas, hace que siempre se genere una inquietud, la cual se encuentra señalada en el círculo rojo; si el laboratorio cuenta con la materia prima necesaria para realizar cada uno de los exámenes de la orden médica veterinaria o de los pedidos específicos que trae el paciente.

Ahora bien, partiendo de la misión y la visión del laboratorio, donde se resalta el interés por liderar el mercado del cantón de Mora y ser una empresa reconocida, mediante la implementación de equipos de última tecnología, que se propone reducir los tiempos de

entrega, ha incrementado la demanda, la cual pasó de 12 041 análisis realizados en el año 2015 a 15 916, en el año 2016; esto representa un 32,18% de crecimiento de la demanda.

Como se puede apreciar en la línea de tendencia de la demanda en el Gráfico 1. Demanda de análisis mensual la demanda del laboratorio es creciente. Esta situación ha agravado la problemática generando que el número de exámenes enviados al laboratorio de referencia aumente en un monto directamente proporcional al crecimiento de la demanda mencionado anteriormente.

### 1.3.3. Gráfico #1. Demanda de análisis de los últimos 12 meses

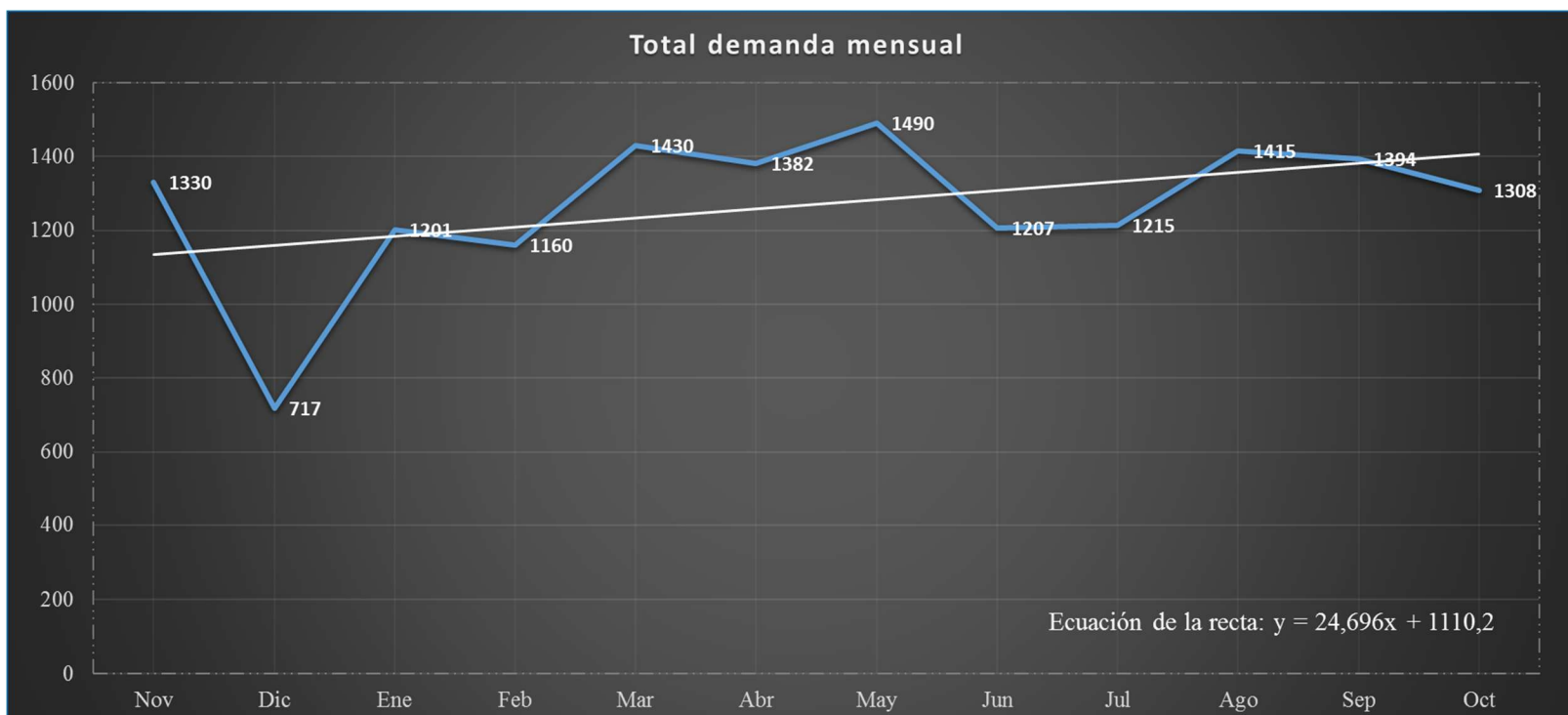


Gráfico 1. Demanda de análisis mensual  
Fuente: Analista, noviembre 2016.

La línea de tendencia positiva de la demanda demuestra que la empresa está en crecimiento y que la cantidad de análisis realizados en el laboratorio fueron de 15 916.

A continuación, se presenta en la Tabla 1. Demanda de análisis clínicos 2015-2016. Con el fin de tener una visión más detallada de la demanda desagregada de servicios en el Laboratorio Pujol.

## 1.3.4. Tabla #1. demanda de análisis clínicos

EXÁMENES CLÍNICOS	2015		DEMANDA 2016										TOTAL
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	
Hemograma Completo	280	196	256	250	274	276	312	270	296	300	294	222	3226
Glicemia	142	66	130	112	136	160	170	106	92	148	154	136	1552
Triglicéridos	100	64	106	94	114	110	122	90	72	100	114	112	1198
Colesterol Total	110	58	106	96	116	112	126	88	70	100	110	102	1194
Colesterol HDL	104	40	98	88	104	106	114	82	70	94	104	96	1100
Creatinina	70	32	64	58	94	84	86	78	94	100	84	72	916
Nitrógeno Ureico	68	37	62	58	96	94	84	77	78	84	78	69	885
Ácido Úrico	88	36	80	64	88	76	98	72	48	80	86	68	884
Hcg cualitativa en sangre	70	36	36	82	78	72	66	58	72	90	64	80	804
TGP	50	26	50	34	78	48	54	54	46	58	46	36	580
TSH (Tirotropina)	44	16	28	44	52	42	54	34	34	52	42	50	492
APE (Antígeno Prostático)	34	18	36	34	30	38	36	38	42	32	36	48	422
TGO	33	15	35	29	53	41	43	27	35	39	37	27	414
TP (Tiempo de Protrombina)	25	13	25	35	19	23	31	31	37	25	21	23	308
Hb Glicosilada	21	15	13	11	19	19	25	27	20	31	24	33	258
Uro-cultivo	31	13	13	15	19	9	15	13	21	21	27	31	228
Anti - HIV	13	7	15	11	17	31	9	19	23	19	19	17	200
TPT (Tiempo de Tromboplastina)	17	11	14	17	13	21	17	17	27	12	17	16	199
Fosfatasa alcalina	13	9	19	15	19	11	15	15	23	17	16	15	187
T4 Total	17	9	15	13	11	9	13	11	15	13	21	25	172
<b>Total</b>	<b>1330</b>	<b>717</b>	<b>1201</b>	<b>1160</b>	<b>1430</b>	<b>1382</b>	<b>1490</b>	<b>1207</b>	<b>1215</b>	<b>1415</b>	<b>1394</b>	<b>1278</b>	<b>15219</b>

Tabla 1. Demanda de análisis clínicos 2015-2016.

Fuente: Analista, noviembre 2016.

Como indica la Tabla 1. Demanda de análisis clínicos 2015-2016. En el 2016 se realizaron un total de 15219 casos. Seguidamente, se presenta el análisis e interpretación de la problemática de estudio, de acuerdo con la estructura de la investigación.

### **1.3.5. Problemática**

Como se puede observar en la Tabla 1. Demanda de análisis clínicos 2015-2016. Anteriormente mostrada, hubo una demanda de 15 219 casos de análisis clínicos.

En la Tabla 2. Análisis referidos mensuales se observa que 1271 exámenes fueron referidos por no contar con los reactivos o insumos necesarios (Tinciones, tubos, ALP, TG color, glicemias enzimáticas, entre otros que serán mencionados a detalle en el desarrollo del diagnóstico), lo que representa el 9% del total de la demanda de análisis referidos.

En la Tabla 2. Análisis referidos mensuales, se muestra el número de análisis por tipo de examen enviados al laboratorio de referencia; en la columna final de la derecha se tiene el costo unitario por examen en el que incurre la empresa al referir una muestra. Con la propuesta de esta investigación, se pretende diseñar un sistema integrado de programación de elaboración de análisis para el aseguramiento de los requerimientos del laboratorio, que mejore el servicio al cliente y elimine los problemas relacionados con el stock de reactivos.

## 1.3.6. Tabla 2. Análisis referidos de los últimos doce meses.

EXÁMENES CLÍNICOS	PACIENTES REFERIDOS												TOTAL
	2015		PACIENTES REFERIDOS 2016										
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	
Hemograma Completo	26	14	14	8	22	18	5	17	13	24	17	23	201
Glicemia	12	6	8	2	14	11	3	13	4	16	8	15	112
Triglicéridos	6	0	7	4	12	5	0	15	3	10	14	2	78
Colesterol Total	11	6	8	0	16	3	9	0	13	8	5	12	91
Colesterol HDL	12	3	14	7	3	14	13	4	9	11	14	6	110
Creatinina	0	5	13	3	0	9	0	8	2	16	8	5	69
Nitrógeno Ureico	6	3	7	2	10	7	9	4	8	12	5	7	80
Ácido Úrico	6	9	6	1	12	9	7	3	1	9	11	7	81
Hcg cualitativa en sangre	4	1	4	6	3	7	4	6	3	13	2	5	58
TGP	3	4	7	2	8	6	2	1	4	6	3	4	50
TSH (Tirotropina)	6	0	6	3	5	8	5	2	3	6	3	6	53
APE (Antígeno Prostático)	4	2	4	0	6	4	4	3	7	3	4	6	47
TGO	3	1	3	4	6	4	4	0	6	4	4	2	41
TP (Tiempo de Protrombina)	2	1	5	7	2	2	4	3	5	0	4	2	37
Hb Glicosilada	5	0	3	2	2	4	0	2	2	3	2	3	28
Uro-cultivo	5	2	2	3	5	2	1	4	2	8	3	2	39
Anti - HIV	1	0	3	4	6	3	0	1	2	4	0	3	27
TPT (Tiempo Tromboplastina)	1	1	1	1	1	0	4	1	2	1	1	1	15
Fosfatasa alcalina	4	2	5	0	5	3	0	2	4	4	0	3	32
T4 Total	2	0	2	2	1	3	1	2	3	1	2	3	22
<b>Total</b>	<b>119</b>	<b>60</b>	<b>122</b>	<b>61</b>	<b>139</b>	<b>122</b>	<b>75</b>	<b>91</b>	<b>96</b>	<b>159</b>	<b>110</b>	<b>117</b>	<b>1271</b>

Tabla 2. Análisis referidos mensuales 2016  
Fuente Manuel Alcántara, noviembre 2016.

En la siguiente sección se presenta la Tabla 3. Costos por análisis referido. En la columna inicial de la izquierda se tienen los tipos de examen, en las siguientes columnas se tienen los gastos para cada mes y en las dos últimas columnas de la derecha, tenemos el costo por examen y el total del gasto anual, por tipo de examen.

## 1.3.7. Tabla 3. Costo mensual por análisis referido

EXÁMENES CLÍNICOS	2015		COSTOS POR PACIENTE REFERIDO 2016										COSTO EXAMEN	TOTAL
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT		
Hemograma Completo	₡143.000	₡77.000	₡77.000	₡44.000	₡121.000	₡99.000	₡27.500	₡93.500	₡71.500	₡132.000	₡93.500	₡126.500	₡5.500	₡1.105.500
Glicemia	₡36.000	₡18.000	₡24.000	₡6.000	₡42.000	₡33.000	₡9.000	₡39.000	₡12.000	₡48.000	₡24.000	₡45.000	₡3.000	₡336.000
Triglicéridos	₡21.000	₡0	₡24.500	₡14.000	₡42.000	₡17.500	₡0	₡52.500	₡10.500	₡35.000	₡49.000	₡7.000	₡3.500	₡273.000
Colesterol Total	₡27.500	₡15.000	₡20.000	₡0	₡40.000	₡7.500	₡22.500	₡0	₡32.500	₡20.000	₡12.500	₡30.000	₡2.500	₡227.500
Colesterol HDL	₡48.000	₡12.000	₡56.000	₡28.000	₡12.000	₡56.000	₡52.000	₡16.000	₡36.000	₡44.000	₡56.000	₡24.000	₡4.000	₡440.000
Creatinina	₡0	₡17.500	₡45.500	₡10.500	₡0	₡31.500	₡0	₡28.000	₡7.000	₡56.000	₡28.000	₡17.500	₡3.500	₡241.500
Nitrogeno Ureico	₡21.000	₡10.500	₡24.500	₡7.000	₡35.000	₡24.500	₡31.500	₡14.000	₡28.000	₡42.000	₡17.500	₡24.500	₡3.500	₡280.000
Acido Urico	₡24.000	₡36.000	₡24.000	₡4.000	₡48.000	₡36.000	₡28.000	₡12.000	₡4.000	₡36.000	₡44.000	₡28.000	₡4.000	₡324.000
Hcg cualitativa en sangre	₡12.000	₡3.000	₡12.000	₡18.000	₡9.000	₡21.000	₡12.000	₡18.000	₡9.000	₡39.000	₡6.000	₡15.000	₡3.000	₡174.000
TGP	₡6.000	₡8.000	₡14.000	₡4.000	₡16.000	₡12.000	₡4.000	₡2.000	₡8.000	₡12.000	₡6.000	₡8.000	₡2.000	₡100.000
TSH (Tirotropina)	₡18.000	₡0	₡18.000	₡9.000	₡15.000	₡24.000	₡15.000	₡6.000	₡9.000	₡18.000	₡9.000	₡18.000	₡3.000	₡159.000
APE (Antígeno Prostatico)	₡14.000	₡7.000	₡14.000	₡0	₡21.000	₡14.000	₡14.000	₡10.500	₡24.500	₡10.500	₡14.000	₡21.000	₡3.500	₡164.500
TGO	₡18.000	₡6.000	₡18.000	₡24.000	₡36.000	₡24.000	₡24.000	₡0	₡36.000	₡24.000	₡24.000	₡12.000	₡6.000	₡246.000
TP (Tiempo de Protombina)	₡11.000	₡5.500	₡27.500	₡38.500	₡11.000	₡11.000	₡22.000	₡16.500	₡27.500	₡0	₡22.000	₡11.000	₡5.500	₡203.500
Hb Glicosilada	₡17.500	₡0	₡10.500	₡7.000	₡7.000	₡14.000	₡0	₡7.000	₡7.000	₡10.500	₡7.000	₡10.500	₡3.500	₡98.000
Urocultivo	₡17.500	₡7.000	₡7.000	₡10.500	₡17.500	₡7.000	₡3.500	₡14.000	₡7.000	₡28.000	₡10.500	₡7.000	₡3.500	₡136.500
Anti - HIV	₡6.000	₡0	₡18.000	₡24.000	₡36.000	₡18.000	₡0	₡6.000	₡12.000	₡24.000	₡0	₡18.000	₡6.000	₡162.000
TPT (Tiempo Tromboplastina)	₡14.000	₡14.000	₡14.000	₡14.000	₡14.000	₡0	₡56.000	₡14.000	₡28.000	₡14.000	₡14.000	₡14.000	₡14.000	₡210.000
Fosfatasa alcalina	₡24.000	₡12.000	₡30.000	₡0	₡30.000	₡18.000	₡0	₡12.000	₡24.000	₡24.000	₡0	₡18.000	₡6.000	₡192.000
T4 Total	₡8.000	₡0	₡8.000	₡8.000	₡4.000	₡12.000	₡4.000	₡8.000	₡12.000	₡4.000	₡8.000	₡12.000	₡4.000	₡88.000
<b>Total</b>	<b>₡486.500</b>	<b>₡248.500</b>	<b>₡486.500</b>	<b>₡270.500</b>	<b>₡556.500</b>	<b>₡480.000</b>	<b>₡325.000</b>	<b>₡369.000</b>	<b>₡405.500</b>	<b>₡621.000</b>	<b>₡445.000</b>	<b>₡467.000</b>		<b>₡5.161.000</b>

Tabla 3. Costos por análisis referido.  
Fuente elaboración propia, noviembre 2016.

Finalmente, la tabla 3 describe la magnitud de la problemática en análisis, y detalla el gasto anual de ₡ 5.161.000, asociados al faltante de insumos, en el Laboratorio Pujol.

Por lo anterior, queda claro que para reducir considerablemente los gastos de la empresa y generar mayores utilidades, hay que atacar el problema existente, con prontitud.

#### **1.4. Generalidades de la empresa**

##### **1.4.1. Reseña histórica**

El Laboratorio clínico Pujol se fundó en el año 2007. Esta empresa se dedica al análisis de muestras clínicas; se encuentra ubicado actualmente en el centro de Ciudad Colón. Cuentan con los equipos necesarios para realizar más de 60 exámenes en diferentes áreas, cuyos resultados tienen la garantía y respaldo profesional para satisfacción de sus clientes.

No obstante, el Laboratorio Pujol abrió otra sucursal para así satisfacer la demanda que este tiene, y contrató a un nuevo microbiólogo especializado en el proceso de tomado y análisis de dichas muestras.

En el Laboratorio Pujol se realizan diferentes pruebas en distintas áreas, como:

- Hematología: Hemogramas, pruebas de coagulación.
- Química Clínica: Perfil de lípidos, azúcar, función renal, etcétera.
- Inmunología: Pruebas de HIV, ETS, anticuerpos, etcétera.
- Marcadores tumorales: Antígeno prostático, Hormonas (tiroideas y sexuales).
- Otros: Orina general, pruebas de embarazo, grupo sanguíneo, etcétera.

##### **1.4.2. Misión de la empresa**

“Laboratorio Pujol es una institución de salud reconocida por su confiabilidad en el diagnóstico clínico y atención personalizada a pacientes y empresas, proporcionando al

servicio médico, herramientas diagnósticas en tiempo real. Somos líderes en el cantón de mora, con tecnología de vanguardia, un equipo humano experimentado, estándares de calidad, contribuyendo, así, al bienestar y al mejoramiento de la calidad de vida.”

#### **1.4.3. Visión de la empresa**

“Ser reconocida por sus clientes como la mejor opción en el mercado de apoyo diagnóstico, por nuestra responsabilidad en brindar un servicio de calidad en el menor tiempo y al alcance de la comunidad”.

#### 1.4.4. Localización geográfica del Laboratorio

##### 1.4.4.1. Macro localización

El Laboratorio Pujol se encuentra ubicado en Ciudad Colón, San José, Costa Rica.

**Figura 1. Macro localización Laboratorio Pujol**



*Figura 1. Macro localización Laboratorio Pujol  
Fuente: Google Maps, noviembre 2016.*



#### **1.4.5. Cantidad de empleados**

Actualmente, el Laboratorio Pujol cuenta con un total de 6 empleados entre, microbiólogos, técnicos, secretaria y administrativos.

#### **1.4.6. Principales clientes**

El Laboratorio Pujol tiene entre sus clientes gran parte de los pobladores del cantón de Mora, Puriscal y Santa Ana, pero sus principales clientes actualmente son: Clínica Villamed, Clínica del Doctor Marín, Grupo Pozuelo Pro S.A, Súper Mercados Mora y las Veterinarias, ya que son ellos los que generan el 80% de las ventas.

#### **1.4.7. Competencia**

Las competencias directas del Laboratorio Pujol, porque se encuentran dentro de la misma área de ubicación son las siguientes:

- Laboratorios Labin.
- Laboratorios Echandi.
- Laboratorio Clínico Medico Robayo.

Seguidamente, se presenta el organigrama de la empresa con el fin de entender cuál es la distribución jerárquica de la empresa.

### 1.4.8. Estructura organizacional Laboratorio Pujol

Un organigrama se define como la representación gráfica de la estructura formal de una organización. En consecuencia, muestra gráficamente las relaciones existentes entre las partes que la componen (Martínez Martínez & Cegarra Navarro, 2014).

Basados en lo anterior, se presenta el organigrama del Laboratorio Pujol, donde se tiene señalado con una flecha la zona de impacto del problema.

#### 1.4.8.1. Gráfico 4. Organigrama Laboratorio Clínico Pujol

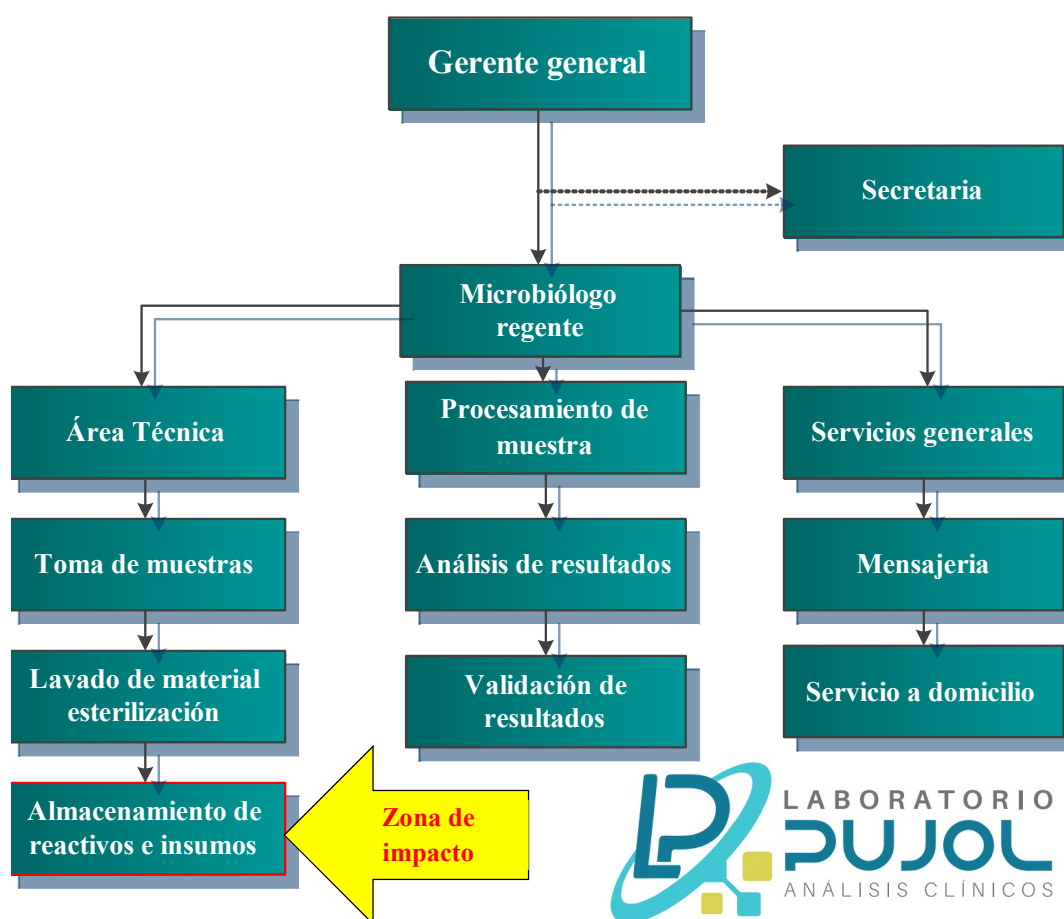


Figura 3. Organigrama Laboratorio Pujol  
Fuente: Laboratorio Pujol, noviembre 2016.

La empresa está compuesta por un organigrama piramidal. Esta se encuentra dirigida por el gerente general o dueño de la empresa; en el segundo nivel se encuentra el microbiólogo regente quien es el encargado de la elaboración de análisis, el análisis de resultados y de su validación. En el tercer nivel se encuentra el técnico en microbiología, encargado de la recepción y almacenamiento de los reactivos, la toma de muestras y la preparación de los reactivos y muestras.

El flujo de información es vertical ya que la comunicación se da de nivel a nivel; a pesar de ello, no hay una comunicación eficiente de las cantidades de reactivos entre el técnico encargado del reabastecimiento y el microbiólogo regente, que hace uso de los reactivos y quien se da cuenta muy tarde de la falta de algunos reactivos para continuar operaciones.

A razón de estas circunstancias el proyecto se enfocará en el área de almacenamiento de reactivos, señalada con una flecha en la Figura 3. Organigrama Laboratorio Pujol.

#### **1.4.9. Mercado**

Laboratorio Pujol tiene su mayor parte del mercado dirigido a la región oeste de San José.

## **1.5. Objetivos del proyecto**

### **1.5.1. Objetivo general**

Reducir en un 91% los costos asociados a la ausencia del control de inventarios en el Laboratorio Clínico Pujol ubicado en Ciudad Colón, mediante el diseño de un sistema integrado de programación y control de elaboración de análisis clínico para el aseguramiento de los reactivos en stock.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Identificar el flujo del proceso en las diferentes secciones de elaboración de análisis.
- Establecer la relación oferta demanda
- Identificar el sistema actual para el control de reactivos del laboratorio.
- Analizar las causas que generan el problema de estudio.
- Definir el procedimiento para la elección del pronóstico que mejor se ajuste al comportamiento de la demanda.
- Proponer una herramienta prototipo que se adapte a los requerimientos de la empresa que sirva como soporte para la planeación del SIPC.
- Establecer el plan de implementación de la propuesta.
- Establecer los factores críticos de éxito.
- Determinar la valoración económica del proyecto.

## **1.6. Misión del proyecto**

Brindar la estrategia para la propuesta de implementación de un sistema integrado de programación y control de la elaboración de análisis en el Laboratorio Pujol que sirva como soporte para plan de compras y que asegure la cantidad necesaria de reactivos en stock.

### **1.6.1. Visión del proyecto**

Reducir en un 91% los costos asociados a la ausencia de control, gestión y manejo de reactivos que generan la necesidad de contratar servicios externos.

## **1.7. Alcances y limitaciones**

### **1.7.1. Alcances**

- El presente proyecto tiene como meta dar soporte al área de compras sobre cuándo y cuánto se debe comprar con la finalidad de tener reactivos e insumos en stock siempre que sean requeridos para la elaboración de análisis clínicos y en el área de inventarios para que cuenten con un método para el control de inventarios mediante la creación de un sistema de programación y control de la elaboración de análisis.

### **1.7.2. Limitaciones**

- El presente proyecto se limitará únicamente a estudiar y analizar las secciones del laboratorio que tengan una mayor repercusión en la problemática de estudio, excluyendo a todas aquellas que no sean parte del problema.

## 1.8. Estrategia para el logro de objetivos

### 1.8.1. Diagrama 2. Estrategia para el logro de los objetivos específicos

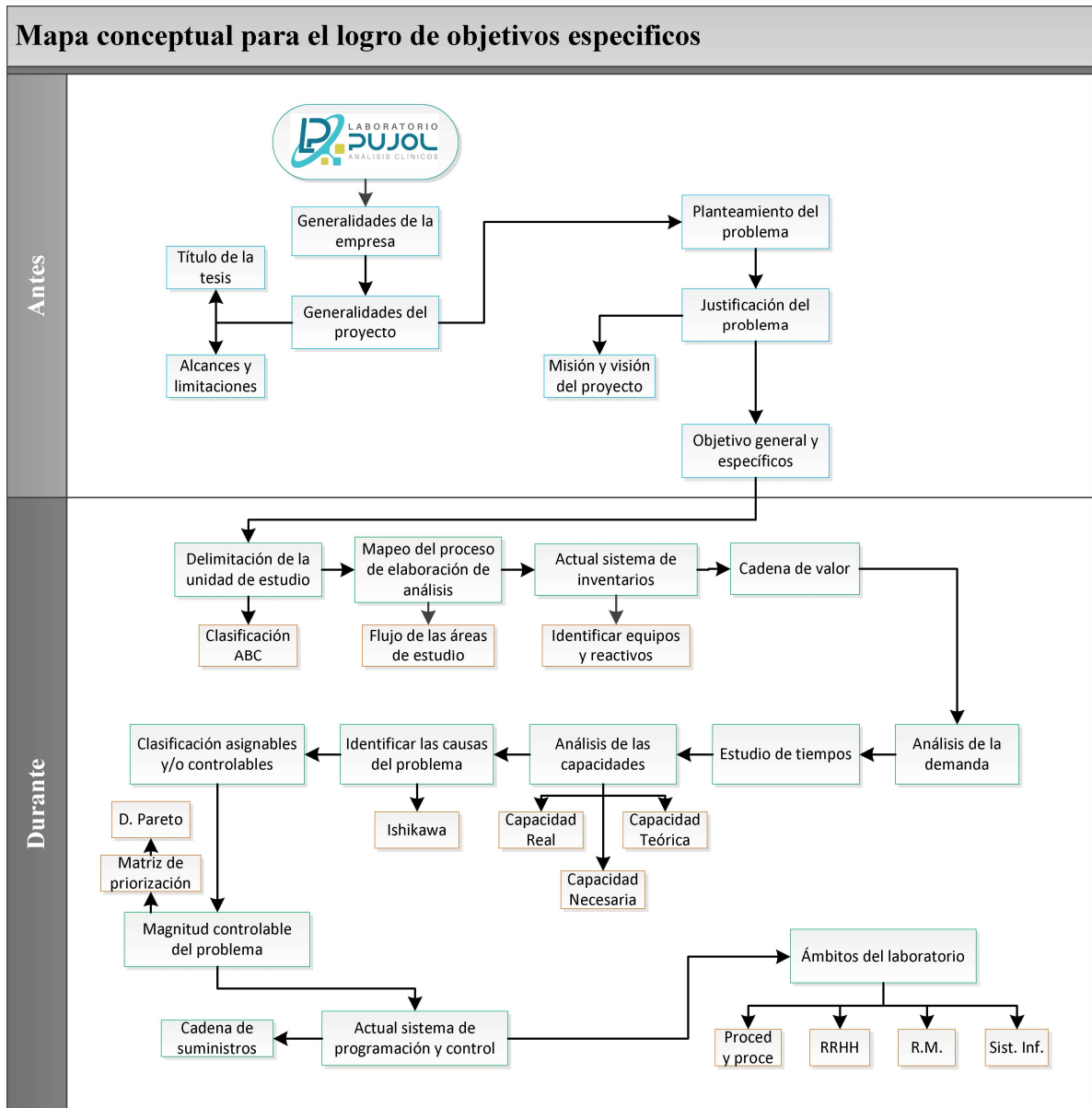


Diagrama 2. Mapa conceptual de la estrategia para el cumplimiento de objetivos.

Fuente: Analista, noviembre 2016.

### **1.8.2. Etapa antes**

Esta etapa dio inicio con la presentación de la información general de la empresa de estudio el Laboratorio Clínico Pujol, su historia, ubicación, estructura organizacional, número de empleados, tipos de exámenes que realizan, con el fin de conocer la naturaleza de la empresa y su composición, de esta forma se identifica la zona de impacto que está generando reducción en las utilidades del laboratorio, la cual se encuentra en el área de inventarios y hace un sistema para el control de los mismos.

Una vez identificada la zona de impacto, se establecen los hechos relevantes que afecten el correcto funcionamiento del Laboratorio Clínico Pujol, como base para plantear el problema, que da origen al título del proyecto. Se identifica la cadena de suministros, se determina dónde se encuentran ubicados y la variedad de productos que ofrecen.

### **1.8.3. Etapa del durante**

Se procede con el análisis de la situación actual del área de inventario de reactivos e insumos para conocer el proceso de almacenamiento y gestión. Se recopila información de la oferta y demanda, mediante el método de clasificación ABC; se dividen los reactivos según su demanda anual.

Mediante la identificación de la restricción o cuello de botella se cuantifican las capacidades del laboratorio para determinar cuál es su capacidad real y cuál es su capacidad teórica para determinar la capacidad que se está desaprovechando, también conocida como capacidad ociosa.

#### **1.8.4. Etapa del después**

Obtenidos los modelos de pronósticos que se ajustan más a la naturaleza de la demanda de cada análisis clínico, se propone mediante un prototipo que simule el sistema para la programación y control de la producción, una hoja con los insumos y reactivos en tiempo real y una aplicación en Excel, que usa como base el histórico de ventas, para realizar los pronósticos para cada tipo de examen y, asimismo, calcular los errores de cada pronóstico.

Adicionalmente se realizó el plan maestro de la elaboración de análisis mediante una hoja de Excel y códigos en macros de forma que oprimiendo un botón, los operarios puedan calcular no solo cuánto es lo que se estima producir para ese mes, sino también cuándo y cuánto se debe comprar mediante el cálculo del punto de re-orden para satisfacer las necesidades de reactivos e insumos mediante la aplicación de MRP1 y MRP2. El propósito es impedir envíos de análisis clínicos a otros laboratorios, eliminando así el pago de ₡ 5.161.000 que se realizó en los últimos 12 meses por servicios prestados.

Se diseña un documento que indique la ruta, la ubicación de cada reactivo e insumo, la fecha de ingreso en bodega y la fecha de salida con el fin de tener un mejor control de inventarios, saber con cuánto se cuenta y cuándo es el mejor momento para realizar nuevas compras; esto mediante el cálculo del punto de reordenar, de modo que siempre se cuente con todos los reactivos e insumos en bodega y poder aplicar el concepto PEPS para eliminar las pérdidas de reactivo por caducidad.

Finalmente, se evaluará la propuesta económica mediante las fórmulas de VAN y TIR, y se les da seguimiento para evaluar los resultados de la mejora.

# Capítulo II

## **2. Marco Teórico**

En este capítulo se presentan conceptos como el diagnóstico y las propuestas de mejora que serán utilizados para el desarrollo del análisis de la situación actual, en el Laboratorio Pujol. Asimismo, se mencionan algunas herramientas de ingeniería industrial para el análisis de procesos que servirán de soporte para el desarrollo del caso; finalmente, se desarrollaran métodos de pronósticos que se ajusten a las necesidades de la empresa, que permiten estimar la demanda de los diversos análisis clínicos que serán parte del estudio.

### **2.1. Áreas del laboratorio**

#### **2.1.1. Sala de espera**

Área destinada a la permanencia de los pacientes, visitantes, y público en general. Está directamente comunicada con la puerta de entrada y salida, y con la ventanilla de recepción y con la puerta de la sala de toma de muestras.

#### **2.1.2. Recepción**

Esta comunicada con la sala de espera por medio de una ventanilla. Solo personal autorizado puede estar en esta área.

#### **2.1.3. Sala de toma de muestras**

Área donde se toman las muestras. Los pacientes permanecerán en este lugar solamente el tiempo que tarda la toma de la muestra, y entrará únicamente el paciente. En caso de niños, éstos deben ser acompañados por sus padres o adulto encargado.

#### **2.1.4. Área de trabajo**

Únicamente personal autorizado. En esta área se realiza el procesamiento de todos los tipos de muestras que llegan al laboratorio, y donde se encuentran las diferentes secciones en las que está dividido el laboratorio, como la sección de química, hematología, hormonas y el área destinada a la aplicación de los análisis, mediante técnicas manuales.

#### **2.1.5. Área de reactivos e insumos**

Área donde se almacenan y mantienen todos los insumos y reactivos necesarios para realizar los análisis, dentro de las instalaciones. En el caso de los reactivos existen dos unidades de refrigeración para mantenerlas a una temperatura adecuada.

#### **2.1.6. Área de empleados**

Esta área es específica para actividades que no se relacionan con el trabajo del laboratorio; es un área de descanso, donde se puede comer y conservar alimentos. Se encuentra separada del área de trabajo.

### **2.2. Antecedentes**

Cuando se decide desarrollar un proyecto de mejora a una empresa, el primer paso es revisar sus indicadores financieros, estado de resultados y el balance general, con el objetivo de realizar un análisis preliminar de la empresa. De acuerdo con la publicación de Kaiser & Young (2009), **¿Necesitas efectivo?, Busque dentro de su propia empresa.** *Harvard Business review*, describe detalladamente los seis errores típicos cometidos por las empresas en la gestión del capital de trabajo. En ella se describe que el hecho de administrar los estados

financieros de una empresa con el propósito de mejorar estas ratios, tales como realizar una compra de mayor volumen por recibir un descuento; en un inicio este evento aparenta un ahorro, debido a que el margen de contribución unitario aumentará, y por ende la utilidad operativa; pero lo que no se puede percibir en un primer momento, es el hecho de que al aumentar los inventarios también se incrementará el costo de mantenerlos.

Uno de los puntos clave de la investigación son los modelos de pronósticos, la búsqueda de nuevos métodos que permitan acercarse con mayor exactitud a la demanda real futura de los clientes. Como se menciona en un artículo al respecto, hay siete claves para mejorar el pronóstico (Moon & Mentzer, 2010), puesto que existen frecuentes errores de empresas americanas en su gestión logística. Por ejemplo, el confiarse ciegamente en softwares sofisticados para la realización de pronósticos en lugar de centrarse en el análisis riguroso y la administración adecuada de ellos; los autores afirman que el uso de algún software es adecuado en la medida que se revise y se analice la información obtenida. Otro de los errores que indican en el artículo es que por lo general una empresa se comporta como una isla, que se encuentra separada del resto; tanto de sus proveedores, clientes, empresas competidoras, los autores recomiendan la cooperación e integración con alianzas estratégicas para compartir información, una especie de benchmarking de mejora de prácticas, que ayuden a mejorar la gestión de sus cadenas de suministros.

Finalmente, como referencia de propuestas de mejora para el sistema de programación y control de la elaboración de análisis clínicos, se usará la tesis de (Sue Murray, 2014), “Propuesta de mejora para el Sistema de Programación y Control de los análisis clínicos en la Clínica Dr. Ricardo Jiménez Núñez”. San José, Costa Rica. Universidad Internacional de

la Américas, Escuela de Ingeniería Industrial, tesis que desarrolla la propuesta de implementación del sistema integrado de programación y control, para el cumplimiento del tiempo meta en la resolución del análisis clínico, mediante la reducción del tiempo de las actividades manuales en un 30% con las mejoras en el proceso y el sistema de información.

### **2.3. Cadena de suministros**

Una cadena de suministro se refiere a procesos que desplazan información y material con destino y origen en los procesos de manufactura y servicio de la empresa; entre estos se cuentan los procesos de logística, que mueven físicamente los productos y los de almacenamiento, que colocan los productos para su rápida entrega al cliente (Chase & Jacobs, 2014).

### **2.4. Cadena de Valor**

Esta herramienta determina las actividades que generan valor al cliente, de acuerdo con Pardo Alvarez, (2012):

Una cadena de valor es una representación a nivel macro de los procesos operativos de una organización. Constituye el núcleo del negocio, donde se concentran los esfuerzos principales de gestión. Así, la cadena de valor da viabilidad a la organización, ya que a través de ella se generan los productos y servicios para los clientes, por los que la organización recibe una contraprestación directa o indirecta, dándole la posibilidad de subsistir como ente operacional. (Pardo Álvarez, 2012).

Desde el punto de vista de Chase & Jacobs, (2014, pág. 421), “las actividades que agregan valor y que no lo agregan, requeridas para diseñar, ordenar y ofrecer un producto o servicio”.

### **2.5. Capacidad real**

“Por capacidad real de trabajo se entiende la relación existente entre la cantidad real de trabajo en un tiempo dado y el tiempo total utilizado. Es, por tanto, la capacidad realmente lograda por una maquina en condiciones normales de operación” (Dávila, 2009, pág. 12)

### **2.6. Capacidad teórica**

Se entiende por capacidad teórica a la cantidad de trabajo producido, si una maquina o equipo trabaja el 100% de tiempo a velocidad nominal, utilizando el 100% de su anchura de trabajo, sin que ocurran pérdidas de tiempo. Como su nombre lo indica es un concepto meramente teórico (Dávila, 2009, pág. 12)

### **2.7. Clasificación A-B-C**

En el caso de empresas que cuentan con una diversa gama de productos, es de suma importancia conocer cuáles son los que representan un mayor impacto respecto a ventas y cuáles son los que se consumen en mayor cantidad. Conocer sobre los datos anteriormente mencionados brinda un panorama más adecuado, que ayuda a dar un manejo más conveniente de los productos y las políticas a seguir.

Desde el punto de vista de Negrón (2009) “la clasificación A-B-C” es una herramienta, para clasificar los artículos en inventario, en categoría A, B y C de acuerdo con su importancia. No obstante, para realizar la clasificación se utilizan varias medidas de valor, depende de los objetivos de la clasificación. Aunque la clasificación más utilizada, se basa en el valor monetario del artículo (demanda anual por costo unitario), en cuyo caso la finalidad es identificar los pocos artículos que causan mayor movimiento de dinero. Algunos otros criterios que se aplican como medida de valor son la utilidad, el costo unitario o alguna medida de riesgo.

El procedimiento para efectuar la clasificación ABC, basada en algún criterio de valor, se resume en los siguientes pasos:

1. Seleccionar el criterio de valor (por ejemplo, demanda anual por cada uno).
2. Ordenar los artículos según la importancia de su valor.
3. Calcular el porcentaje acumulado de valor para cada artículo, y el porcentaje acumulado del número de artículos.
4. Clasificar los artículos en las categorías A, B y C.

Se sugiere que la categoría A abarca los valores acumulados porcentuales menores o iguales al 80%; en la categoría B se clasifican los valores acumulados porcentuales mayores que 80%, pero menores o iguales a 95%. Los restantes artículos hasta el 100% serán clasificados como C. (Negrón, 2009).

## **2.8. Definición del proceso de planificación y control de la producción**

El proceso de planificación y control de la producción es una de las actividades más complejas y delicadas de una organización, ya que consta de un conjunto de elementos relacionados que busca la administración del sistema productivo, mediante la combinación de información y flujo de material con el fin de cumplir fechas de entrega, calidad, precio y cantidades requeridas por el mercado. En la ilustración 3, se muestran estos elementos que están colocados en varios lugares de la ruta de flujo o flujo de proceso. Además, están clasificados según su interacción con el ambiente externo y el ambiente interno de la organización (Sipper & Bulfin Jr, 2015).

En la interacción con el ambiente externo se encuentran los elementos de compra y pronóstico de demanda de los clientes. Esta última es el inicio del proceso de planificación y control de la producción. Las compras brindan al sistema de producción los insumos proporcionados por los proveedores externos (Sipper & Bulfin Jr, 2015).

En la interacción con el ambiente interno se encuentra la planeación a largo plazo que suministra información sobre la capacidad de las instalaciones para cumplir con las demandas futuras del mercado.

La planeación de la producción busca transformar los pronósticos de demanda en un plan maestro de producción; es decir, busca balancear la oferta con la demanda. La planeación detallada genera los requerimientos inmediatos de materiales y de capacidad, y realiza una programación de la producción a corto plazo. La administración de inventarios controla la materia prima, el trabajo en proceso y los bienes terminados (Sipper & Bulfin Jr, 2015).

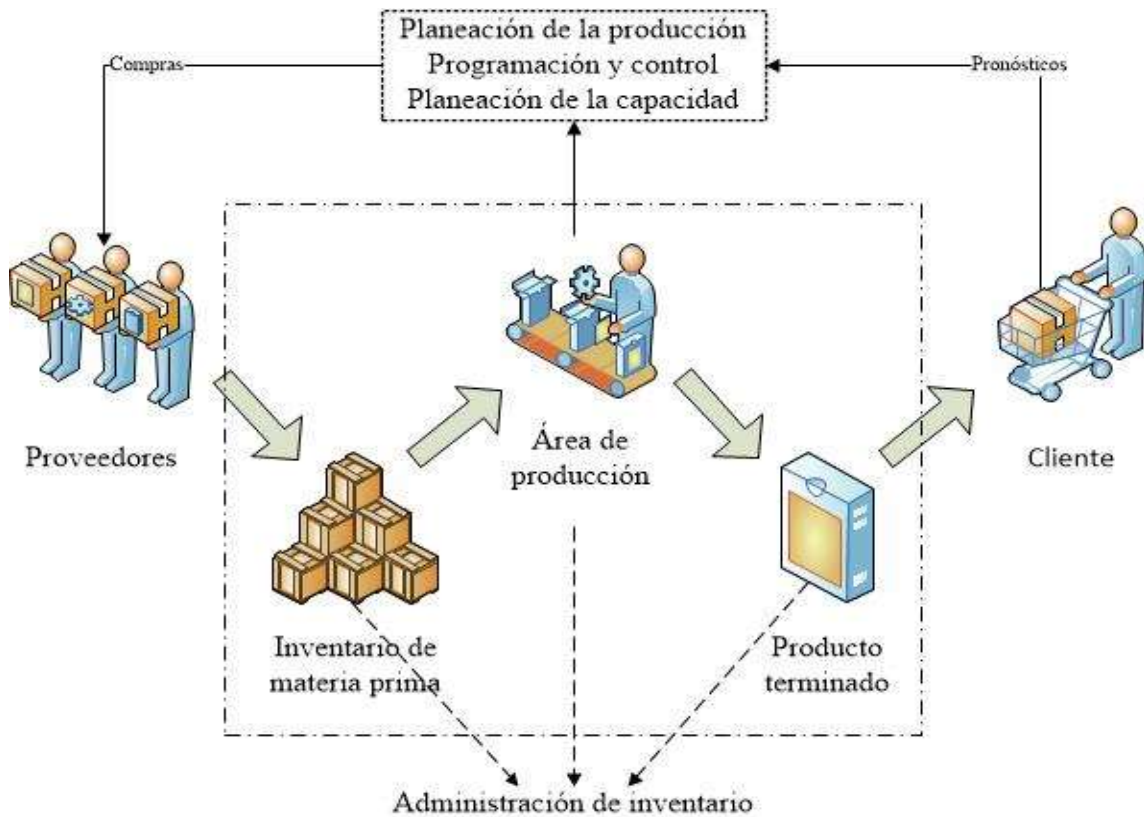


Figura 4. Elementos de planificación y control de producción.  
Fuente: Analista, noviembre 2016

## 2.9. Demanda

Como señalan Fisher & Espejo (2014), autores del libro "Mercadotecnia", la demanda se refiere a "las cantidades de un producto que los consumidores están dispuestos a comprar a los posibles precios del mercado"

Es decir, la demanda se puede considerar como el número de bienes o servicios que los clientes tienen capacidad de adquirir con intención de satisfacer alguna necesidad.

### **2.10. Diagrama de causa y efecto**

Permite analizar y detectar las causas y sub-causas de un problema y comunicarlas para facilitar su solución. Según Bonilla (2010) las principales causas en las organizaciones se agrupan generalmente en seis tipos: medio ambiente, medios de control, maquinaria, mano de obra, materiales y métodos de trabajo.

Este diagrama también es conocido como espina de pescado, por la forma del diagrama o diagrama Ishikawa, ya que fue desarrollado por Karou Ishikawa. Esta metodología emplea la lluvia de ideas y tiene su máximo valor cuando se trabaja en equipo; es decir, mediante el enunciado de muchas ideas en un grupo de discusión, se definen las causas más probables, luego las más importantes y, finalmente, se corrobora que influyan sobre el objeto en estudio.

### **2.11. Diagrama de flujo**

Presenta gráficamente los pasos y/o controles de una secuencia de eventos en un proceso. Permite conocer la ruta que siguen los materiales, con el fin de identificar aquellas áreas donde no se les está dando una adecuada manipulación, almacenamientos inadecuados, así como extravíos, entre otros. Es importante para detectar costos ocultos no productivos, como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. (Gutiérrez, 2010).

### **2.12. Diagrama de Pareto**

Vilfredo Pareto, economista italiano (1848-1923) define en su estudio de la distribución de la riqueza, que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza,

y que la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. Basándose en este principio Joseph Juran estableció la regla 80/20 en honor a Pareto, creando esta herramienta, la cual establece que la mayor parte de los problemas proviene de un número reducido de causas, el 80 % de los problemas tiene su origen en un 20 % de las causas, y viceversa. (Deulofefeu, 2012). Esta herramienta ayuda a determinar las variables de mayor peso para la resolución de un problema

### **2.13. Estudio de tiempos**

“Se separa una labor en partes para medirlas y cronometrarlas por separado. Después se combinan los tiempos individuales y se suman las permisibilidades para calcular un estándar de tiempo” (Chase & Jacobs, 2014).

Es un procedimiento de muestreo, se puede suponer que las observaciones se distribuyen normalmente respecto a una media poblacional desconocida con una varianza desconocida. Los estudios de tiempos suelen involucrar solo muestras pequeñas ( $n < 30$ ); por lo tanto, debe usarse una distribución t. de student, Entonces la ecuación del intervalo de confianza es:

$$\bar{x} \pm t = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

El término  $\pm$  puede considerarse un término de error expresado como una fracción

de  $\square$ ;

$$k\bar{x} = \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

Donde  $k$  = es una fracción aceptable de  $\square$ , por lo tanto, despejando  $n$  se obtiene:

$$n = \left( \frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$$

(Niebles & Freivals, 2009, págs. 340-342)

#### **2.14. Gestión de Inventarios.**

Según Krajewski & Ritzman (2012), la administración de inventarios se refiere a la planificación y control de los inventarios para mantener la cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas de la forma más eficiente e importante para lograr el pleno potencial de toda cadena de valor. Para esto se requiere de información sobre las demandas esperadas, las cantidades de inventario disponibles y en proceso de pedido, entre otros.

Como se puede apreciar, es importante gestionar de manera más óptima los inventarios de reactivos del laboratorio. Asimismo, la gestión del inventario dependerá del tipo de empresa, productora o comercializadora, puesto que esto determinará todas las variables que se deben considerar para que la gestión de los inventarios sea la mejor posible.

### **2.15. Inflación**

Se define como el aumento sostenido en el nivel general de precios. Frecuentemente medido por un índice de precios al consumidor. La tasa de inflación es el cambio porcentual en el nivel de precios en un periodo determinado.

### **2.16. Lote económico de compra**

Como su propio nombre lo dice, el lote económico de compra es el cálculo del tamaño de lote que nos permite reducir los costos de manera que la suma del costo de mantener el inventario y realizar el pedido sea el mínimo.

Según Krajewski & Ritzman (2012), se deben de cumplir con cinco suposiciones para poder hacer uso de este cálculo:

- La demanda del producto es conocida y constante.
- No existen limitaciones para el tamaño del lote.
- Sólo se consideran los costos de manejo de inventario y el de realizar los pedidos.
- El tiempo de entrega se conoce y es constante.
- Las decisiones tomadas sobre un producto no dependen de los demás.

Como se puede apreciar no siempre se cumplen las cinco condiciones, pero este cálculo nos permite tener un valor aproximado al que se requiere para minimizar los costos de la empresa.

El cálculo del lote económico de compra (EOQ) parte del cálculo del costo anual total que se tiene para los niveles de inventario manejados por la empresa. Este costo anual se

calcula como la suma de los costos de mantener el inventario y el costo de realizar los pedidos.

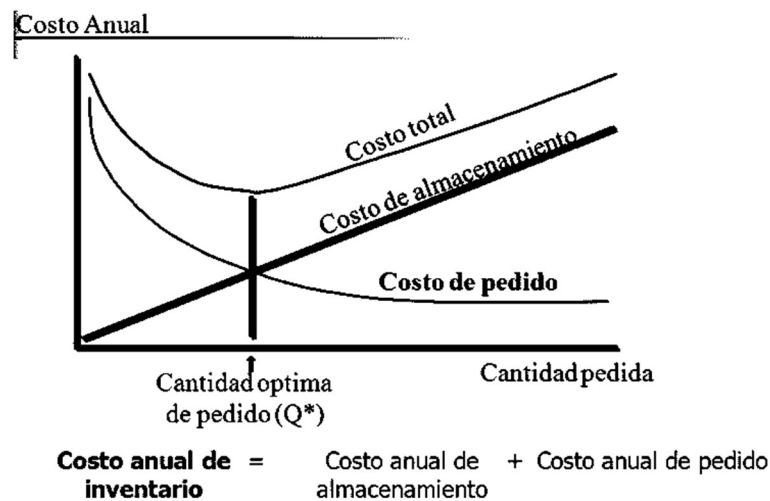
El costo anual se puede calcular del siguiente modo:

$$C = Q/2*(H) + D/Q*(S)$$

Donde:

- C = costo total anual
- Q = tamaño del lote
- H = costo de mantener una unidad en inventario durante un año
- D = Demanda anual
- S = Costo de pedir un lote

Como se puede ver en la figura 3, el costo de mantener los inventarios aumenta conforme se incrementa el tamaño del lote. En el caso del costo de realizar los pedidos sucede lo contrario, conforme aumenta el tamaño del lote disminuye el costo de realizar los pedidos.



*Gráfico. 1. Componentes de costo anual.*

*Fuente: Administración de operaciones. (Krajewski & Ritzman, 2012).*

En este sentido se puede ver que existe un tamaño de lote en el cual el costo anual es mínimo; este punto es el tamaño económico de compra (EOQ). Para poder hallar dicho

tamaño de lote se deriva la función del costo total y se iguala a cero para poder hallar el punto mínimo, finalmente se obtiene la siguiente fórmula:

$$EOQ = (2D*S/H)^{1/2}$$

### **2.17. Oferta**

Según Fisher & Espejo (2014), autores del libro "Mercadotecnia", la oferta puede ser definida como "las cantidades de un producto que los productores están dispuestos a producir a los posibles precios del mercado".

Es decir, oferta es el número de unidades que los productores tienen capacidad y están dispuestos a poner en el mercado, los cuales se ven afectados de forma directa con el precio del mercado. Esto quiere decir que, si el precio del producto decrece, por lo tanto, la oferta se verá reducida; por el contrario, si el precio del producto aumenta, la oferta se incrementará.

### **2.18. Orígenes del MRP**

En los años setenta Joseph Orlicky, un ingeniero que colaboraba para IBM, desarrolló la entonces original y novedosa técnica de planeación de requerimientos de materiales, conocida en la actualidad como MRP, mediante el concepto de diferenciar la demanda dependiente e independiente, técnica que revolucionó la industria entre los años sesenta y los setenta.

A pesar de las muchas carencias a nivel tecnológico, en los años sesenta, las personas mostraron el entusiasmo por hacer las cosas de una mejor forma, razón por la cual en la década de los setenta se registraron grandes avances en la administración de operaciones.

Fue entonces que Oliver Wight y George Plossl se darían a la tarea de desarrollar el concepto del lazo cerrado de planeación y control, y descubrieron que, si bien MRP era una técnica muy valiosa que planeaba y controlaba los materiales, asignándoles la prioridad correcta, también requería responder a dos preguntas clave: ¿qué hacer? y ¿con cuáles recursos lograrlo? y la solución que surgió fueron los conceptos de lo que ahora conocemos como planeación maestra de la producción (MPS) y planeación de requerimientos de capacidad (CRP).

### **2.19. Plan maestro de producción (PMP)**

Según Domínguez Machuca (2010) en el PMP el horizonte de planificación se subdividirá en periodos o lapsos de tiempo semanales; sin embargo, es posible que no se componga en periodos iguales, haciendo que los periodos más alejados en el tiempo sean expresados en meses, incluso en trimestres.

Del PMP (programa maestro de producción) depende la planificación de los elementos que la componen y con ello; el personal, equipos o maquinarias, compra de los recursos necesarios para poder realizar las operaciones de la empresa. De esta forma el plan de materiales derivado de la parte firme del PMP también queda congelado, garantizando cierta estabilidad en el nivel de ejecución.

Debemos tener en cuenta que el PMP utilizado en el MRP no toma en cuenta las limitaciones de capacidad por lo que el plan de materiales que se obtiene como resultado podría ser inviable. Para evitar esta situación se hace necesario la aplicación de técnicas externas como, Capacity Bills (CB) y Resource Profiles (RP).

## 2.20. Planeación de requerimientos de materiales (MRP)

Como argumenta Coffe, (2007), MRP es un conjunto de procesos y técnicas que usan como base el conocimiento de datos de material, de inventarios y el plan maestro de producción y mediante un análisis riguroso obtener los requerimientos de materiales, también contando con la posibilidad de recomendar órdenes de reposición de material.

Desde el punto de vista de Brady, (2011), las organizaciones deben controlar los tipos y cantidades de materiales que compran, planear las cantidades y los productos que tienen que ser fabricados, además tienen que determinar y planear su capacidad de forma que siempre puedan satisfacer la demanda actual y futura; todo esto con el menor costo posible y sin afectar la calidad del producto o servicio. Tomar una mala decisión en cualquiera de estas áreas generará pérdida de dinero a la empresa. Ejemplos:

- Cuando una empresa no compra la cantidad suficiente de un material o elemento utilizado en la fabricación o compra artículos incorrectos, no tendrá la capacidad para cumplir con los contratos de entrega de productos o servicios en la fecha acordada.
- Cuando una empresa compra más materiales del que serán utilizados en el corto tiempo, el dinero se está perdiendo, ni siquiera puede ser utilizado en absoluto.
- Cuando se realiza una orden de fabricación en el momento equivocado puede hacer que los plazos de cumplimiento no se cumplan y que los clientes se puedan perder.

MRP es una técnica para dar solución a una serie de problemas, proporcionando respuestas a una serie de preguntas:

- ¿Qué elementos se necesitan?

- ¿Cuántos se necesitan?
- ¿Cuándo son necesarias?

MRP se aplica no solo a los materiales que se compran a proveedores externos, sino también puede aplicarse a sub-ensambles y producción interna.

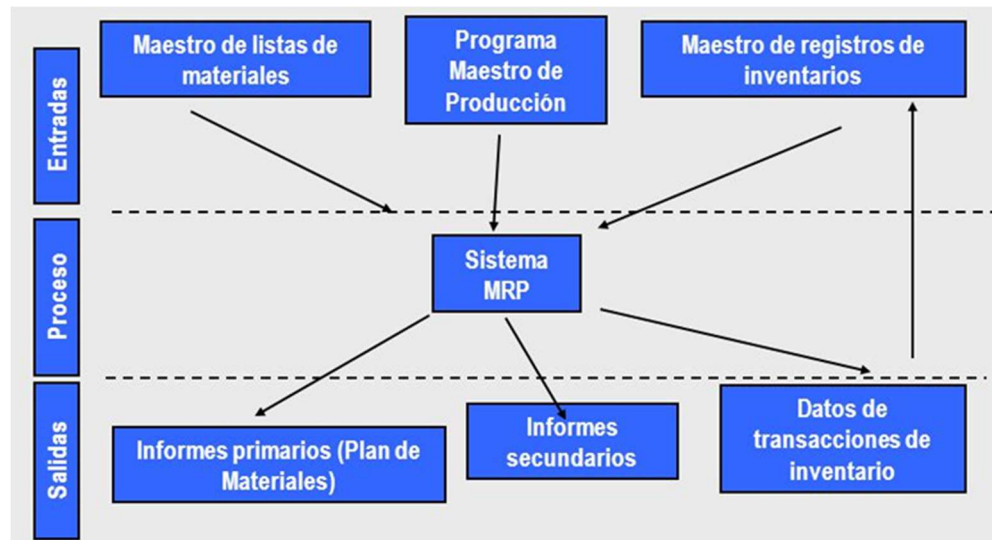


Figura 5. Esquema básico del MRP originario.  
Domínguez Machuca, 2005

## 2.21. Pronósticos

Los pronósticos son herramientas que dan soporte a la toma de decisiones en la producción y control de la producción, mediante la estimación de series temporales y diversos factores internos y externos que se utilizan como base para predecir resultados futuros reduciendo así el grado de incertidumbre y obteniendo así valores futuros con un menor grado de error permitiendo optimizar recursos para no incurrir en gastos innecesarios.

Sipper & Bulfin Jr, (2015) “Se usa el término pronosticar para hacer referencia a un método específico, en lugar de la simple adivinanza, para predecir eventos futuros”

Johnston & Marshall, (2013), exponen que “el pronóstico de ventas es una estimación de las que pueden realizarse, en moneda corriente o unidades para un periodo futuro especificado. El pronóstico se refiere ya sea a un artículo específico de mercancía o a una línea entera. También cabe la posibilidad de que sea para todo el mercado o una parte de éste. Es importante destacar que un pronóstico de ventas especifica elementos esenciales, tales como el bien, el grupo de clientes, la zona geográfica y el periodo, e incluye un plan específico de marketing y el programa de éste. Lógicamente, si el plan propuesto cambia, las ventas pronosticadas también se modificarán.

Los pronósticos de ventas suelen estar por abajo del potencial de ventas de la compañía por varios motivos, entre otros: es posible que la empresa no tenga suficiente capacidad productiva para realizar todo su potencial, su red de distribución tal vez no esté lo suficientemente consolidada o sus recursos financieros sean limitados. Asimismo, los pronósticos de ventas para una industria por lo general están por abajo del potencial de mercado del sector” (Johnston & Marshall, 2013).

### **2.21.1. Patrones de demanda**

Krajewski & Ritzman (2012) se refieren al comportamiento en el tiempo de la demanda, y los patrones básicos se detallan a continuación:

- Horizontal: la fluctuación de los datos en torno de una media constante.
- Estacional: un patrón repetible de incrementos o decrementos de la demanda.
- De tendencia: es decir, el incremento o decremento sistemático de la media de la serie a través del tiempo.

- Cíclico: una pauta de incrementos o decrementos graduales y menos previsibles de la demanda, los cuales se presentan en el curso de periodos de tiempo más largos.
- Aleatorio: una serie de variaciones imprevisibles de la demanda.

### **2.21.2. Métodos de pronósticos**

Los métodos de pronósticos se dividen en dos grupos: el método cuantitativo y el método cualitativo; el método a elegir dependerá de diversos factores como la información histórica con la que se cuenta, la complejidad del modelo que se quiera desarrollar y del resultado que la empresa desee obtener. De este modo el desarrollador del problema debe evaluar las características y requerimientos con los que se cuenta y definir el método más adecuado.

#### **2.21.2.1. Métodos cuantitativos**

Desde el punto de vista de Tamayo (2010), la metodología cuantitativa “consiste en el contraste de teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio.

La metodología cuantitativa “utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar la hipótesis establecida previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente el uso de estadísticas para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población”. De acuerdo con Marcelo Gómez (2006).

Krajewski & Ritzman (2012) señala que entre los métodos cuantitativos se pueden mencionar los métodos causales y el análisis de series de tiempos.

Los métodos causales tienen como base identificar cuáles son los factores o causas que dieron como resultado un determinado número de ventas y así poder estimar ventas futuras basadas en la variación de estas causas.

Para determinar las relaciones entre causa y efecto por medio de estos modelos estadísticos, se utiliza los históricos de venta.

Los métodos basados en el análisis de series de tiempos consisten en el uso de métodos analíticos más complicados que los cualitativos, para lo cual se emplea la información histórica de las ventas para poder determinar las tendencias y las variaciones estacionales.

En las líneas siguientes se describirá los métodos cuantitativos de mayor importancia desde el punto de vista de Krajewski & Ritzman (2012).

Regresión lineal, es un modelo matemático en el cual se cuenta con una demanda dependiente que se relaciona con una variable independiente, por medio de una ecuación lineal. La siguiente ecuación representa la relación obtenida:

$$Y = a + b(X)$$

Donde,

Y = Variable dependiente.

X = Variable independiente.

a = Intersección de la recta con el eje de Y.

b = Pendiente de la recta.

Método estacional. En una gran cantidad de empresas, existen patrones que dependen de la estación; es decir que se dan tendencias estacionales. Para poder calcular los pronósticos en estos casos se utiliza el método estacional multiplicativo que consta de cuatro pasos.

En primer lugar, se calcula la demanda promedio por estación para cada año, dividiendo la demanda anual entre la cantidad de estaciones en el año. Luego se divide la demanda real para cada estación entre la demanda promedio hallada anteriormente. Este resultado es el índice estacional para cada una de las estaciones.

Una vez que se tienen los índices estacionales para todas las estaciones, se promedian los índices de la misma estación de los distintos años que se tiene. Este resultado se denominará como el índice estacional promedio.

Finalmente, se halla la demanda para el siguiente año mediante el uso de cualquiera de los métodos cuantitativos y se divide entre la cantidad de estaciones para luego multiplicarlo por el índice estacional promedio.

Para poder determinar cuál de los métodos cuantitativos se debe emplear, se tomará aquel que tenga el menor error de medida.

Método de corrección por tendencia. Este está basado en el de ajuste exponencial, pero a diferencia de otros métodos nos permite pronosticar con una mejor precisión en aquellos casos en los que existen variaciones significativas en la demanda, debido a tendencias y estacionalidades que en el método de ajuste exponencial llevarían a errores muy altos. Para poder evitar estos errores, incluye en su modelo las tendencias que existan.

A continuación, tenemos las ecuaciones que utiliza este modelo de pronósticos:

$S(t + 1) = \alpha A_t + (1 - \alpha)(S_t + T_t)$
$T(t + 1) = \beta( S(t+1) - S_t ) + (1 - \beta)T_t$
$F(t + 1) = S(t + 1) + T(t + 1)$

Donde,

$F(t + 1)$  = Pronóstico con tendencia corregida para el periodo  $(t + 1)$ .

$S_t$  = Pronóstico inicial para el periodo  $t$ .

$T_t$  = Tendencia para el periodo  $t$ .

$B$  = Constante de ajuste de tendencia.

$T$  = Periodo de tiempo presente.

$A$  = Constante de ajuste exponencial.

$A_t$  = Demanda en periodo  $t$ .

Método de ajuste exponencial, este método consiste en calcular el pronóstico del siguiente periodo, tomando como base la demanda real y el pronóstico del periodo anterior.

Además, incluye el uso de un factor de ponderación que va entre 0 y 1 para poder determinar el grado de importancia de cada uno de los factores del pronóstico.

La ecuación para el método de ajuste exponencial es la siguiente:

$F(t + 1) = \alpha A_t + (1 - \alpha) F_t$
--

Donde,

$t$  = Periodo de tiempo presente

$\alpha$  = Constante de ajuste exponencial

$A_t$  = Demanda en periodo  $t$

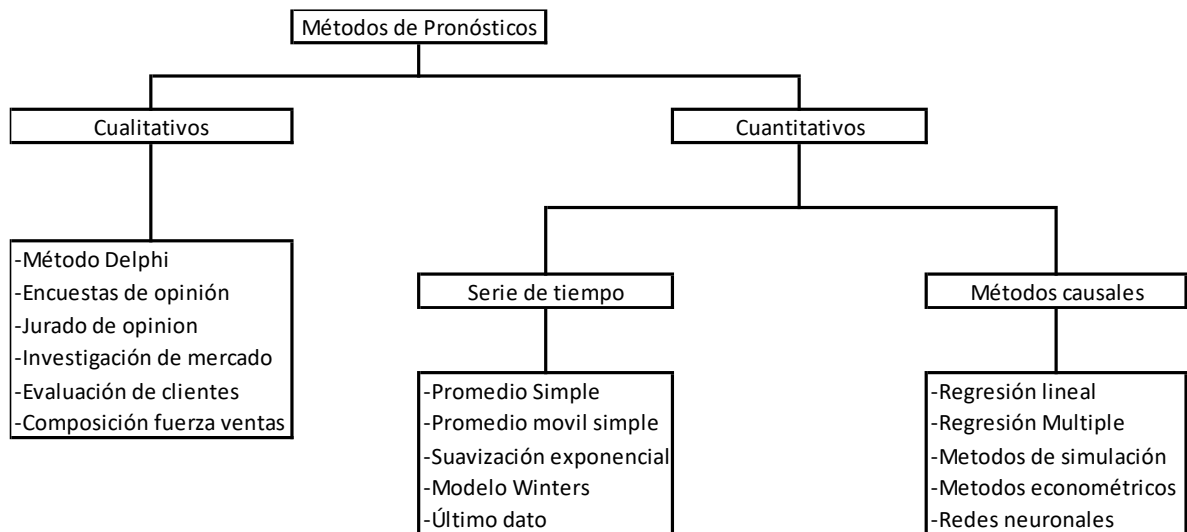
$F_t$  = Pronóstico para el periodo  $t$

$F(t + 1)$  = Pronóstico para el periodo siguiente a  $t$

Metodología para la determinación de un pronóstico.

- 1.-Especificar objetivos.
- 2.- Recolección de la oferta y demanda de análisis clínico.
- 3.-Análisis de la naturaleza de la demanda por tipo de examen.
- 4.-Seleccionar la técnica de pronóstico.
- 5.-Aplicar el método de pronóstico.
- 6.- Validación del modelo o método de pronóstico.
- 7.-Seguimiento y análisis de errores.

Descripción de los diferentes métodos de pronósticos.



*Gráfico. 2. Métodos de pronósticos.  
Fuente: Analista, noviembre 2016.*

## 2.22. Registro de inventarios

Una de las fuentes principales del plan de requerimientos de materiales (MRP) es el registro de inventarios, el cual, está conformada por tres segmentos como el segmento maestro

de datos, el segmento de estado de inventario y el segmento de datos subsidiarios. El primero, contiene la información necesaria para la programación como los códigos de artículo, tiempos de suministro y el stock de seguridad. El segundo, por las necesidades brutas, disponibilidad en almacén, recepciones programadas, necesidades netas, recepciones de pedidos planificados, lanzamientos de pedidos planificados. El tercero brinda la información sobre los pedidos espaciales y cambios solicitados (Dominguez Machuca, 2010).

Por lo tanto, el registro de inventario detalla las características del producto como el código de artículo, disponibilidad de material y/o producto terminado, ciclo de fabricación, stock de seguridad, etc. Esto, necesario para la elaboración del plan de requerimiento de materiales.

### **2.23. Sistemas de control de inventario**

Un sistema de control de inventarios debe permitirnos responder a dos preguntas: ¿Cuánto comprar? y ¿Cuándo comprar? El cálculo del EOQ nos permite responder a la primera de estas dos interrogantes. Mediante el uso de un sistema de control de inventarios debemos estar en capacidad de responder a ambas interrogantes.

Para poder determinar el sistema de control que debemos emplear se debe de conocer el tipo de demanda. En el caso de demandas independientes, de acuerdo con Krajewski & Ritzman (2012), se tienen dos sistemas de control de inventarios: De revisión continua o sistema Q y el sistema de revisión periódica o sistema P.

#### **2.24. Tasa de Descuento**

Se define como el costo de oportunidad en que se incurre al tomar la decisión de invertir en el proyecto en lugar de hacerlo en otras alternativas que puede ofrecer el mercado financiero (Meza Orozco, 2010).

#### **2.25. Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Se define como la tasa que hace que el valor actual neto sea igual a cero, o también, la tasa de interés que iguala el valor presente de los flujos descontados con la inversión (Meza Orozco, 2010).

#### **2.26. Tipos de demanda.**

La demanda puede clasificarse en dos tipos: demanda dependiente y demanda independiente.

La demanda dependiente se da cuando es consecuencia de las necesidades de producción de algún producto. Es decir, que la demanda es derivada de las partes que necesita un producto para poder ser elaborado. Se requiere tener un buen pronóstico del producto terminado para poder realizar el pronóstico de su demanda.

La demanda independiente se da cuando el producto terminado es requerido por el consumidor, final. Es decir que la demanda independiente solamente depende de las condiciones que influyen en la tendencia de los consumidores a comprar dicho producto. Los productos con demanda independiente son aquellos utilizados o consumidos por los compradores.

### **2.27. Tipos de inventario.**

Las empresas cuentan con diversos tipos de inventarios para cubrir cada una de las necesidades que se presenten al interior de la misma. De esta manera encuentran flexibilidad y mejores tiempos de respuesta ante cualquier situación no planificada.

Existen cuatro tipos de inventarios, cada uno de ellos cumple funciones específicas al interior de la empresa:

- El inventario de materia prima, compuesto por aquellos materiales que servirán para la producción.
- El inventario de productos en proceso, aquellos materiales que ya han ingresado al proceso productivo, pero que aún no son productos terminados.
- El inventario de mantenimiento, reparación y operación son aquellos materiales que se requieren para poder asegurar el correcto funcionamiento de todo el proceso productivo.
- El inventario de productos terminados, está compuesto por aquellos productos que ya se encuentran listos para ser entregados a los clientes y sirven para cubrir las variaciones en la demanda.

### **2.28. Valor Actual Neto (VAN)**

El valor actual neto se define como la diferencia entre los ingresos y los egresos en pesos de la misma fecha (Meza Orozco, 2010).

# Capítulo III

### **3. Marco Metodológico**

En este capítulo, se describe la forma en que se llevará cabo el desarrollo de la investigación, Donde empieza la búsqueda de la información, recolección de datos y posteriormente su análisis e interpretación. La metodología del proyecto incluye el tipo de investigación, las técnicas, instrumentos y procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la propuesta del SICP.

#### **3.1. Investigación**

Es un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno, siendo válida tanto el enfoque cuantitativo como para el cualitativo. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, pág. 22)

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación aplicada al desarrollo del presente proyecto es del tipo descriptivo-aplicativo, no experimental; pues no se propone comprobar alguna hipótesis experimental; sino que se establecieron algunos objetivos que orientan el trabajo, describen y analizan cada uno de los procesos productivos de la empresa; y, es de carácter aplicativo, pues su propósito es ponerlo en práctica en la empresa para su aprovechamiento.

#### **3.2. Naturaleza de la investigación**

La naturaleza de la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo esto a razón del estudio y análisis que se realizó a la información real obtenida de las fuentes de información, como la demanda, los costos y tiempos, mediante la aplicación de herramientas

de ingeniería como estudio de tiempos, Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, causa–efecto, métodos de pronósticos, cadena de valor, entre otras, para realizar el análisis de la información cuantitativa y de esta forma evaluar las diferentes variables y atributos con respecto al problema de estudio.

### **3.3. Sujetos y fuentes de información**

Los colaboradores o medios que sirven como nexos entre la empresa de estudio y el investigador, son parte de las fuentes de información. Estos también pueden formar parte de la investigación.

Las fuentes de información pueden clasificarse en primarias o secundarias.

#### **3.3.1. Primarias**

Se define como fuente primaria aquella de la cual se obtiene información directa; es decir, de donde se origina la información. Es también conocida como información de primera mano o desde el lugar de los hechos. Estas fuentes son las personas, las organizaciones, los acontecimientos, el ambiente natural, etcétera (Bernal, 2006, p. 2).

Las fuentes de información de este proyecto son las personas o medios de los que se extrae información actual o histórica, formal e informal, escrita u oral, con respecto al problema de estudio.

- Microbiólogo regente
- Técnicos
- Dueño de la empresa

- Entrevistas

### **3.3.2. Secundarias**

Se define como fuente secundaria aquella que ofrece información sobre el tema por investigar, pero que no son la fuente original de los hechos o situaciones, sino que los reverencian. Las principales fuentes secundarias para la obtención de la información son los libros, las revistas, los documentos escritos, los documentales, los noticieros y medios de información (Bernal, 2006, p. 2)

Algunos elementos considerados para la recopilación de la información:

- Historial de reportes clínicos.
- Documentos analizados
- Facturas.
- Órdenes de servicio.

## **3.4. Técnicas e instrumentos para recolectar información**

### **3.4.1. Cuantitativas**

Corresponde a la recolección de datos para probar la existencia del problema, y como base se utiliza la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

Se deber determinar que el enfoque cuantitativo presente las siguientes características:

- Se sigue rigurosamente un proceso

- Identifica las causas
- La recolección de los datos se fundamente en la medición
- Utiliza procedimientos estandarizados (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

Este enfoque es utilizado en la investigación para determinar la magnitud de las causas que generan la necesidad de enviar análisis clínicos a los laboratorios de referencia, para medir los costos, tiempos de entrega de los análisis que no pudieron ser realizados en el laboratorio, y para cuantificar los beneficios de la realización del proyecto, entre otros.

#### **3.4.2. Instrumentos**

Mecanismos que permiten hacer posible la confección y archivo de la información para el estudio e investigación. Se utilizan principalmente instrumentos como encuestas, entrevistas, recolección de datos, visitas al laboratorio, diagramas de flujo, cadena de valor, mapeo de procesos. De la misma manera se tendrá trabajos e informes realizados con anterioridad, como apoyo para el desarrollo de la investigación.

# Capítulo IV

#### 4. Diagnóstico

El presente capítulo recopila y presenta la información y elementos de interés para el estudio de programación y control de la producción, los cuales forman parte de la estructura del sistema de producción, las características, ventajas y desventajas del sistema de información que utilizan en la actualidad. Finalmente, aporta la interpretación, el análisis exhaustivo de la información obtenida y las respectivas conclusiones del trabajo.

Cabe mencionar que para efectos del presente proyecto, se aplica el diagnóstico para determinar si el sistema de inventario del Laboratorio Pujol, tiene información consistente o no sobre los gastos de reactivos, ya que el 9% de las veces se queda sin reactivos y tiene que contratar servicios de laboratorios externos para satisfacer su demanda.

Como visión del proyecto se determinó que para superar esta inconsistencia en la información, se amarraría el sistema de inventario y la cadena de suministros con el sistema de programación de los análisis clínicos, específicamente se considera importante realizar pronósticos desagregados por tipo de análisis y relacionarlos con el MRP 1 para realizar cada examen de tal forma que cuando se tenga el total de los MRP 1 correspondientes a los exámenes "A", se puedan sumar los reactivos similares e iguales y sacar un gran total de las necesidades, de acuerdo con el horizonte de planeación para cuatro meses. De forma tal que haya posibilidad de establecer los puntos de reorden, lote económico de pedir y otros sistemas que no sólo garanticen la existencia de los reactivos básicos, sino que lo haga de la forma más económica, mediante un prototipo en hoja electrónica que sirva como modelo soporte para que la empresa comprenda la importancia de la implementación del SICP.

Como primer paso, es necesario conocer de forma general el flujo del proceso general del servicio que brinda el Laboratorio. Esto se visualiza en el siguiente mapeo del proceso.

#### 4.1. Mapeo del proceso general de la empresa

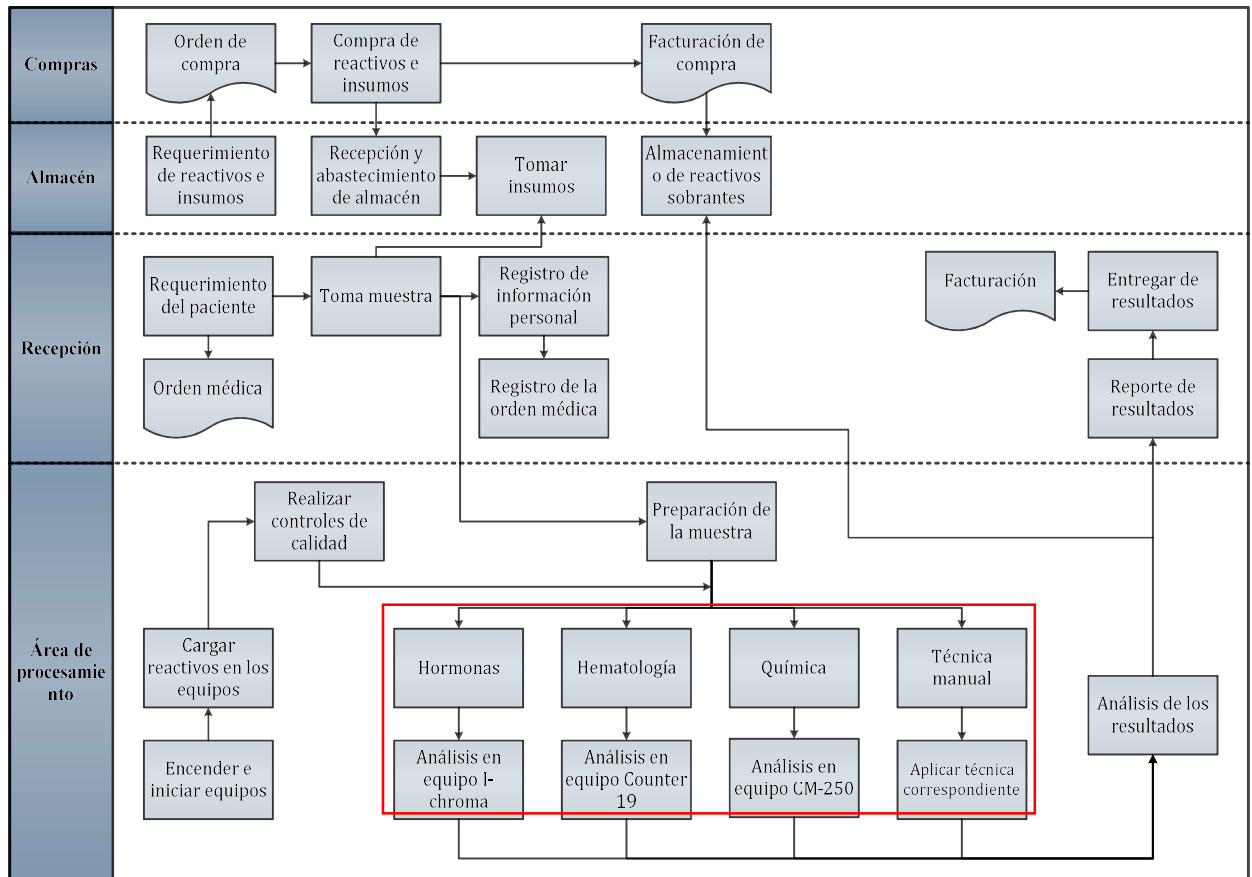


Diagrama 3. Mapeo del proceso general

Fuente: Analista, mayo 2017.

Con el desarrollo del Diagrama 3. Mapeo del proceso general se puede observar que la primera tarea del microbiólogo regente al llegar al laboratorio, es encender e iniciar los equipos, cargarlos de reactivos y realizar los controles respectivos. El tiempo para realizar estas labores es de una hora; por ello el análisis de las muestras dan inicio a partir de las 8:00 am; al mismo tiempo, la secretaria enciende el equipo de cómputo para registrar y tomar las

muestras de los pacientes, a medida que van llegando; y el técnico se encarga de preparar las muestras y los insumos necesarios, según el análisis que corresponda para que el microbiólogo las ubique en el equipo de la sección correspondiente.

Dentro del mapeo del proceso se pueden encontrar encerradas en un rectángulo rojo las cuatro secciones en las que se divide el área de análisis. Ahora, siguiendo con el análisis del proceso general, es necesario conocer las entradas y salidas del proceso general con la finalidad de identificar y establecer los requerimientos de cada una de las áreas del laboratorio; es por ello que a continuación se presenta el Gráfico 2. Cadena de valor.

#### **4.2. Cadena de valor**

Según se ha mencionado previamente, se realiza la cadena de valor para identificar el valor desde el punto de vista del cliente interno, que son las personas involucradas dentro del proceso de las actividades del laboratorio.

Con la aplicación de esta herramienta se pueden mostrar las actividades relacionadas al proceso general desde el registro del paciente hasta la entrega de resultados; y en donde se detallan los participantes internos de cada actividad y sus requerimientos; además de las variables y atributos que se presentan en cada uno de los procesos, de tal forma que se puedan visualizar todas las áreas del laboratorio como un conjunto de procesos interrelacionados.

## Cadena de valor

Procesos operativos	Registro del paciente y orden medica	Sección de sangrada	Recepción la muestra	Elaboración de análisis	Validación de resultados	Entrega de resultados
Componentes	Equipo de computo	Materiales para la toma de muestra	Frascos plásticos y tubos estériles con muestras rotuladas	Equipos de laboratorio	Los resultado obtenidos	Equipo de computo
	Sistema ERP para laboratorios	Tubos esteriles	Cantidad y calidad de la muestra	Reactivos necesarios	Historial del paciente	Servicio de internet
		orden con los análisis a realizar.		Muestras previamente preparadas		Papeleria
						Resultados validados
						Sistema del laboratorio
Participantes internos Lab Pujol	Secretaria en recepción	Técnico a cargo	Tecnico a cargo	Técnico a cargo	Microbiologo regente	Secretaria en recepción
				Microbiologo a cargo		
Clientes externos Lab Pujol	Doctores, pacientes abulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes abulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes abulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes abulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes abulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes abulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras
Clientes internos Lab Pujol	Sección de sangrado	Sección de recepción de muestras	Area de elaboración de análisis	Sección de validación de resultados	Secretaria	Doctor o paciente correspondiente
Requerimientos del cliente interno	Jeringas, algodón, agujas, torniquete, tubos, etc.	Frascos esteriles	Muestras debidamente homogenizadas o centrifugadas	Los resultados de cada análisis	Resultados validados	Reporte final del resultado
		Tubos con muestra sanguínea		Historial del paciente	Firma del microbiologo regente	Resultado debe coincidir con el nombre del paciente
	orden con los análisis a realizar.	Muestras debidamente rotulada	Reactivos necesarios	Verificación del resultado	Entrega a tiempo	
			Equipos de laboratorio			Resultados confiables
Variables y atributos	Buen trato	Precisión del sagrado	Temperatura	Cantidad de análisis	Precisión del resultado	Tiempo de entrega
	Agilidad	anatomía del paciente	El tipo de análisis	Tiempo de laboración	Tiempo de entrega	Reporte electrónico o fisico según corresponda
	Buena comunicación	El estado del paciente		Calidad del resultado		
						La presición del resultado
Indicadores	No se tienen	No se tienen	No se tienen	No se tienen	No se tienen	No se tienen

Gráfico 2. Cadena de valor  
Fuente: Analista, mayo 2017.

Con el Gráfico 2. Cadena de valor, se logra determinar el área crítica encerrada en un cuadro rojo, donde se encuentra los procesos directamente relacionados con la elaboración de los análisis; área que da inicio con la recepción de las muestras previamente preparadas por el técnico (centrifugadas, homogenizadas, ubicadas en el tubo del color correspondiente) y que son colocados por el microbiólogo en el equipo que corresponda para que éste les realice los análisis que se indicarán posteriormente en el sistema.

Se realiza un mapeo individual para cada sección (hematología, química clínica, hormonas, técnica manual), con el fin de hacer un análisis más detallado de los procesos de trabajo propios de las secciones del área de elaboración de análisis.

### **4.3. Proceso sección de hematología**

Para iniciar, se debe encender el equipo, este automáticamente corrobora si cuenta con reactivo suficiente; de no ser así, emitirá una alarma.

Una vez que el equipo esté en funcionamiento, se pasan los controles internos. Si el control da entre los parámetros esperados, se continúa procesando las muestras, que deben estar colocadas en el agitador de tubos (se necesita que la muestra esté homogénea)

En caso de que los controles se salgan de los límites, se debe recalibrar. Revisar visualmente que la muestra no contenga coágulos, en caso de ser así la muestra se debe descartar y solicitar una nueva.

Nunca se debe procesar una muestra que presenta coágulos, pues podría obstruir las tuberías internas del equipo. Además de que el resultado no es confiable, si la muestra se observa bien, el proceso puede continuar.

Se coloca el tubo bajo la aguja y se oprime el botón de aspirado. El equipo aspira la muestra e indica el momento de quitar el tubo de la aguja. Después de unos segundos, se imprimirá una hoja con el resultado, el cual debe ser analizado y archivado en la bitácora.

En caso de que el resultado muestre valores críticos (o muy altos o muy bajos) se debe revisar el historial del paciente, para observar si es un hallazgo habitual en sus resultados; si el resultado no coincide con valores similares a su historial o en caso de ser un paciente nuevo, se debe reprocesar. Al reprocesar, si la muestra repite el mismo resultado, se reporta; si difiere, se vuelve a procesar para verificar el resultado correcto.

#### 4.3.1. Reactivos necesarios

SECCION HEMATOLOGIA	COMPRAS 2016
WL 19 DILUENT AA X 20 LTS.	₡ 280,000.00
WL 19 LYSE AA X 500 ML.	₡ 210,000.00
WL 19 RINSE AA X 20 LTS.	₡ 140,000.00
WL 19 E-Z-CLEANSER AA x 100ML DIARIO	₡ 40,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>₡ 670,000.00</b>

4.3.2. Flujo del proceso de la sección de hematología

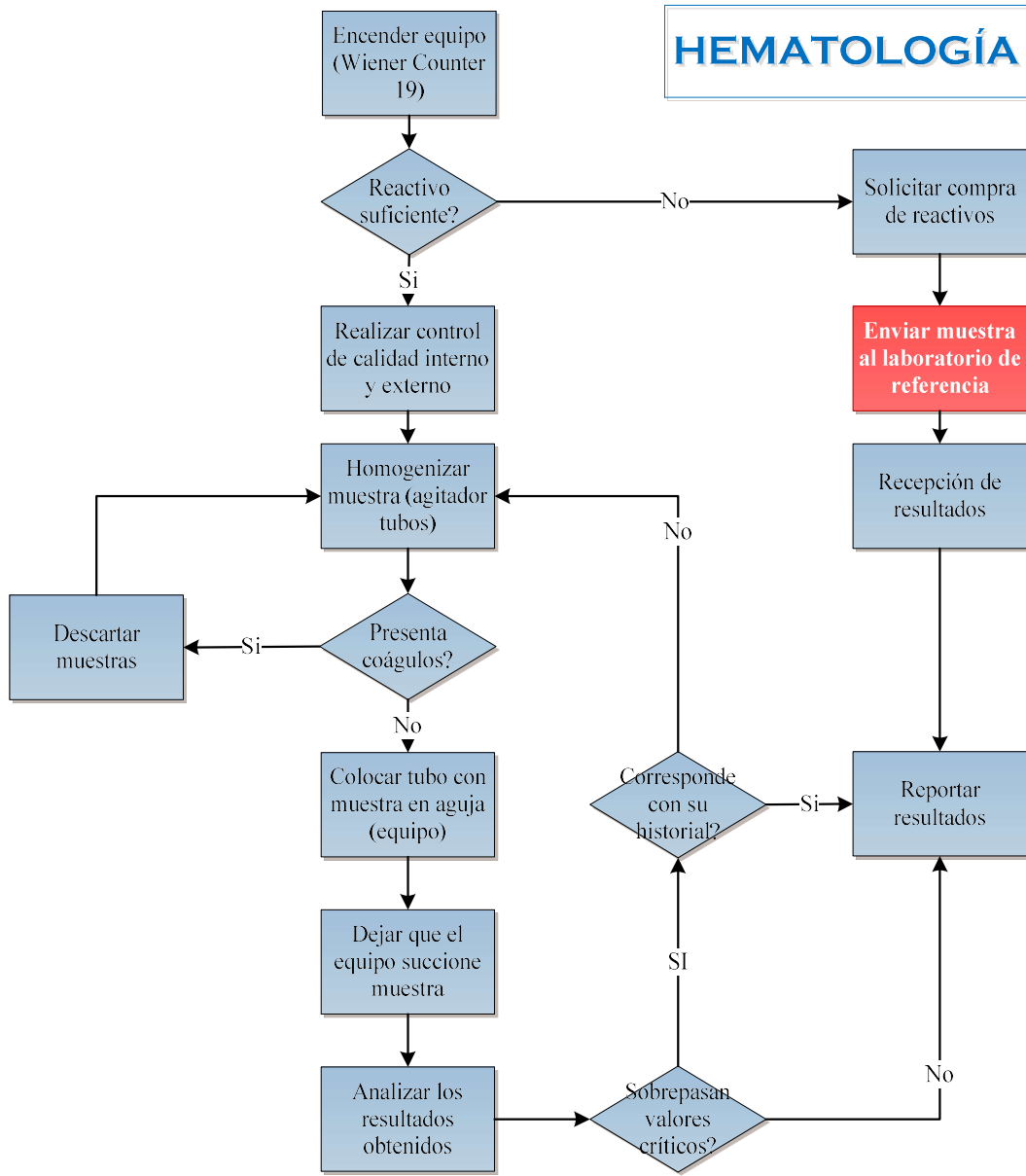


Diagrama 4. Flujo del proceso del área de hematología  
Fuente: Analista, mayo 2017.

#### 4.4. Proceso de la sección de química

Antes de encender el equipo, verificar los niveles de agua desionizada y el contenedor de desechos. Rellenar el contenedor de agua si es necesario, y/o descartar el de desechos si así lo amerita.

Encender el equipo e iniciar el programa en la computadora; se colocan los reactivos en la bandeja, de acuerdo al orden numérico que posee cada reactivo. Se programa el control de calidad en el sistema y se coloca en la posición elegida a la hora de su programación (habitualmente en la posición 1).

Se le da inicio y el equipo automáticamente realizará todos los análisis programados al control de calidad. En caso de que algún valor del control de calidad no esté entre los límites esperados, se debe calibrar y posteriormente repetir el control.

Una vez verificados los controles, se procede a programar las muestras en el sistema, colocando cada muestra en una posición de la bandeja asignada al programar, eligiendo a su vez los análisis requeridos. Una vez terminada la programación y la colocación de las muestras en sus respectivas posiciones, se inicia el sistema, finalizada la tarea del equipo CM-250 se analizan los resultados y se archivan en la bitácora.

En caso de que el resultado muestre valores críticos (o muy altos o muy bajos) se debe revisar el historial del paciente, para observar si es un hallazgo habitual en sus resultados, si el resultado no coincide con valores similares a su historial o en caso de ser un paciente nuevo, se debe reprocesar.

Al reprocesar, si la muestra repite el mismo resultado, se reporta; si difiere, se vuelve a procesar para verificar el resultado correcto.

#### 4.4.1. Reactivos necesarios

SECCION QUIMICA	COMPRAS 2016	
UREA UV CINETICA AA LIQUIDA 500 ML.	€	179,630.00
HDL CHOLESTEROL fast.	€	158,200.00
PCR PROTEINA REACTIVA 25 UNDS	€	108,110.00
CPK NAC UV AA LIQ. 5 x 20 ML	€	104,840.00
BILIRRUBINA TOTAL AA LIQ 4 X 50 ML	€	72,480.00
TG COLOR 4 X 50 ML	€	65,720.00
AGUA DESIONIZADA 5 GL	€	59,000.00
COLESTAT ENZ AA LIQUIDA 4x100ML	€	58,400.00
Y-G TEST CINETICA AALIQ 100 ML.	€	58,200.00
GLICEMIA ENZ AA LIQUIDA 4 X250 ML	€	54,800.00
GOT(AST)UV AA. LIQ. 200 ML	€	49,000.00
GPT(ALT)UV LIQ. 200ML	€	47,540.00
TW AA 2 x5 ML	€	46,000.00
PROTI U/LCR. 1 X 100 ML	€	41,400.00
CREATININA CINET. AA LIQ. 250 ML.	€	39,930.00
URICOSTAT ENZ/AA 4X50	€	37,600.00
BILIRRUBINA DIRECTA LIQ 4 X 50 ML	€	35,700.00
ALP 405 AA LIQUIDA 100ML 556 DET	€	27,600.00
PROTI 2	€	24,540.00
DEXTRO TEST 75GR POLVO	€	24,300.00
DEXTRO TEST 100GR POLVO	€	14,500.00
DEXTRO TEST 50GR POLVO	€	12,500.00
<b>TOTAL</b>	<b>€</b>	<b>1,319,990.00</b>

#### 4.4.2. Flujo del proceso de la sección de química clínica

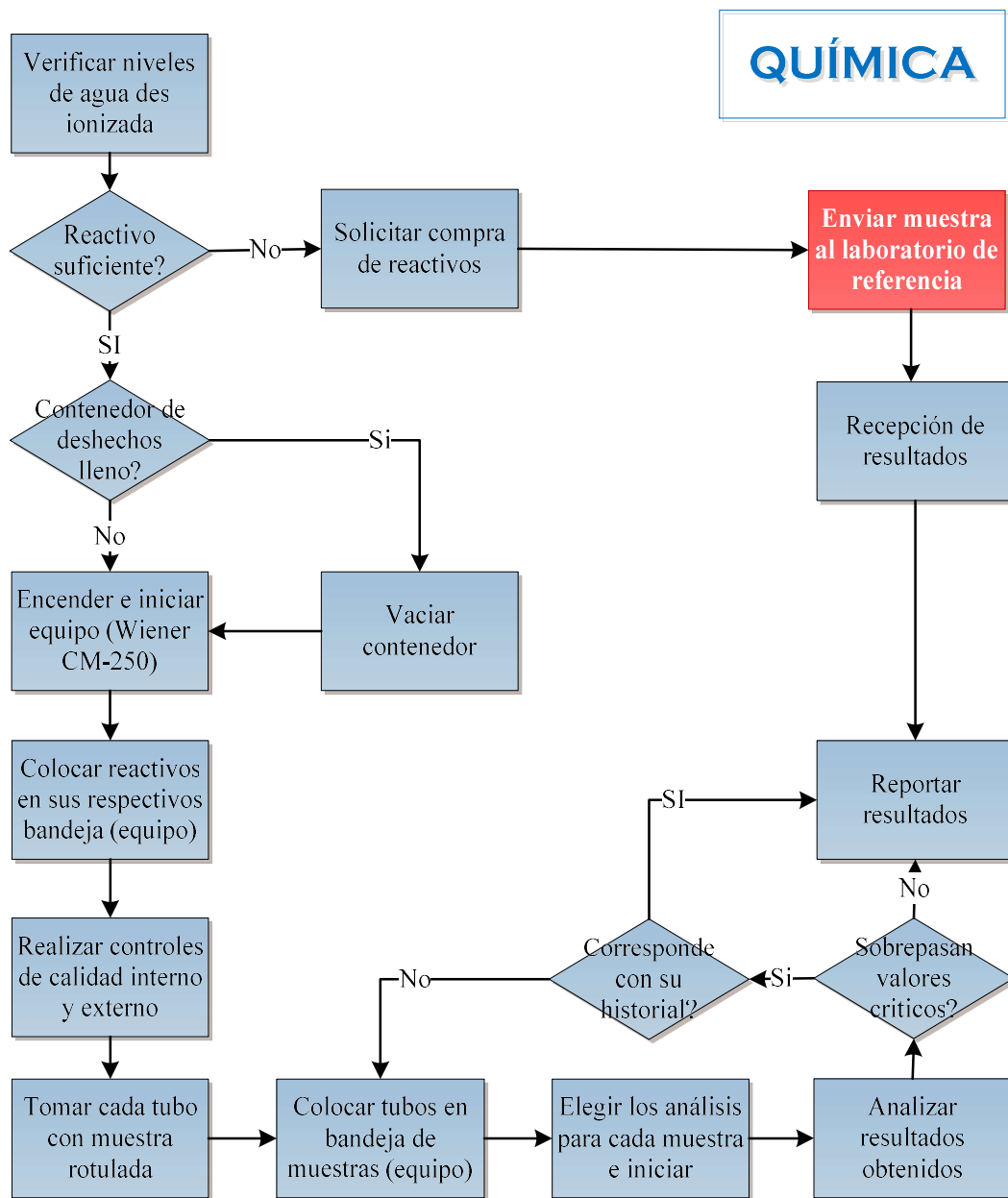


Diagrama 5. Flujo del proceso del área química clínica  
Fuente: Analista, mayo 2017.

#### 4.5. Proceso de la sección de hormonas

Antes de iniciar, se deben atemperar los reactivos a temperatura ambiente, por al menos 30 min. Encender el equipo y la incubadora (elegir la temperatura a usar de acuerdo con el análisis que se va a realizar).

Colocar el chip del análisis a realizar, mezclar la muestra con el reactivo respectivo, agregar 75 ul de esta mezcla a la placa correspondiente e incubar según el tipo de análisis: para los TSH, doce minutos a temperatura ambiente; APE, quince minutos a temperatura ambiente; T4, ocho min a 25°C y Hba1c, doce minutos a 30°C (para los dos últimos se utiliza la incubadora que tiene una capacidad para 6 muestras),

Una vez transcurrido el tiempo, introducir la placa en el equipo e iniciar. Al cabo de unos segundos, aparecerá el resultado en la pantalla.

Cuando el resultado muestre valores críticos (o muy altos o muy bajos), se debe revisar el historial del paciente, para observar si es un hallazgo habitual en sus resultados o si es una condición nueva. Si el resultado no coincide con valores similares a su historial, se debe reprocesar. Si no se cuenta con historial del paciente, se reprocesa.

Al reprocesar, si la muestra repite el mismo resultado, se reporta; si difiere, se vuelve a procesar para verificar el resultado correcto.

#### 4.5.1. Reactivos necesarios

SECCION HORMONAS	COMPRAS 2016	
TSH 25 UNDS	₡	1,219,895.10
PSA 25 UNDS	₡	878,313.80
T4 I-CHROMA 25 UNDS	₡	456,065.10
HBA1C 25 UNDS	₡	321,314.70
T3 I-CHROMA 25 UNDS	₡	302,435.10
TESTOSTERONE 25 UNDS	₡	142,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>₡</b>	<b>3,320,023.80</b>

#### 4.5.2. Flujo del proceso de la sección de hormonas

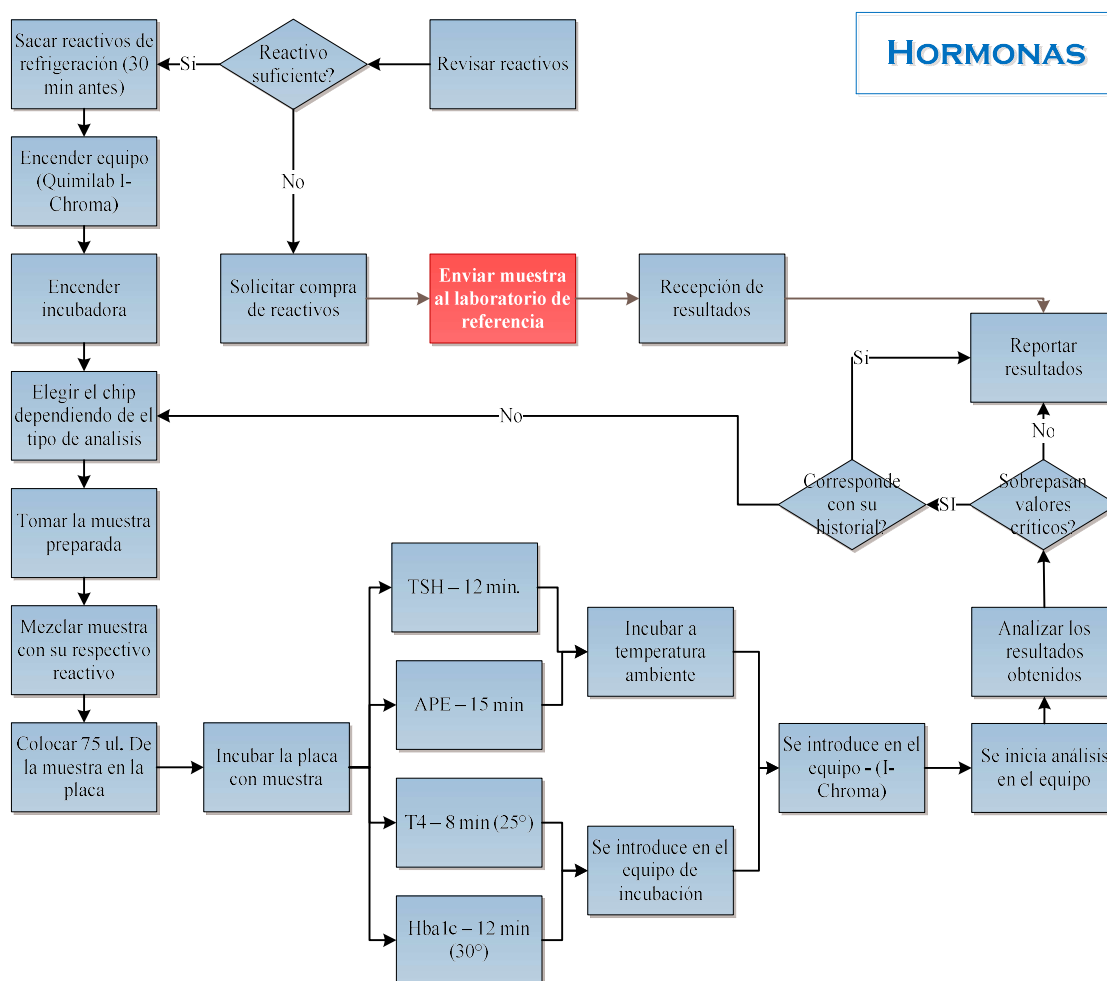


Diagrama 6. Flujo del proceso del área de hormonas

Fuente: Analista, mayo 2017.

#### 4.6. Proceso de la sección de técnica manual

Se debe centrifugar la muestra cuando hay que utilizar el suero/plasma para la prueba de embarazo. Se saca la placa de su empaque, y se agregan 3 gotas de suero/plasma en el orificio para tal fin. Al cabo de 5 minutos se lee, se interpreta y se reporta el resultado.

En el caso del uro-cultivo, en primer lugar, se deben atemperar los medios de cultivo. Posteriormente se siembra 1 ul de orina (con asa estéril) en cada placa de medio (se utiliza Agar sangre y Mconkey), realizando un rayado con una línea central y luego múltiples rayados, atravesando dicha línea.

Se incuba por 24 horas a 37°C, si las placas de los medios de cultivo presentan crecimiento, se debe hacer un recuento de las colonias (cada colonia corresponde a 1000 UFC), y se envía al laboratorio de referencia para su identificación y antibiograma.

En caso de que ninguna de las placas presente crecimiento, se re-incuba a 37°C por otras 24 horas. Si hay crecimiento, se realiza recuento y se envía al laboratorio de referencia. Si no hay crecimiento después de 48 horas, se reporta como negativo; esperar respuesta del laboratorio de referencia, y reportar.

En cuanto al examen general de orina o EGO, primero se debe trasladar 10 cc de orina a un tubo de vidrio. Se introduce una tira reactiva dentro del tubo, de manera que se moje con la muestra, y se saca inmediatamente. Se lee sobre una toalla de papel, comparando los colores obtenidos de la tira, con los colores indicados por el fabricante de las tiras.

Centrifugar el tubo por 10 minutos, botar el sobrante y observar el sedimento entre porta y cubreobjetos en el microscopio. Analizar lo observado, y reportar.

#### 4.6.1. Flujo del proceso de la sección de técnica manual

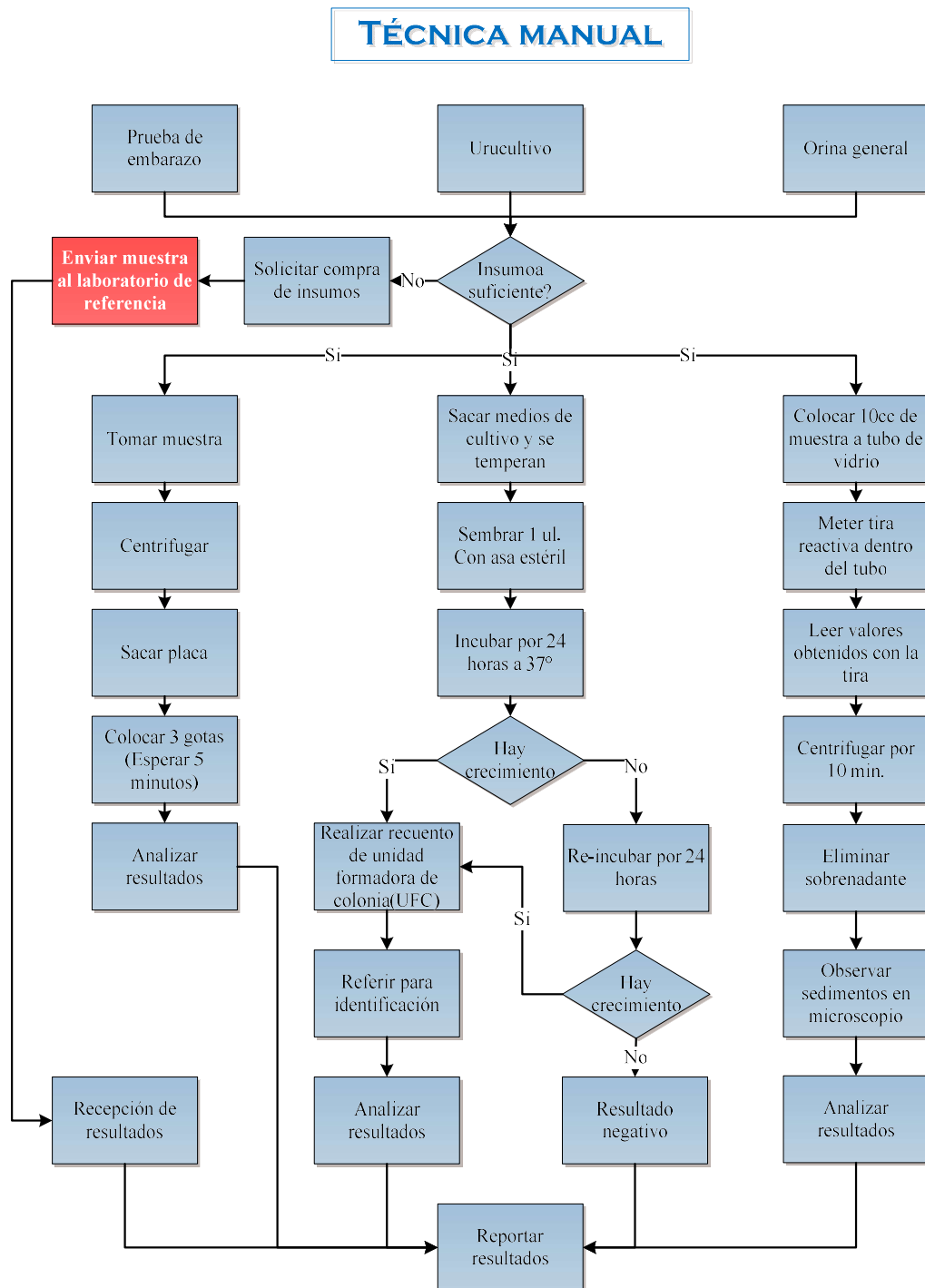


Diagrama 7. Flujo del proceso del área de técnica manual  
Fuente: Analista, mayo 2017.

#### 4.6.2. Reactivos necesarios

SECCION TECNICA MANUAL	COMPRAS 2016	
URINE STRIP - 10 (100 TIRAS).	₡	72,000.00
URITEST EF. LIOLFILCHEM	₡	21,000.00
AGAR CHOCOLATE 10 PLACAS 90MM LIOFILCHEM	₡	5,300.00
AGAR MACCONKEY 10UDS 90 MM LIOFILCHEM	₡	44,000.00
AGAR MANITOL SAL 10 PLACAS 90MM LIOFILCHEM	₡	5,200.00
AGAR SANGRE BASE COLUMBIA 10 UNDS	₡	44,800.00
ASAS BACTEREOLOGICAS 1UL FLEX ESTERILES	₡	4,600.00
<b>TOTAL</b>	<b>₡</b>	<b>196,900.00</b>

De la comparación de los Diagrama 4, Diagrama 5, Diagrama 6, Diagrama 7, se pudo observar que hay una actividad señalada en rojo que se repite en todas las secciones y está el envío de muestras a laboratorios externos y, precisamente por la ausencia de reactivos suficientes para realizar los análisis dentro de las instalaciones, actividades que serán analizadas a lo largo del diagnóstico. Pero como paso previo, se procede a excluir las secciones que no sean representativas con respecto al problema.

#### 4.7. Delimitación de las secciones involucradas

Es necesario determinar cuáles son los alcances y las limitaciones del presente proyecto para efectos del diagnóstico. Por esta razón se excluye la sección de técnica manual, debido a que muchos de los análisis dentro de esta sección no requieren reactivos y son realizados por el técnico en el tiempo que el microbiólogo realiza el análisis de las otras secciones. Además, la mayoría se realiza dentro de las mismas instalaciones, pues la mayor demanda de esta sección, son uro-cultivos; proceso que requiere de aproximadamente dos días, un día para el crecimiento de las colonias, y otro día para las pruebas de identificación y antibiograma, características por los cuales varía el tiempo promedio de los análisis dentro

de esta sección; y no se consideraran dentro del desarrollo del diagnóstico; sin embargo, los insumos necesarios para esa sección, pueden ser integrados al sistema si llegan a volverse críticos.

En la Tabla 4. Análisis referidos por sección 2016. Se presenta el número de análisis que tuvieron que ser referidos a laboratorios externos; datos obtenidos del anexo 1, como se mencionó, la sección de técnicas manual solo representa el 9% del total.

Sección	Análisis referidos 2016	Porcentaje
Química clínica	800	59%
Hematología	210	16%
Hormonas	220	16%
Técnica manual	124	9%
<b>TOTAL</b>	<b>1354</b>	<b>100%</b>

Tabla 4. Análisis referidos por sección 2016

Fuente: Analista, mayo 2017.

### RELACIÓN ANALISIS REFERIDOS 2016

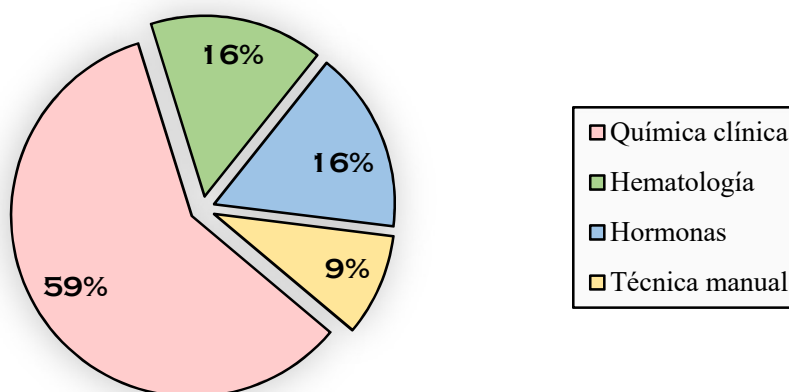


Gráfico 3. Relación de análisis referidos

Fuente: Analista, mayo 2017.

El siguiente paso es identificar y clasificar los reactivos e insumos necesarios correspondientes a las secciones de hematología, química clínica y hormonas, que son las

secciones de mayor impacto, como se demuestra en el Gráfico 3. Relación de análisis referidos. Una vez recopilados los reactivos e insumos críticos, se procede a aplicar la herramienta clasificación ABC.

Para manejar mejor los reactivos de las secciones de estudio, es necesario identificar cuáles son los de mayor impacto; es decir, los reactivos que tuvieron mayor demanda para el desarrollo de las actividades del año 2016.

A continuación, se presenta la Tabla 5. Clasificación de reactivos:

#### 4.8. Clasificación ABC

Reactivos	Compras (2016)	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Clasificación
TSH 25	₡ 1,219,895.10	22.97%	22.97%	A
PSA 25	₡ 878,313.80	16.54%	39.51%	A
T4 I-CHROMA	₡ 456,065.10	8.59%	48.10%	A
HBA1C	₡ 321,314.70	6.05%	54.15%	A
T3 I-CHROMA	₡ 302,435.10	5.70%	59.85%	A
WL 19 DILUENT AA	₡ 280,000.00	5.27%	65.12%	A
WL 19 LYSE AA	₡ 210,000.00	3.95%	69.08%	A
UREA UV CINETICA	₡ 179,630.00	3.38%	72.46%	A
HDL CHOLESTEROL	₡ 158,200.00	2.98%	75.44%	B
TESTOSTERONE	₡ 142,000.00	2.67%	78.11%	B
WL 19 RINSE AA	₡ 140,000.00	2.64%	80.75%	B
PCR PROTEINA REACT	₡ 108,110.00	2.04%	82.79%	B
CPK NAC UV AA LIQ.	₡ 104,840.00	1.97%	84.76%	B
BILIRRUBINA TOTAL	₡ 72,480.00	1.36%	86.13%	B
TG COLOR	₡ 65,720.00	1.24%	87.36%	B
AGUA DESIONIZADA	₡ 59,000.00	1.11%	88.47%	B
COLESTAT ENZ AA	₡ 58,400.00	1.10%	89.57%	B
Y-G TEST CINETICA	₡ 58,200.00	1.10%	90.67%	B
GLICEMIA ENZ AA	₡ 54,800.00	1.03%	91.70%	B
GOT(AST)UV AA. LIQ.	₡ 49,000.00	0.92%	92.63%	B
GPT(ALT)UV LIQ.	₡ 47,540.00	0.90%	93.52%	B

TW AA	₡	46,000.00	0.87%	94.39%	B
PROTI U/LCR.	₡	41,400.00	0.78%	95.17%	C
WL 19 E-Z-CLEANSER	₡	40,000.00	0.75%	95.92%	C
CREATININA CINET.	₡	39,930.00	0.75%	96.67%	C
URICOSTAT ENZ/AA	₡	37,600.00	0.71%	97.38%	C
BILIRRUBINA DIRECT	₡	35,700.00	0.67%	98.05%	C
ALP 405 AA LIQUIDA	₡	27,600.00	0.52%	98.57%	C
PROTI 2	₡	24,540.00	0.46%	99.03%	C
DEXTRO TEST 75GR	₡	24,300.00	0.46%	99.49%	C
DEXTRO TEST 100GR	₡	14,500.00	0.27%	99.76%	C
DEXTRO TEST 50GR	₡	12,500.00	0.24%	100.00%	C
<b>TOTAL</b>	<b>₡</b>	<b>5,310,013.80</b>	<b>100%</b>	<b>100.00%</b>	

*Tabla 5. Clasificación de reactivos  
Fuente: Analista, mayo 2017.*

Una vez identificadas las secciones de mayor impacto y clasificados sus requerimientos de reactivos, se procede con el cálculo de las secciones del proceso de elaboración de análisis. Es necesario trasladar todos los factores que intervienen a una misma unidad de tiempo; se usarán los minutos para poder comparar la información obtenida y se realiza la toma de tiempos de los procesos de cada sección del laboratorio, según interés de este estudio.

#### **4.9. Estudio de tiempos**

Según Chase & Jacobs (2014), el estudio de tiempos consiste en separar una labor en partes para medirlas y cronometrarlas por separado. Después se combinan los tiempos individuales y se suman las permisibilidades para calcular un estándar de tiempo.

Basados en lo anterior, el siguiente paso es determinar el tiempo estándar de las actividades por sección.

Es preciso recordar que el tiempo estándar, es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de cansancio.

Uno de los elementos que se debe considerar al realizar el cálculo del tiempo estándar, es el índice de desempeño o valoración del ritmo de trabajo; por ello se diseña la Tabla 6. Escala de valoración del desempeño de trabajo, según corresponda.

Escala	Descripción
0	Actividad nula.
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros, parece dormido, sin interés en el trabajo.
75	Constante, resuelto, sin prisa, parece lento pero no pierde el tiempo.
100 (ritmo tipo)	Activo, capaz, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima del obrero calificado medio
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de durar por varios periodos.

*Tabla 6. Escala de valoración  
Fuente: Analista, mayo 2017*

Para efectos del estudio de tiempos en las actividades desempeñadas en el Laboratorio Pujol y debido a que esta empresa cuenta con trabajadores de mucha experiencia en los procesos de elaboración de análisis en las diferentes secciones del laboratorio; y, a razón de que el encargado para realizar los procesos del estudio de tiempos fue el mismo microbiólogo,

se tomó como ,valoración del desempeño el 125% (muy rápido, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima del obrero calificado medio).

Establecida la valoración del desempeño del proceso de elaboración de análisis, se procede con la determinación de las tolerancias.

#### 4.9.1. Tolerancias

La tolerancia personal es aquel tiempo que se concede a un empleado para cuestiones personales como:

- a) Platicar con sus compañeros sobre temas que no concierne al trabajo.
- b) Ir a los sanitarios.
- c) Beber.
- d) Cualquier otra razón controlada por el operador para no trabajar.

Los empleados necesitan tiempo personal y ningún gerente debe irritarse por los lapsos razonables dedicados a esta actividad (Meyers, 2013, pág. 171).

<b>TABLA DE SUPLEMENTOS</b>	
<b>Suplemento</b>	<b>Tolerancia (%)</b>
Necesidades personales	6
Fatiga	3
Trabajar de pie	2
Postura anormal	0
Tensión auditiva	2
Calidad de aire, calor y humedad	0
Iluminación	0
<b>Total</b>	<b>13</b>

*Tabla 7. Tolerancias personales  
Fuente: Analista, mayo 2017*

Una vez obtenidas la escala de valoración y las tolerancias del personal, lo siguiente es calcular el tamaño de la muestra que cumpla con todas las características de la población de estudio.

#### 4.9.2. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra o cálculo de número de observaciones es un proceso importante, debido a que de este depende, en gran medida, el nivel de confianza de estudio de tiempos. Esta herramienta tiene como objetivo determinar el valor promedio representativo para cada sección del laboratorio. Con el fin de determinar el número de tiempo a tomar por proceso, se utilizó la siguiente ecuación, para un numero de observaciones preliminares de  $n' = 10$ .

$$N = \frac{S * (Z)}{X_{mi} * precisión}^2$$

- S = Desviación estándar
- X<sub>mi</sub> = Promedio muestra inicial
- n' = Nivel de confianza
- Precisión de error = 143,01

##### 4.9.2.1. Cálculo de muestra definitiva sección de hematología

Se da inicio al cálculo de la muestra tomando como base una muestra preliminar de 10 observaciones, con un nivel de confianza del 95%.

Sección de hematología	Minutos
x (promedio)	1.504
S (desviación estándar)	0.067
Z (error)	1.960
k (error)	0.050
<b>Tamaño de muestra final</b>	<b>3.076</b>

*Tabla 8. Cálculo de muestra definitiva sección de hematología  
Fuente: Analista, mayo 2017*

Calculado el tamaño de la muestra definitiva en la Tabla 8, se realiza la toma de la muestra definitiva (ver anexo # 3) y se procede a realizar el cálculo del tiempo estándar como se observa en la Tabla 9, que será el tiempo a utilizar para determinar el tiempo de operaciones de la sección de hematología, en relación con las capacidades de la empresa.

Sección	Tiempo promedio	Valoración	Tiempo normal	Tolerancias	Tiempo estándar
Hematología	1.518	125%	1.90	13%	2.14

*Tabla 9. Tiempo estándar sección de hematología  
Fuente: Analista, mayo 2016*

Con el cálculo del tiempo estándar mostrado en la Tabla 9, se obtiene que el tiempo para realizar un análisis o tiempo de ciclo es 2.14 minutos, desde que toma la muestra y la coloca en la aguja del equipo, hasta que archiva los resultados en la bitácora y se repite el proceso.

Una vez que se haya establecido los tiempos para realizar un análisis en la sección de hematología, se procede con el cálculo de las siguientes secciones de estudio.

#### **4.9.2.2. Cálculo de muestra definitiva sección de química clínica**

Con una muestra preliminar de 10 observaciones se obtuvo el tamaño de la muestra definitiva para la sección de química en la Tabla 10.

<b>Sección de química clínica</b>	<b>Minutos</b>
x (promedio)	1.380
S (desviación estándar)	0.110
Z (error)	1.960
k (error)	0.050
<b>Tamaño de muestra final</b>	<b>9.852</b>

*Tabla 10. Cálculo de muestra definitiva sección de química*

*Fuente: Analista, enero 2017*

La muestra definitiva arrojó 19 observaciones (ver anexo # 2), con lo cual se obtiene la Tabla 11 con el tiempo estándar para realizar un análisis en la sección de química.

<b>Sección</b>	<b>Tiempo promedio</b>	<b>Valoración</b>	<b>Tiempo normal</b>	<b>Tolerancias</b>	<b>Tiempo estándar</b>
Química clínica	2.69	125%	3.36	13%	3.80

*Tabla 11. Tiempo estándar sección de química*

*Fuente: Analista, mayo 2017*

Con el cálculo del tiempo estándar de la sección de química clínica, se logró determinar que el tiempo para realizar un análisis es de 3.8 minutos.

#### **4.9.2.3. Cálculo de muestra definitiva sección de hormonas**

Finalmente se obtiene el tamaño de la muestra definitiva para la sección de hormonas, expuesto en la Tabla 12 y con la Tabla 13, se logra determinar que el tiempo estándar para realizar un análisis en esta sección, es de 7.83 minutos.

<b>Sección de hormonas</b>	<b>Minutos</b>
x (promedio)	5.510
S (desviación estándar)	0.135
Z (error)	1.960
k (error)	0.050
<b>Tamaño de muestra final</b>	<b>9.210</b>

*Tabla 12. Cálculo de muestra definitiva sección de hormonas*

*Fuente: Analista, mayo 2017*

Sección	Tiempo promedio	Valoración	Tiempo normal	Tolerancias	Tiempo estándar
Hormonas	5.545	125%	6.93	13%	7.83

*Tabla 13. Tiempo estándar sección de hormonas  
Fuente: Analista, mayo 2017*

Obtenido el tiempo estándar para realizar un análisis en cada sección del laboratorio, según se indica en la Tabla 9, Tabla 11, Tabla 13, se calcula la demanda real de la empresa que es la suma del histórico de la demanda satisfecha, datos tomados de la Tabla 1; la demanda insatisfecha, datos de la Tabla 2, y los reprocesos del año 2016, dato obtenido del sistema del laboratorio para la sección de hematología. Se reprocesó el 11% de las muestras, el 5% en la sección de química y el 4% para la sección de hormonas. A continuación, se presenta el cálculo de la demanda real por sección, en la Tabla 14.

Demanda real 2016	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Hematología	299	285	327	325	351	318	342	358	344	304	400	258
Química	873	710	1037	963	1011	779	719	966	950	839	1120	695
Hormonas	153	206	216	215	217	191	210	255	209	270	299	164

*Tabla 14. Demanda real por sección 2016  
Fuente: Analista, mayo 2017*

Establecida la demanda real anual de 17178 análisis mostrados de forma mensual en la Tabla 14 y el tiempo de ciclo para realizar un análisis en cada sección en las tablas (Tabla 9, Tabla 11, Tabla 13); se procede a calcular el tiempo invertido por mes para la demanda real del 2016, expuesto en la Tabla 15, para compararla con la capacidad real del laboratorio más adelante y determinar si la empresa cuenta con la capacidad para realizar los análisis que se refieren a laboratorios externos.

Tiempo invertido	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Hematología	641	612	702	697	752	681	733	769	738	652	859	553
Química	3314	2693	3938	3654	3838	2958	2730	3666	3606	3186	4250	2637
Hormonas	1202	1611	1692	1684	1701	1496	1643	1995	1635	2117	2338	1284
<b>Tiempo (min)</b>	<b>5156</b>	<b>4916</b>	<b>6333</b>	<b>6036</b>	<b>6291</b>	<b>5135</b>	<b>5106</b>	<b>6429</b>	<b>5979</b>	<b>5956</b>	<b>7447</b>	<b>4474</b>

*Tabla 15. Tiempo invertido por mes*

*Fuente: Analista, mayo 2017*

Una vez que se ha calculado el tiempo invertido por mes para satisfacer la demanda del 2016, se calculan las capacidades del laboratorio en tiempo (minutos) para realizar la comparación del tiempo disponible y el tiempo invertido.

#### **4.10. Determinación de las capacidades**

En las hojas a continuación se presentan los cálculos de la capacidad real y teórica en minutos de acuerdo con la teoría consultada:

Ninguna medición de la capacidad es aplicable a todas las situaciones. Los hospitales miden su propia capacidad por el número de pacientes que pueden ser tratados cada día; un comerciante minorista mide la capacidad en función del valor monetario de las ventas generadas por metro cuadrado; una aerolínea usa como medida de capacidad el número S asientos-millas disponibles (ASM) al mes; un teatro mide la capacidad por el número de sus localidades; y un taller con producción intermitente tiene como medida de capacidad, el número de horas máquina. En general, la capacidad se expresa en cualquiera de estas premisas (Krajewski & Ritzman, 2012, pág. 302).

Basados en la premisa anterior, se realizó el cálculo de las capacidades como unidad de medida, el tiempo en minutos para un análisis más profundo y realista de la demanda con respecto a la capacidad real; es conveniente determinar el índice de utilización de la capacidad en el laboratorio y realizar un plan de acción que se ajuste a la necesidad del problema de la información recopilada.

#### **4.10.1. Capacidad real**

“Por capacidad real de trabajo se entiende la relación existente entre la cantidad real de trabajo en un tiempo dado y el tiempo total utilizado. Por tanto, es la capacidad realmente lograda por una maquina en condiciones normales de operación” (Dávila, 2009, pág. 12)

Según explica (Goldratt, 2016, pág. 205):

la capacidad de producción es limitada y establecida por la capacidad del recurso “cuello de botella”; sin embargo, en un laboratorio clínico donde los procesos varían dependiendo de la cantidad y tipo de análisis que establezca la demanda, no se puede señalar un cuello de botella específico; es por ello que, para determinar la capacidad real, es decir el tiempo real en el que se pueden realizar los análisis, es preciso hacer un recuento de las actividades que no intervienen directamente con la elaboración de los análisis y que deben realizarse antes o después para poder seguir con el proceso productivo.

Es así como se obtuvo la capacidad real en minutos por mes en las que el laboratorio puede dedicarse única y exclusivamente a la realización de los análisis clínicos, tomando los días como se puede apreciar en la Tabla 16. Capacidad real Laboratorio Pujol.

Tiempo de operación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días laborados	21	21	23	21	22	22	21	23	22	21	22	22
Horas diarias	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Inicio y control equipos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hora de almuerzo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Horas disponibles equipo	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>Tiempo mensual minutos</b>	<b>10080</b>	<b>10080</b>	<b>11040</b>	<b>10080</b>	<b>10560</b>	<b>10560</b>	<b>10080</b>	<b>11040</b>	<b>10560</b>	<b>10080</b>	<b>10560</b>	<b>10560</b>

*Tabla 16. Capacidad real Laboratorio Pujol  
Fuente: Analista, mayo 2017*

Es necesario conocer los días laborados por mes y el tiempo real invertido en realizar los análisis para calcular la capacidad real. Por ello, es importante resaltar que, para poder iniciar las operaciones, primero se debe encender, acondicionar y realizar los controles de calidad de los equipos; este tiempo está establecido por el laboratorio, que es de 1 hora. Al iniciar la jornada de 7:00 a m a 8:00 a m, se da inicio con la elaboración de análisis en los equipos, y el microbiólogo es el encargado de activarlos.

También es necesario tomar en cuenta la hora de almuerzo, por lo que el tiempo real para realizar análisis en los equipos es de 8 horas por día; de esta forma se obtiene el tiempo mensual en minutos, multiplicando las horas equipo, por los días laborados y haciendo la conversión a minutos, se establece que la capacidad real para elaborar análisis es de 10080 a 11040 minutos por mes, como se puede apreciar en la Tabla 16.

#### **4.10.2. Capacidad teórica**

Se entiende por capacidad teórica la cantidad de trabajo producido, si una máquina o equipo trabaja el 100% de tiempo a velocidad nominal, utilizando el 100% de su anchura de trabajo, sin que ocurran pérdidas de tiempo. Como su nombre lo indica, es un concepto meramente teórico (Dávila, 2009, pág. 12)

Es la producción máxima teórica que se lograría conseguir. Es ubicar al laboratorio en el mejor de los escenarios; es decir, que logra alcanzar su meta bajo las condiciones ideales, sin tener tiempos de paro en ajustes de equipos o en horarios de almuerzo.

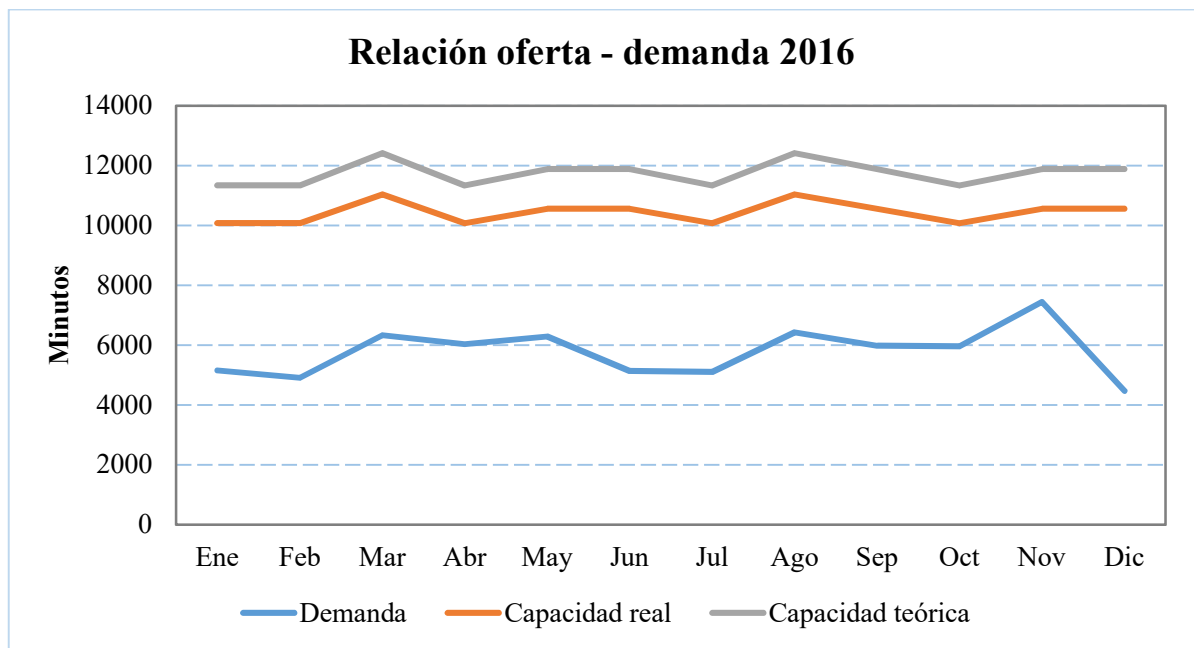
Se debe calcular la jornada diaria y restarle las actividades que se deben realizar de forma estricta, antes de poder iniciar operaciones. En el caso de los laboratorios clínicos, que por su naturaleza trabajan con la salud de las personas, es de vital importancia contar con controles estrictos que aseguren la calidad de los resultados; por ello es importante realizar controles de calidad diarios y calibraciones según corresponda y que el proceso productivo se lleve a cabo durante la jornada completa.

Capacidad teórica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días laborados	21	21	23	21	22	22	21	23	22	21	22	22
Jornada diaria	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Inicio y control equipos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Horas disponibles equipo	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
<b>Tiempo mensual minutos</b>	<b>11340</b>	<b>11340</b>	<b>12420</b>	<b>11340</b>	<b>11880</b>	<b>11880</b>	<b>11340</b>	<b>12420</b>	<b>11880</b>	<b>11340</b>	<b>11880</b>	<b>11880</b>

*Tabla 17. Capacidad teórica Laboratorio Pujol  
Fuente: Analista, mayo 2017*

Como lo representa la Tabla 17. Capacidad teórica Laboratorio Pujol, la capacidad teórica para elaborar los análisis es de 11340 a 12420 minutos por mes. Cabe recordar que este tiempo es obtenido siempre y cuando el laboratorio y sus procesos se encuentren bajo las mejores condiciones y eliminando el tiempo que no se encuentre dentro del proceso de elaboración de análisis.

#### 4.10.3. Gráfico 4. Relación capacidad vs demanda



*Gráfico 4. Relación capacidad vs demanda.  
Fuente: Analista, mayo 2017*

Finalmente con el Gráfico 4, se determina que la capacidad teórica y capacidad real promedio por mes es de 11745 y 10440 minutos respectivamente.

El tiempo promedio invertido mensual en la elaboración de análisis clínicos, según la demanda para el año 2016 fue de 5771 minutos; datos tomados de la Tabla 15.

Con esto se demuestra que el laboratorio tiene capacidad para afrontar la demanda satisfecha e insatisfecha (análisis referidos) y que esto no influye en la problemática; por el contrario, se puede apreciar claramente que existe capacidad ociosa que será calculada a continuación mediante el cálculo del índice de utilización de la capacidad del laboratorio.

#### 4.10.4. Índice de utilización de la capacidad real

La planificación de la capacidad requiere el conocimiento de la capacidad actual y su utilización. La utilización o sea el grado en que el equipo, el espacio o la mano de obra se emplean actualmente se expresa como porcentaje:

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Tasa de producción promedio}}{\text{Capacidad máxima}} \times 100\%$$

La tasa de producción promedio y la capacidad se deben medir en los mismos términos, ya sea en tiempo, clientes, unidades o dinero. La tasa de utilización indica la necesidad de conseguir capacidad adicional o eliminar aquella que es innecesaria (Krajewski & Ritzman, 2012, pág. 302).

Obtenidas todas las variables necesarias y una vez establecida la fórmula para el cálculo de la utilización de la capacidad en el laboratorio, obtenemos el promedio mensual de la capacidad real y el tiempo promedio mensual, destinado a la elaboración de análisis.

- Capacidad real promedio expuesto en el Gráfico 4 = 10440 minutos
- Tiempo promedio de la resolución de análisis mensual = 6360 minutos

$$55\% = \frac{5771 \text{ min}}{10440 \text{ min}} \times 100\%$$

Cap. Real	T Promedio	(T Prom)/CR
6360 min	2827 min	55%

Tabla 18. Índice de utilización de la capacidad  
Fuente: Analista, mayo 2017

Como se pudo determinar en la Tabla 18. Índice de utilización de la capacidad del laboratorio, es de un 55% de la capacidad real, lo que nos indica que hay un alto grado de capacidad ociosa y ésta asciende a un 45% de la capacidad con la que actualmente cuenta el laboratorio, capacidad con la cual se podría realizar un promedio de 14 000 mil análisis clínicos, si tomamos en cuenta que con el 55% de la capacidad actual se realizan 17 178 análisis.

Con el análisis del índice de utilización de la capacidad se puede afirmar que problema de contratar servicios externos para realizar algunos análisis, no se debe a la falta de capacidad, Conviene documentar el modelo actual para control de inventarios de existir y analizar, si este se ajusta a las necesidades del laboratorio.

#### **4.11. Sistema de control de inventario actual**

Con la recopilación análisis e interpretación del método actual de control de inventarios, dentro de la empresa se pudo concluir que el modelo que aplican hasta el día de hoy, es el “modelo de bomberos”, que se explica a continuación.

##### **4.11.1. Modelo actual del manejo de inventarios**

Aplicando el símil sobre la labor de los bomberos que atienden emergencias en relación con el método actual de control de inventarios de la empresa, las características son similares. Veamos:

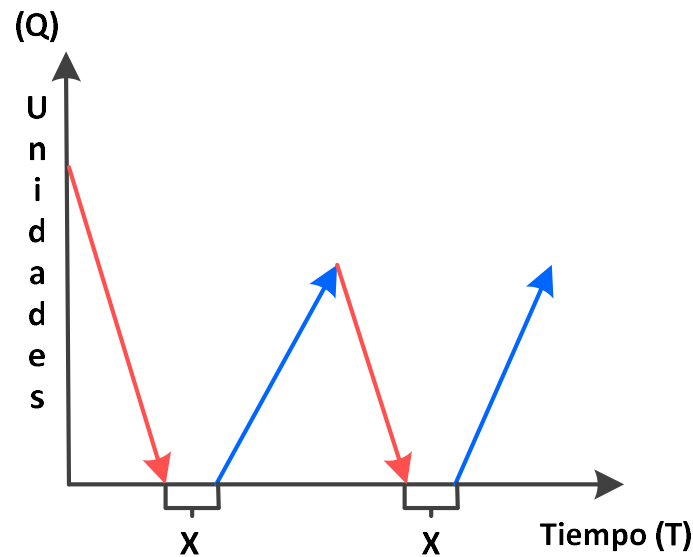
Bombero es como la persona encargada que vendría a ser el técnico responsable de la recepción y almacenamiento de las compras, el cual a su vez se encarga de realizar las órdenes

de compra. Esto lo hace cuando llega una orden de servicios y se percata de la ruptura en el inventario de algún reactivo.

- Incendio: el incendio se origina cuando alguno de los equipos emite una alarma para recargarla de algún reactivo y no se cuenta con la cantidad suficiente en el almacén; esto puede originar problemas a nivel interno, incrementando el costo de los análisis que se refieran hasta el reabastecimiento del reactivo y a nivel externo mala imagen frente al cliente, debido al aumento en el tiempo de entrega de estos análisis.
  - Inmuebles afectados: puede ser considerada a la imagen de la empresa, frente a sus clientes al aumentar el tiempo de entrega del servicio, al que no están acostumbrados; esto puede ocasionar antecedentes negativos y migración potencial de la clientela.
- Incendios paralelos: es originado cuando se da más de un quiebre en el inventario de reactivos, lo cual afecta no solo a un cliente si no a varios al mismo tiempo, ya que sus resultados tendrán que ser reportados en la mañana del día siguiente.

Como es de esperar, si un incendio no se controla a tiempo puede causar pérdida parcial o total en los inmuebles que se vean afectados. En el caso de la empresa, los faltantes no controlados a tiempo, pueden darles motivos a los clientes para irse con la competencia.

A continuación se presenta el Gráfico 5. Modelo de bomberos.



*Gráfico 5. Modelo de bomberos.  
Fuente: Analista, mayo 2017*

Como se puede visualizar en la Gráfico 5. Modelo de bomberos. el stock del inventario (Q) se va consumiendo a medida que pasa el tiempo (T), a la fecha no existe ningún encargado específico de controlar esto, esperando a que sean consumidos en su totalidad.

La problemática se da cuando se quiebra el inventario de algún reactivo. Reponer este reactivo toma un tiempo X, periodo que puede tomar de 3 a 5 días y en el que se tiene que enviar las muestras y pagar al laboratorio de referencia para realizar los análisis que se vean afectados (en esta investigación se tomará el peor escenario que es de 5 días; es decir, una semana laboral).

Finalmente se determina que el modelo actual para el control de inventarios de la empresa es ineficiente, debido al constante quiebre en el stock de reactivos, que es la causa principal del problema de estudio; por ello se analizará más a fondo a continuación.

#### **4.12. Descripción del problema**

El problema se centra básicamente en el control de inventarios más detalladamente en los faltantes o quiebres de los reactivos en stock.

La empresa se vio en la necesidad de contratar los servicios externos en el 2016 para realizar 1354 análisis clínicos, monto que representa el 9% de la demanda anual, y le costó a la empresa ¢5.161.000,00, precisamente por faltante de reactivos.

Se utilizará el diagrama de Ishikawa como herramienta que nos “Permite analizar y detectar las causas y sub-causas de un problema y comunicarlas para facilitar su solución. Según (Bonilla, 2010),

Esta técnica fue desarrollada por Kaoru Ishikawa. Él utilizó la lluvia de ideas como metodología; en el Laboratorio Pujol se creó un equipo conformado por el analista, la microbióloga y el técnico encargado; y se logró definir las causas más probables del problema.

#### 4.12.1. Diagrama de Ishikawa del quiebre de reactivos

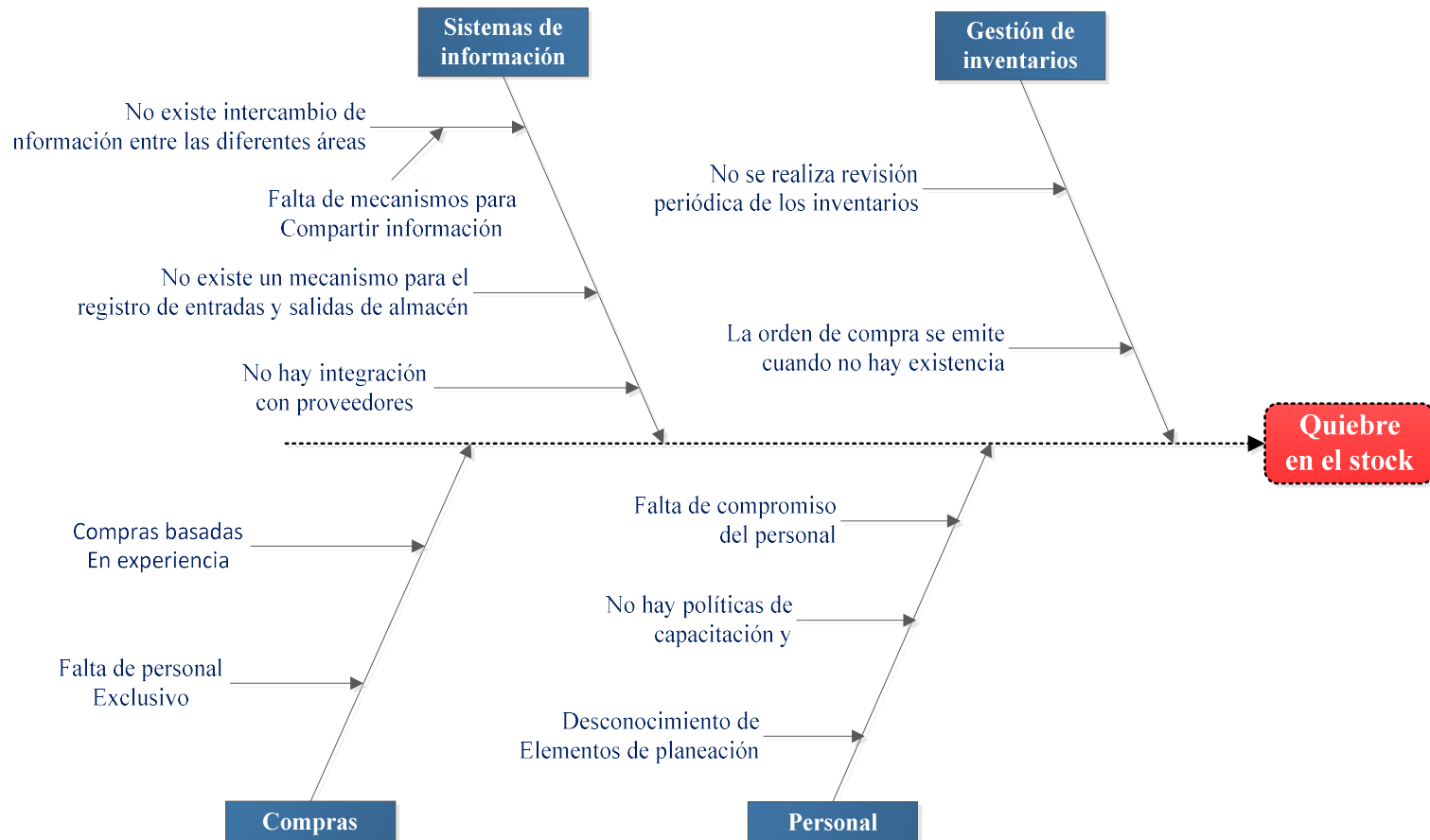


Diagrama 8. Ishikawa quiebre de reactivos  
Fuente: Analista, mayo 2017.

#### **4.12.2. Detalle de las causas del quiebre en el stock de reactivos**

A continuación, se detalla cada una de las causas que generan el problema del quiebre de los reactivos

##### **4.12.2.1. Sistemas de información de la empresa**

Un sistema de información Según (Fernández Alarcón, 2006, pág. 11):

Es un conjunto de componentes que interaccionan entre sí para lograr un objetivo común. Aunque existen una gran variedad de sistemas, la mayoría de ellos pueden representarse a través de un modelo formado por cinco bloques básicos: elementos de entrada, de salida, sección de transformación, mecanismos de control y objetivos

En la actualidad el Laboratorio Pujol cuenta con el sistema Laboratus, un sistema ERP especializado en el rubro de análisis clínico, sin embargo, por el momento el Laboratorio solo cuenta con dos módulos de este sistema. El primero es el módulo de registro y base de datos de pacientes con historial de análisis realizados en el laboratorio; y el segundo, es el módulo de facturación y cuentas pendientes de pago.

Con respecto al Diagrama 8. Ishikawa , se logró identificar que las causas asociadas al sistema de información, que influyen directamente en los problemas del proceso de planeación, son las siguientes:

- La inexistencia de herramientas o mecanismos para el registro del inventario entrante y saliente; por esta razón los colaboradores no cuentan con información en tiempo real de los reactivos en stock.

- No hay intercambio de información entre el personal del laboratorio; no se comparte la información de cuánto reactivo se usó o queda.
- No hay integración con proveedores; no existen elementos para brindar información a los proveedores de las necesidades de materia prima. El sistema actual no cuenta con ese módulo.

#### **4.12.2.2. Gestión de inventarios**

- No se realizan revisiones periódicas de los inventarios, razón por la que los colaboradores no saben si cuentan con los reactivos necesarios para atender las operaciones del día.
- Las compras se hacen cuando no hay existencias, cuando el técnico encargado se da cuenta del quiebre en el stock de algún reactivo, le emite una orden de compra del reactivo faltante a la secretaria, tomando en cuenta que el tiempo de entrega de los proveedores se estableció en una semana, tiempo en el cual todos los análisis afectados tendrán que ser referidos.

#### **4.12.2.3. Compras**

- Compras basadas en la experiencia, debido a que el laboratorio inició como una pequeña empresa; se manejó de forma empírica durante mucho tiempo; a medida que fue creciendo, se vio en la necesidad de implementar nuevas herramientas, equipos, sistemas. Sin embargo, por el momento no cuentan con un método de pronósticos que sirva como soporte para determinar las compras.

- Falta de personal; es decir, una persona encargada de determinar los modelos de pronósticos que se ajusten a la demanda del laboratorio y de su respectivo análisis

#### **4.12.2.4. Personal**

En el apartado del personal se encontraron las siguientes causas:

- Falta de compromiso del personal, posible resistencia o dificultad del personal colaborador a entender y realizar las actividades necesarias para el mejoramiento de la organización.
- Desconocimiento de elementos de planeación, debido a que la empresa no cuenta con ninguna herramienta para la planeación de la elaboración de análisis clínico.
- Políticas de capacitación y desarrollo del personal; éstos con la finalidad de motivar a los colaboradores y que se sientan cómodos en su ambiente de trabajo de forma que siempre estén con los mejores ánimos para realizar sus operaciones.

#### **4.12.3. Clasificación de las causas en asignables o controlables**

Una vez analizadas las posibles causas del problema del proceso de planeación, estas deben ser definidas según su naturaleza, en controlables y/o asignables como se presenta en la Tabla 19, para diferenciar y separar las causas.

Con respecto a las causas que no entren en las asignables o controlables, debido a que tienen una resolución más compleja, no serán consideradas dentro de las recomendaciones y propuestas del proyecto, a pesar de ellos lo recomendable es que se les dé seguimiento.

TIPO DE CAUSA	CAUSA ASOCIADA	CONTROLABLE	ASIGNABLE
<b>Sistemas de información</b>	No hay intercambio de información entre áreas.	X	--
	No existen mecanismos para el registro de entradas y salidas.	X	X
	No hay integración con proveedores.	--	--
<b>Pronósticos</b>	Compras basadas en experiencia.	X	--
	Falta de personal exclusivo para el análisis de pronósticos.	--	X
<b>Gestión de inventarios</b>	No se realiza revisión periódica de los inventarios.	--	X
	Las compras se realizan cuando no hay existencias.	X	--
<b>Personal</b>	Falta de compromiso del personal.	X	--
	No hay políticas de capacitación y desarrollo del personal.	X	--
	Desconocimiento de elementos de planeación.	X	--

*Tabla 19. Clasificación asignable y/o controlable  
Fuente: Analista, mayo 2017.*

Una vez que se clasifiquen las causas en asignables y/o controlables, se les debe dar una ponderación y un peso para identificar cuáles son las causas principales y las que se deben atacar para solucionar la problemática de la empresa. Esto mediante el apoyo en conjunto de la microbióloga, el técnico y el analista.

## 4.12.4. Matriz de priorización

		Nota de la empresa													
		0,50	0,75	0,25	0,75	0,75	0,25	0,50	1,00	0,25	0,50	0,75			
		Nota del analista													
		0,25	1,00	0,50	0,75	1,00	0,25	0,75	1,00	0,25	0,25	1,00			
Número asociado	Problemas en el proceso de planeación	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Suma	Calificación	Peso
A	No hay intercambio de información entre áreas.		0,25	0,50	0,25	0	0,5	0,25	0	0,5	0,5	0	2,75	0,34	0,01
B	No existen mecanismos para el registro de entradas y salidas.	0,75		0,75	0,5	0,5	1	0,5	0,25	0,75	0,75	0,5	6,25	4,69	0,15
C	No hay integración con proveedores	0,50	0,25		0,25	0,25	0,75	0,25	0,25	0,5	0,5	0	3,50	0,44	0,01
D	No se registra la información relevante.	0,75	0,5	0,75		0,5	0,75	0,5	0,25	1	0,75	0,5	6,25	3,52	0,12
E	Compras basadas en experiencia.	1	0,5	0,75	0,5		1	0,5	0,5	1	0,75	0,5	7,00	5,25	0,17
F	Falta de personal exclusivo para el análisis de pronósticos.	0,5	0	0,25	0,25	0		0,25	0	0,5	0,75	0	2,50	0,16	0,01
G	No se realiza revisión periódica de los inventarios.	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	0,75		0,5	0,75	0,75	0,5	6,25	2,34	0,08
H	Las compras se realizan cuando no hay existencias.	1	0,75	0,75	0,75	0,5	1	0,5		1	1	0,5	7,75	7,75	0,26
I	Falta de compromiso del personal.	0,5	0,25	0,5	0	0	0,5	0,25	0		0,5	0	2,50	0,16	0,01
J	No hay políticas de capacitación y desarrollo del personal.	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0,5		0,25	3,00	0,38	0,01
K	Desconocimiento de elementos de planeación.	1	0,5	1	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5	1	0,75		7,00	5,25	0,17
<b>Total</b>		<b>7,25</b>	<b>3,75</b>	<b>6,5</b>	<b>3,75</b>	<b>3</b>	<b>7,25</b>	<b>3,75</b>	<b>2,25</b>	<b>7,5</b>	<b>7</b>	<b>2,75</b>	<b>54,75</b>	<b>30,27</b>	<b>1,00</b>

Tabla 20. Matriz de priorización Fuente:  
Analista, mayo 2017.

La matriz de priorización es también conocida como matriz de criterios. Es una excelente herramienta para comparar y tomar decisiones cuando se tienen diferentes opciones, sobre la base de criterios como precio e impacto en la satisfacción del cliente o cualquier otro factor. En general, la matriz de priorización permite la selección de opciones sobre la base de la ponderación y aplicación de criterios. La matriz de priorización es especialmente adecuada para ayudar a los equipos a tomar decisiones, siendo una de las denominadas “siete nuevas herramientas de la calidad” (AITECO, 2016).

Una vez aplicada la herramienta como se puede observar en la Tabla 20, se logró asignar una calificación y ponderación a todas las causas asociadas a la problemática en el proceso de planeación, que se encontraron con la ayuda del Diagrama 8. Ishikawa .

De los resultados y el respectivo análisis de la información obtenida en la Tabla 20, se determina que existen causas que tienen un impacto mayor o más fuerte que se encuentra afectando el problema; es por ello que, es necesario aplicar la herramienta diagrama de Pareto, para determinar y clasificar las causas, según su importancia.

#### **4.13. Diagrama de Pareto problemas en el proceso de planeación**

A continuación, se presenta el Diagrama 9. Pareto problema en el proceso de planeación con sus respectivas causas y pesos obtenidos en la tabla 20.

Tabla 20. Matriz de priorización, basados en lo que argumenta (Gutiérrez, 2010)

El diagrama se sustenta en el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que solo unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto total (80%).

Según este principio y para efectos de esta investigación, se tomarán en cuenta las causas que representen el 80% de la problemática; sin embargo, el otro 20 % se solucionara de manera paulatina mediante la aplicación del ciclo PHVA de mejora continua.

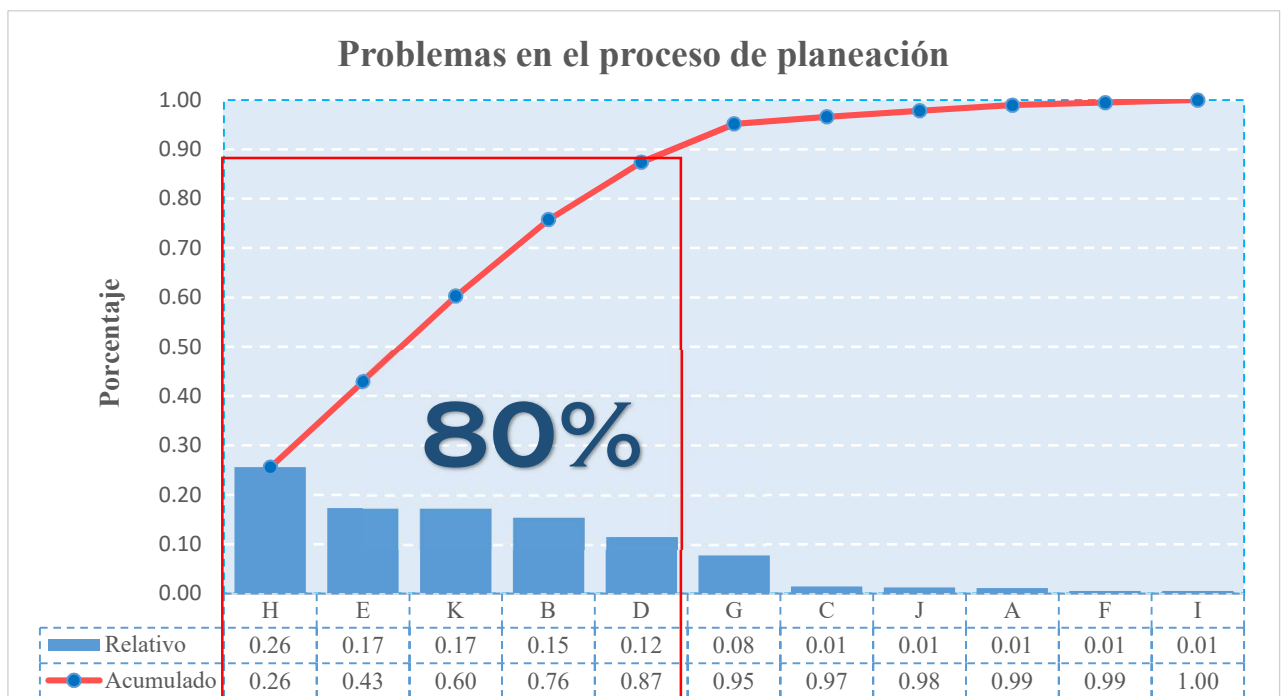


Diagrama 9. Pareto problema en el proceso de planeación

Fuente: Analista, mayo 2017.

Con el análisis del Diagrama 9. Pareto problema en el proceso de planeación, se determina cuáles son las variables y/o causas que tienen un mayor impacto y que representan el 80% del problema que nos corresponde investigar.

- Las compras se realizan cuando no hay existencias con un 26%,
- Compras basadas en experiencia con un 17%,

- Desconocimiento de elementos de planeación con un 17%,
- No existen mecanismos para el registro de entradas y salidas con un 15%,
- No se registra la información relevante con un 12%.

Establecidas las principales causas del problema que serán consideradas en el diseño de esta investigación, se procede a emitir las recomendaciones y conclusiones obtenidas, con el análisis del diagnóstico.

- **Sistema actual de programación y control**

En la actualidad el Laboratorio Pujol no cuenta con ningún tipo de sistema para la programación de la producción; todo se maneja por medio de la experiencia.

#### **4.14. Cadena de suministros**

Una cadena de suministros se refiere a procesos de manufacturación de información y material, con destino y origen de servicio de la empresa; entre estos se cuentan los procesos de logística, que mueven físicamente los productos y los de almacenamiento, que colocan los productos para su rápida entrega al cliente (Chase & Jacobs, 2014, pág. 6).

Como dato adicional es importante resaltar que del 20% al 30% del valor de un producto, equivale al costo; y que una empresa que fortalece su cadena de suministros puede aumentar la productividad de un 10% a 50%, según FEDEX CORPORATE & RESOURCE MANAGEMENT. A continuación, se presenta la cadena de suministros del Laboratorio Pujol:

#### 4.14.1. Cadena de suministros Laboratorio Pujol

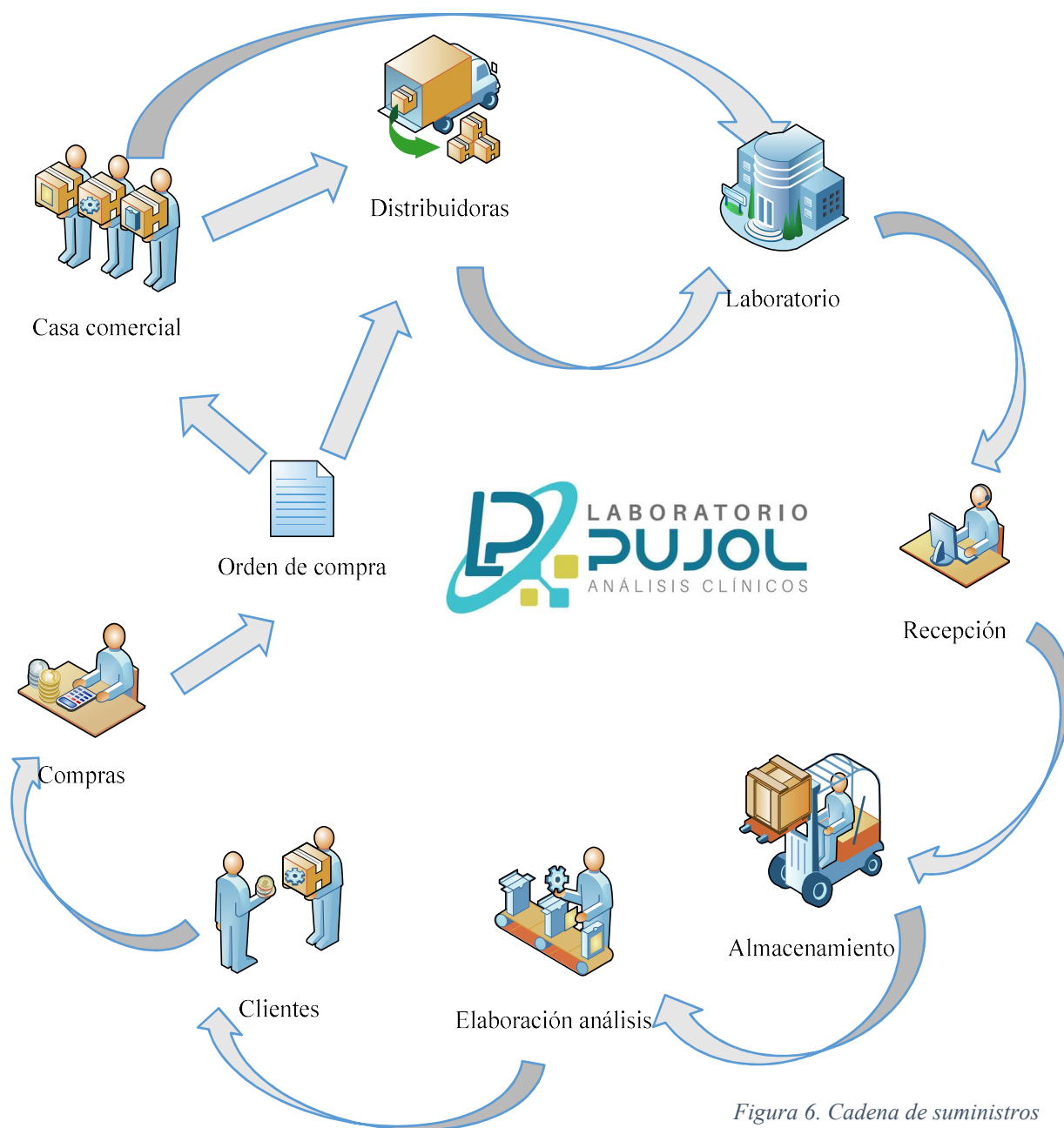


Figura 6. Cadena de suministros  
Fuente: Analista, mayo 2017.

En la actualidad el Laboratorio Pujol cuenta con dos tipos de proveedores. El primero tipo es la casa comercial Wiener Lab, empresa con la cual se lleva trabajando aproximadamente 10 años, y dentro del segundo tipo, se tienen empresas que se encargan de

la importación y distribución de diferentes casas comerciales como: Var medical, Ticolab, Dismedica, Quimilab, Global pharma, BDC; estas empresas son los principales proveedores del laboratorio.

Se debe tomar en cuenta cuáles insumos y reactivos necesitan estar en refrigeración entre 4 a 10 grados de temperatura para su correcto almacenamiento. Estos deben ser ubicados inmediatamente en una las cámaras de refrigeración, y los que pueden almacenarse a temperatura ambiente, deben ser ubicadas en las bodegas; cabe resaltar que actualmente no se cuenta con una demarcación o ubicación predeterminada para cada tipo de material.

El Laboratorio Pujol no se cuenta con un plan de compras ni con tiempos estimados para el proceso de pedido de insumos y reactivos. Por el momento las compras se realizan, cuando no se tienen existencias en el almacén o en las cámaras de refrigeración, y el tiempo de entrega estimado de los proveedores puede variar de 3 a 5 días.

#### **4.15. Ámbitos del Laboratorio Pujol**

##### **4.15.1. Ámbito organizacional**

- Las obligaciones y responsabilidades están bien establecidas para cada colaborador de la empresa; sin embargo, no son las adecuadas debido a que cada una de ellos tiene diferentes actividades y en algunos casos no tienen la capacitación adecuada para determinadas tareas.
- Se destaca el compromiso y la capacidad de los colaboradores, para adaptarse a los cambios, debido a la naturaleza de la organización, la implementación de equipos y tecnologías de innovación constante y continua.

#### **4.15.2. Ámbito recursos humanos**

- Microbiólogo regente: es la persona encargada de realizar la elaboración y validación de los análisis.
- El técnico encargado: responsable de tomar y preparar las muestras y reactivos, de emitir la orden de compra y del aprovisionamiento de reactivos. Sin embargo, no se encuentra capacitado para esta tarea.
- La secretaria: se encarga de registrar la información y las órdenes médicas de los pacientes; atiende las llamadas, ingresa los resultados al sistema y entrega los reportes a los pacientes.
- El gerente o dueño: se encarga de la administración del laboratorio
- El mensajero: se encarga de recoger muestras y de llevarlas a otros laboratorios, cuando es necesario referirlas.

#### **4.15.3. Ámbito procesos y procedimientos**

- Los procesos del actual sistema de inventarios de la empresa, se limitan a realizar la compra del reactivo cuando este se acabó.
- La cadena de suministros de la empresa inicia con el requerimiento de los reactivos, se emite la orden de compra al proveedor. Ellos son los encargados del transporte hasta la empresa y el técnico se hace cargo de su recepción y almacenamiento.

#### **4.15.4. Ámbito de recursos materiales**

- La constante ruptura de stock propiamente por la falta de reactivos, impide que el laboratorio pueda brindar el servicio completo de todos sus análisis, en diversas ocasiones. Sin embargo, cuando se genera esta eventualidad, las autoridades del laboratorio envían los análisis a un laboratorio de referencia.
- El laboratorio cuenta con un sistema de base de datos de los pacientes y su historial de análisis; y también cuenta con un módulo de facturación electrónica.

#### **4.15.5. Ámbito de sistemas de información**

- No se tiene un sistema de información que integre las áreas que se relacionan dentro del laboratorio.
- No existe información alguna de las existencias de inventarios ni de un sistema que indique cuándo y cuánto pedir cada vez que se emite una orden de pedido.
- Los módulos del sistema actual del laboratorio, solo cuentan con una base de datos del historial de cada paciente, la demanda por tipo de análisis, el sistema de facturación, sistemas para los controles de calidad y envío de mensajes a los teléfonos de los pacientes.
- No existe un sistema de información o de recopilación de datos, en la sección de almacenamiento que reduzca la incertidumbre de las existencias en stock.

#### **4.16.      Ámbito administrativo, mental y tecnológico**

Por otra parte, al analizar la situación actual del laboratorio, se ven involucrados los tres tipos de planos descritos a continuación:

##### **4.16.1. Plano administrativo**

De acuerdo con la estructura organizacional de la empresa, está compuesta por secciones, en donde cada participante desarrolla sus actividades de forma individual, sin importar que en algunos casos una sección dependa de la información que le pueda brindar la otra. Esta sub-causa se analiza a continuación:

##### **4.16.2. Plano tecnológico**

El plano tecnológico hace referencia al interés del laboratorio por implementar sistemas modernos y equipos de alta tecnología en los procesos de servicio al cliente, como el sistema contable y los equipos que se utilizan en el laboratorio, de acuerdo con la visión de la empresa. Sin embargo, no cuenta con los módulos necesario para integrar la información del área de inventarios del sistema.

##### **4.16.3. Plano mental**

Todos los participantes del laboratorio forman el plano mental de la organización, por tanto, es de gran importancia que se encuentren motivados, capacitados y valorados para así lograr un buen desempeño de labores y con ello cumplir con los objetivos de la empresa. Es importante destacar que los colaboradores dentro del laboratorio no trabajan bajo presión con respecto a los tiempos de entrega, pues la empresa les brinda todas las herramientas necesarias para realizar sus funciones de la forma más eficiente. Además, el laboratorio adquirió equipos

automatizados, en el último año, que redujeron a la mitad el tiempo de elaboración de análisis; sin embargo, en la actualidad no existen políticas de desarrollo y capacitación.

#### **4.17. Conclusiones del diagnóstico**

Con la investigación, desarrollo y análisis del diagnóstico del Laboratorio Pujol se pudieron determinar las siguientes conclusiones:

- Se han agrupado los diferentes tipos de análisis por sección en el que se realizan para calcular la demanda en unidad de tiempo y compararla con las capacidades del laboratorio, con el fin de determinar los tiempos de la elaboración de análisis.
- Con la elaboración y la comparación de las capacidades y la demanda del Laboratorio Pujol, se logró determinar que en la empresa existe un alto nivel de capacidad ociosa, que representa un 55% de la capacidad real, con lo cual se determina que el índice de utilización de la capacidad real del laboratorio es de solo un 45%; esto nos indica que el laboratorio cuenta con la capacidad de afrontar una mayor demanda.
- Mediante los mapeos y flujos realizados al laboratorio y con la elaboración de análisis, se identificó que en todas las áreas del laboratorio sea Hematología, Química u Hormonas, se repite el mismo problema: la falta de reactivos e insumos. Por esta razón, el laboratorio no puede realizar los análisis en un 100% y tenga que enviar casos, a los laboratorios de referencia.
- Por medio de lluvia de ideas y la aplicación del diagrama de Ishikawa, al equipo de trabajo del laboratorio, se identificaron las causas que generan los problemas de quiebre de reactivos; y se clasificaron según su naturaleza en asignables, no

asignables, controlables y no controlables; esto para determinar la complejidad de su resolución.

- Con la aplicación de la matriz de priorización y con el equipo de trabajo, se asignó una calificación a cada causa anteriormente mencionada (según repercute en el efecto del problema) y se realizó el diagrama de Pareto para determinar cuáles corresponden al 20% de las causas, que generan el 80% del problema.
- Se logró identificar que el Laboratorio Pujol actualmente cuenta con un sistema que registra el número de pacientes y los análisis realizados por paciente, con módulo de facturación integrado; sin embargo, no cuenta con un módulo para registrar los inventarios salientes o entrantes. Por ello, no se tiene conocimiento del inventario en stock; además, las compras se realizan basados en la experiencia; es decir, no cuentan con un sistema que les brinde soporte para hacer compras, y constantemente, el laboratorio no cuenta con los reactivos o materiales necesarios para realizar los análisis y tiene que referir casos a otros laboratorios.

# Capítulo IV

## **5. DISEÑO**

El capítulo de diseño va enfocado en esta propuesta a la resolución del quiebre en los reactivos, conociendo la magnitud controlable del problema que representa el 91% de la demanda de análisis referidos, correspondientes a las secciones de química, hematología y hormonas, cuyo objetivo principal es eliminar la contratación de servicios de terceros, mediante el sistema de programación de la elaboración de análisis, que integre la sección de almacenamiento de reactivos y el área de elaboración de análisis

En la propuesta del SIPC se establecen los procesos y procedimientos necesarios para su implementación y ajuste; sin embargo, es necesario capacitar al personal sobre el manejo de inventarios para el logro de los objetivos de diseño.

Se incluye el prototipo que se utilizó para el seguimiento y análisis de la serie histórica para efectos del diseño.

### **5.1. Planificación y control de la producción**

La planificación y control de la producción debe ser una de las actividades de mayor importancia en el laboratorio, en cada una de sus etapas de planeación, ejecución y control; ya que a lo largo de ella se determina el plan maestro de elaboración de análisis y con esta perspectiva, obtendremos los requerimientos de reactivos para hacer efectivo el plan.

### **5.2. Propuesta del SIPC**

Con la propuesta del sistema integrado de programación y control de la elaboración de análisis, se establece la solución total del problema, mediante el uso de las herramientas y

procedimientos brindados en este capítulo y la aplicación del ciclo PHVA de mejora continua. Que será la ruta a seguir para evitar quiebres en el stock y poder afrontar la demanda futura.

### **5.3. Estrategia del funcionamiento del SIPC**

En este apartado se detalla cada una de las etapas que conforman el Sistema Integrado de Programación y Control (SIPC) para el desarrollo del mapa conceptual de la estrategia. Además, se mencionan las actividades que deben realizarse para su correcto funcionamiento, entre los cuales tenemos:

- Registro de la demanda diaria de análisis clínicos tipo.
- Registro del ingreso de reactivos por tipo a la bodega.
- Análisis de la serie histórica y elección del modelo de pronósticos.
- Proyección del horizonte de planeación.
- Establecer las capacidades, teórica, real y necesaria.
- Determinación del plan maestro de elaboración de análisis.
- Determinación de los requerimientos (MRP1, MRP2)
- Relación e integración de las áreas.
- Flujo de información relacionado al sistema.

A continuación, se da inicio con el Diagrama 10. Etapa de planeación para el funcionamiento del sistema de programación y control.

## DIAGRAMA ETAPA DE LA PLANEACIÓN

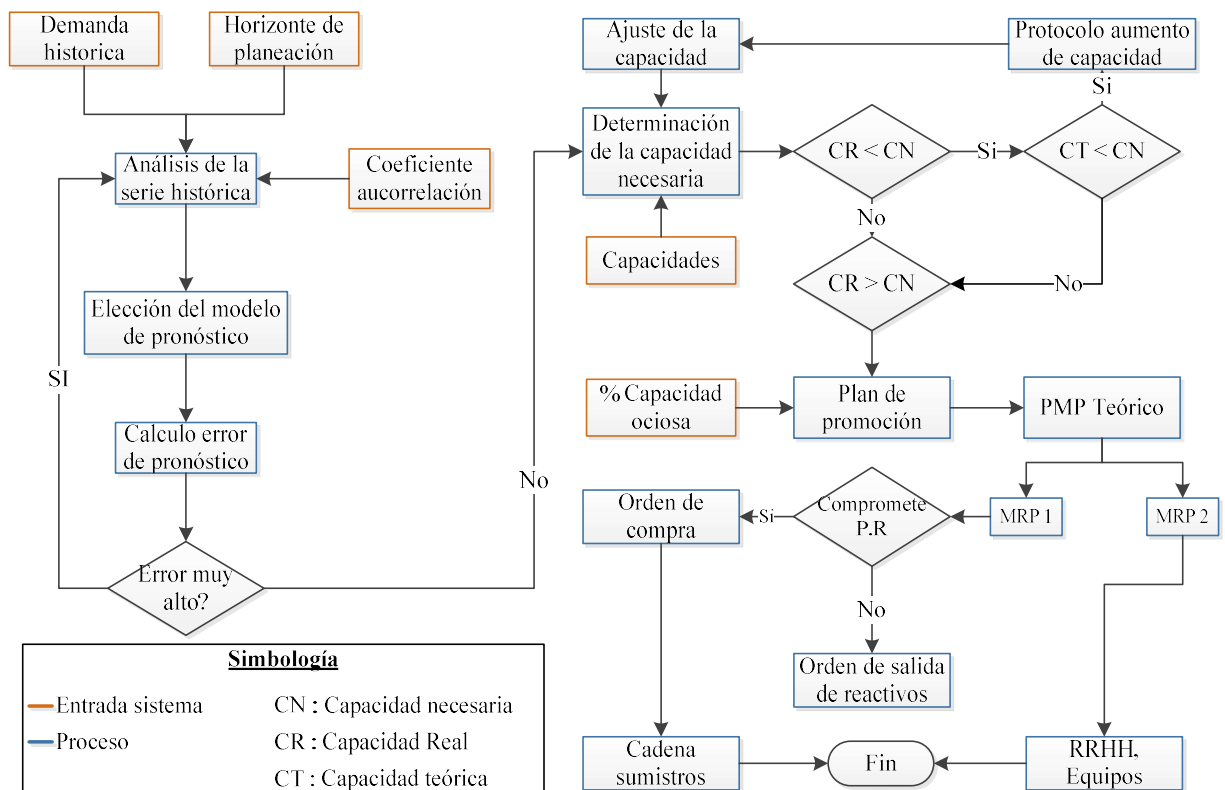


Diagrama 10. Etapa de planeación  
Fuente: Analista, junio 2017.

Una vez establecida la estrategia de la etapa de planeación, se procede a describir de forma detallada cada una de las actividades que la componen.

### 5.3.1. Etapa de la planeación

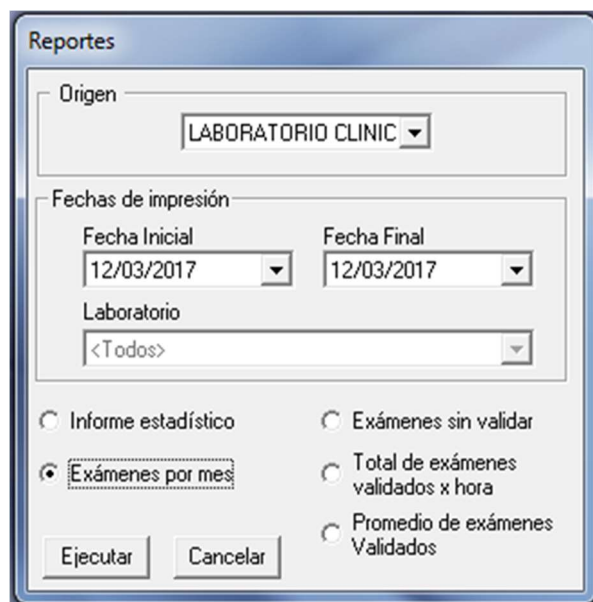
Basados en el argumento de Chase et al (2014, p. 7): “Consta de los procesos necesarios para operar estratégicamente una cadena de suministro ya existente. Aquí, una compañía debe determinar en qué forma satisfacer una demanda anticipada con recursos disponibles”

De acuerdo con la premisa anterior, es necesario considerar los históricos de demanda, el pronóstico de las entradas, los niveles de inventario y la capacidad del laboratorio para la planeación de la elaboración de análisis.

### 5.3.1.1. Históricos de demanda

El histórico de demanda o demanda histórica es la cantidad de cada análisis por tipo, realizado a lo largo de un determinado tiempo.

El sistema actual del laboratorio cuenta con un módulo donde se registra cada uno de los análisis realizados diariamente; adentro cuenta una opción para consultar los históricos de la demanda en la sección reportes en la sub-sección general. Se abre una ventana emergente donde se puede ingresar el rango de fechas a consultar, agrupados por mes, como se presenta se puede visualizar en la Figura 7. Consulta demanda histórica.



The image shows a software dialog box titled "Reportes". It contains several input fields and radio buttons. The "Origen" field is set to "LABORATORIO CLINIC". The "Fechas de impresión" section has "Fecha Inicial" and "Fecha Final" both set to "12/03/2017", and "Laboratorio" set to "<Todos>". There are five radio buttons for report types: "Informe estadístico", "Exámenes sin validar", "Exámenes por mes" (which is selected), "Total de exámenes validados x hora", and "Promedio de exámenes Validados". At the bottom, there are "Ejecutar" and "Cancelar" buttons.

Figura 7. Consulta demanda histórica.

Fuente: Laboratus 2017.

Cabe mencionar que el sistema cuenta con una opción para consultar el número de cada tipo de análisis referido por mes, con esta información el encargado puede determinar la cantidad de faltantes de reactivo asociados y cuáles son los reactivos críticos.

De esta manera, se podrá recopilar la información sobre la cantidad de análisis realizados en el sistema; además, se puede llevar registro de los análisis que no se pudieron realizar por faltantes de reactivo.

#### **5.3.1.2. Horizonte de planeación**

Se estableció un horizonte de planeación trimestral, aplicado al proyecto; de esta forma, el encargado del sistema de programación contará con ese tiempo para planificar la demanda de análisis; el pronóstico de la demanda se hará de forma mensual.

El gestor del SIPC será el responsable de consolidar la proyección de la demanda mensual, que servirá como base para los cálculos de requerimientos de reactivos que realiza el sistema.

#### **5.3.1.3. Determinación del modelo de pronóstico**

“Cuando se mide una variable a través del tiempo, las observaciones en diferentes periodos con frecuencia están relacionadas o correlacionadas; esta correlación se mide mediante el coeficiente de autocorrelación” (Hanke, 2012, pág. 60).

De acuerdo con el concepto mencionado, se obtuvieron los 12 coeficientes de autocorrelación, realizando el desfase de la demanda histórica de los meses del año 2015 y 2016

Los coeficientes de autocorrelación permiten observar el comportamiento de la relación entre las observaciones para diferentes periodos del tiempo. Si las autocorrelaciones decaen rápidamente a cero, la serie tiene tendencia y estacionalidad.

A continuación tenemos la Tabla 21, con los coeficientes y sus 12 desfases.

<b>Coefficientes de Auto-correlación</b>	
R1	0,234
R2	0,409
R3	0,078
R4	0,255
R5	0,125
R6	0,323
R7	-0,035
R8	0,104
R9	-0,150
R10	0,030
R11	-0,224
R12	0,004

*Tabla 21. Coeficientes de autocorrelación.  
Fuente: Analista, junio 2017.*

Los datos presentados en la tabla anterior muestran el cálculo del coeficiente de auto correlación para los datos de la demanda de los análisis “A” y “B”. Los cuales se pueden observar de mejor forma en el gráfico de dispersión.

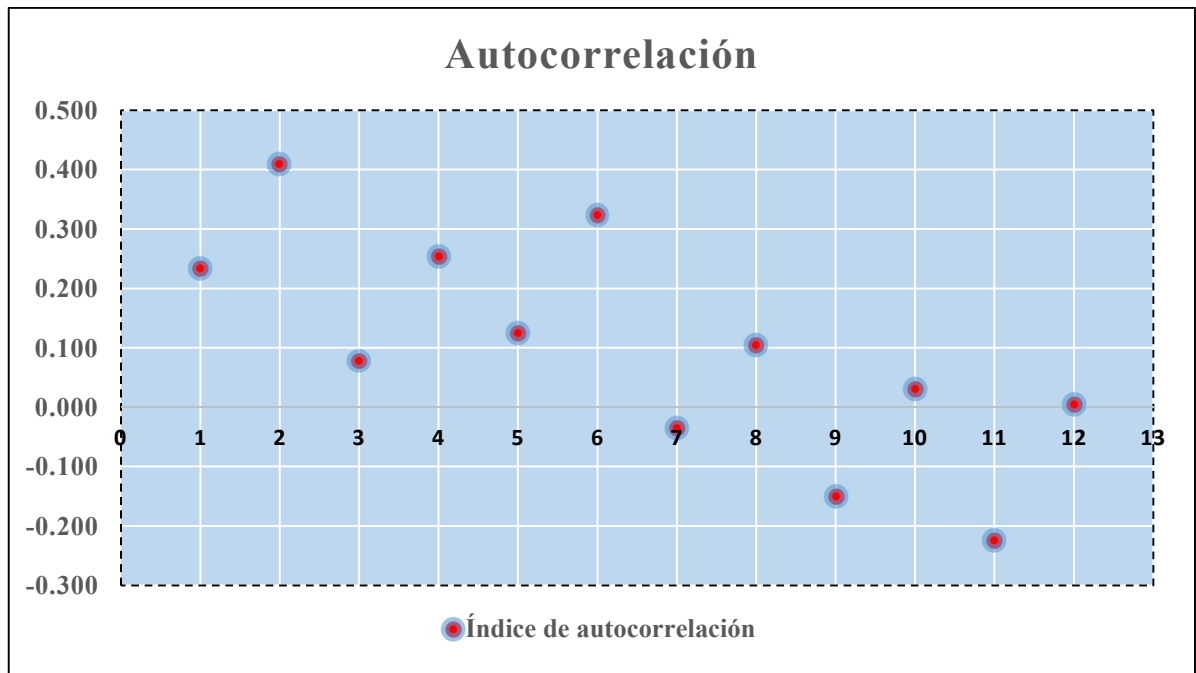


Gráfico 6. Coeficiente de autocorrelación.  
Fuente: Analista, junio 2017.

Con la observación y análisis del Gráfico 6. Coeficiente de autocorrelación., el gestor encargado debe determinar cuáles son los modelos de pronósticos que mejor se ajustan al histórico de la demanda; para efectos del desarrollo del presente proyecto, se realizó el análisis comportamiento de los coeficientes de autocorrelación y del comportamiento de la demanda de los años 2015 y 2016, se logró determinar que el comportamiento de la demanda de la empresa tiene tendencia creciente y estacionalidad,

Establecido el comportamiento de la demanda se escogieron los modelos de pronósticos que más se ajustan a sus necesidades para su respectivo análisis.

- Regresión lineal con ajuste estacional
- Método de suavización exponencial triple (Método Winter)

Es necesario realizar los pronósticos escogidos como parte de la planeación y ejecución del sistema de programación. Por ello, el sistema debe contar con un apartado para el cálculo de los pronósticos por tipo de análisis, con un horizonte de planeación de cuatro meses, como se muestra en la Figura 8. Módulo de Pronósticos. Prototipo, nos permite elegir el tipo de análisis que se desea consultar y a continuación el sistema calcula los pronóstico para cada modelo elegido.

<< Volver		<b>PRONÓSTICO</b>					
<b>ANÁLISIS CLÍNICO</b>		<b>DEMANDA</b>			<b>PRONÓSTICO</b>		
		<b>HEMOGRAMA</b>			Modelo	Winters	R.E
		<b>MES</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>MES</b>	<b>2017</b>	<b>2017</b>
Hemograma	Glicemia	Jul	234	296	Jul	320	331
Triglicéridos	Colesterol T.	Ago	276	300	Ago	319	363
Colesterol H.	Creatinina	Sep	311	294	Sep	313	384
Nitrógeno U.	Ácido Úrico	Oct	233	252	Oct	272	311
Hcg	ALT - TGP	Nov	280	325	Nov		
TSH	APE	Dic	196	221	Dic		
AST - TGO	TP	Ene	256	405	Ene		
Hb Gl.	Uro-cultivo	Feb	250	363	Feb		
Anti - HIV	TPT	Mar	274	343	Mar		
Fosfatasa A.	T4 Total	Abr	276	283	Abr		
		May	312	290	May		
		Jun	270	370	Jun		

Figura 8. Módulo de Pronósticos.  
Fuente: Analista, junio 2017.

El sistema elige y calcula el modelo de pronóstico que tenga el menor error respecto al parámetro DAM, como se muestra en la Figura 9. Error de pronóstico, señalado en un cuadro rojo, el sistema determinó como ejemplo, el modelo que mejor se ajusta para el pronóstico de los hemogramas, según su error DAM.

<b>ERROR</b>		
	<b>Winters</b>	<b>Regresión Est.</b>
<b>DAM</b>	13.20%	6.89%
<b>EMC</b>	531.04%	225.84%
<b>PEMA</b>	12.25%	6.07%
<b>PME</b>	0.21%	1.35%

<b>MODELO</b>	<b>Regresión Est.</b>
<b>DAM</b>	6.89%
<b>DECISIÓN</b>	<b>ACEPTABLE</b>

*Figura 9. Error de pronóstico.  
Fuente: Analista, junio 2017.*

Con la elección del modelo de pronósticos, se predice la demanda futura por tipo de análisis y se inicia con la planeación de los reactivos necesarios para satisfacer la demanda futura, mediante la evaluación de las capacidades y la planeación del MRP.

Es importante tener en cuenta que los modelos de pronósticos, tienen como fuente principal de información los históricos de la demanda real, la demanda insatisfecha y los reprocesos para poder realizar los cálculos de la demanda futura mensual, los datos obtenidos suministran información al plan maestro de elaboración de análisis teórico para calcular el plan de requerimiento de reactivos (MRP 1), de forma que se puedan asegurar las existencias necesarias para afrontar la demanda futura.

Cabe mencionar que para la etapa de ejecución del sistema se debe comparar la demanda real con el pronóstico de la misma; es así como se obtiene el error del pronóstico, con respecto a la realidad; se debe registrar el pronóstico en el sistema y realizar un análisis

en caso de que el error sea muy alto, se debe cambiar el modelo y recalcularse la demanda futura.

Se presenta el Diagrama 11, con la secuencia del funcionamiento de la relación entre la etapa de planeación y ejecución del SIPC

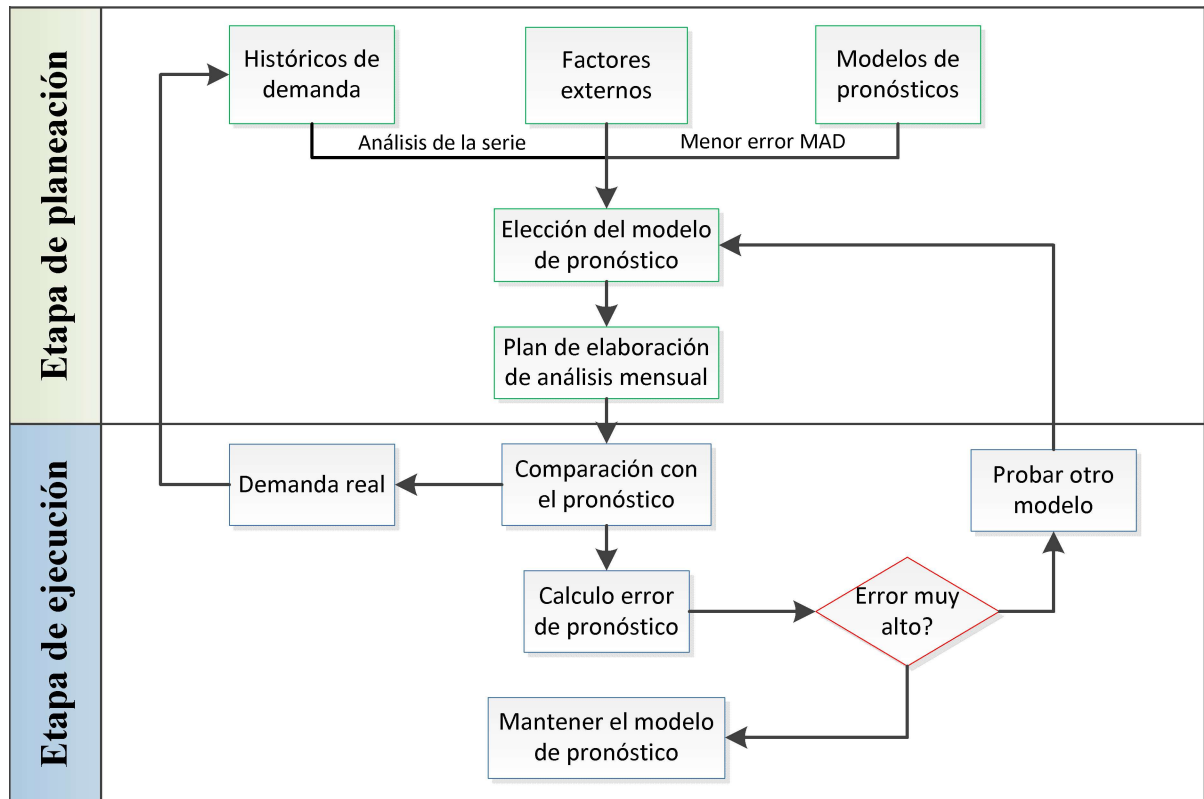


Diagrama 11. Relación entre la etapa de planeación y ejecución

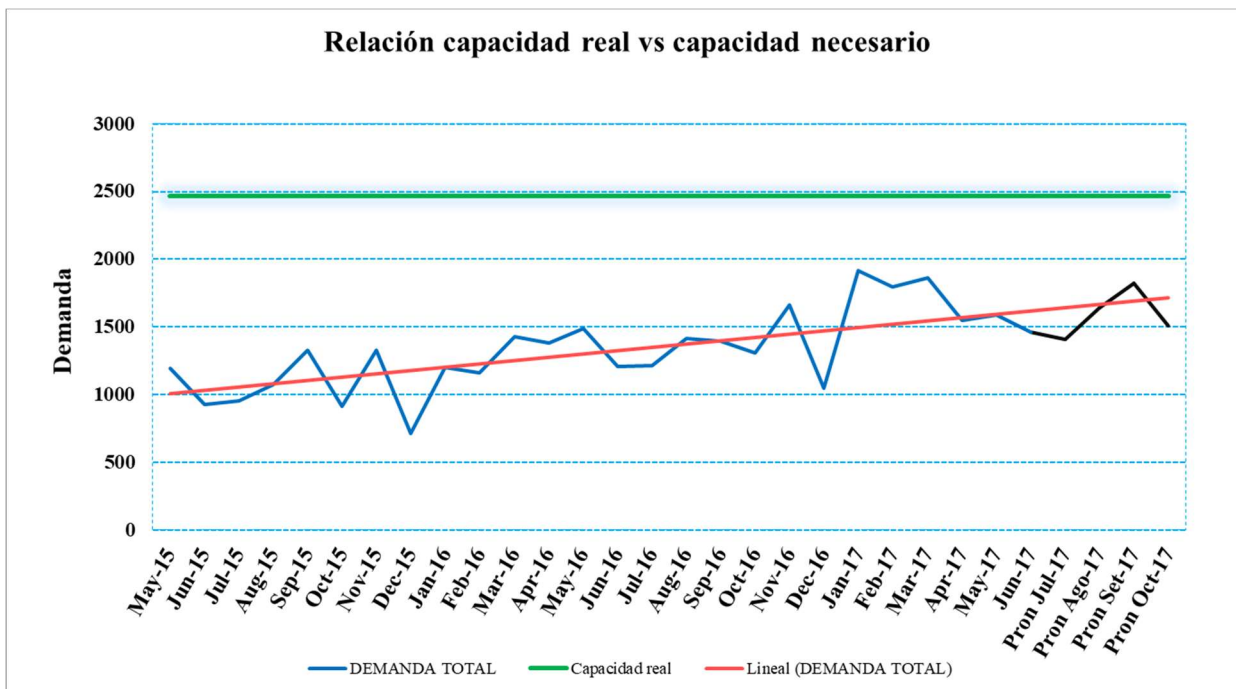
Fuente: Analista, junio 2017.

#### 5.3.1.4. Determinación de las capacidades

- **Relación entre capacidad real y capacidad necesaria**

Una vez que hemos elegido el modelo de pronóstico y realizado el cálculo de la demanda para el horizonte de planeación, se debe comparar a capacidad necesaria y la

capacidad real; y, mediante un análisis, se debe actuar según las necesidades del sistema de la siguiente manera:



*Gráfico 7. Gráfico oferta – demanda.  
Fuente: Analista, junio 2017.*

Cabe resaltar que la capacidad mostrada en el Gráfico 7. Gráfico oferta – demanda. Es el promedio de análisis que se puede realizar en un mes, dato obtenido con el estudio de tiempos del proceso de elaboración de análisis, realizado en el diagnóstico de la empresa.

- **Capacidad necesaria mayor a la capacidad real**

De la proyección y análisis de la tendencia (línea roja) de la demanda del Gráfico 7, se desprende que, a largo plazo es posible que la capacidad necesaria supere la capacidad teórica; si fuera el caso, se debe ajustar la capacidad real; esto significa que los equipos están a su máxima capacidad o los operarios no son suficientes, el gestor debe informar de

inmediato para determinar si se requiere la compra de nuevos equipos o la contratación de nuevos operarios.

- **Capacidad necesaria menor a la capacidad real**

Si vemos el Gráfico 7, la línea azul representa la demanda a través del tiempo junto a línea negra, que representa el pronóstico para el horizonte de planeación; al compararla con la capacidad teórica (línea verde), se determina que el laboratorio cuenta con la capacidad para afrontar la demanda futura a corto plazo y que existe capacidad ociosa que puede ser atacada, mediante un estudio de mercado que busque aumentar la demanda de análisis.

### 5.3.1.5. Relación con el sistema de programación

Ajustadas las capacidades del laboratorio, se toma la información brindada por el sistema prototipo en la Tabla 22, que muestra la demanda futura para un horizonte de planeación de cada análisis.

Análisis	Pron Jul.-	Pron Ago.-	Pron Set.-	Pron Oct.-
HEMOGRAMA	331	363	384	311
GLICEMIA	113	166	184	159
TRIGLICÉRIDOS	102	117	143	125
COLESTEROL TOTAL	90	115	148	100
COLESTEROL HDL	89	112	139	104
CREATININA	109	117	127	89
NITRÓGENO UREICO	87	95	104	78
ÁCIDO ÚRICO	63	97	110	85
HCG CUALITATIVA	81	105	91	92
ALT - TGP	48	61	61	50
TSH (TIROTROPINA)	57	74	56	64
ANTÍGENO PROSTÁTICO	45	38	49	51
AST - TGO	40	42	46	35

TIEMPO DE PROTROMBINA	26	25	22	18
HB GLICOSILADA (HBA1C)	27	34	29	37
URO-CULTIVO	29	20	42	38
ANTI - HIV	16	23	22	15
TIEMPO TROMBOPLASTINA	20	8	16	16
FOSFATASA ALCALINA	17	17	21	15
T4 TOTAL	18	11	29	27

Tabla 22. Pronóstico demanda desagregada.  
Fuente: Analista, febrero 2017.

Como se muestra en el Gráfico 8 del sistema prototipo, el gestor elige el análisis de la lista desplegable a evaluar.

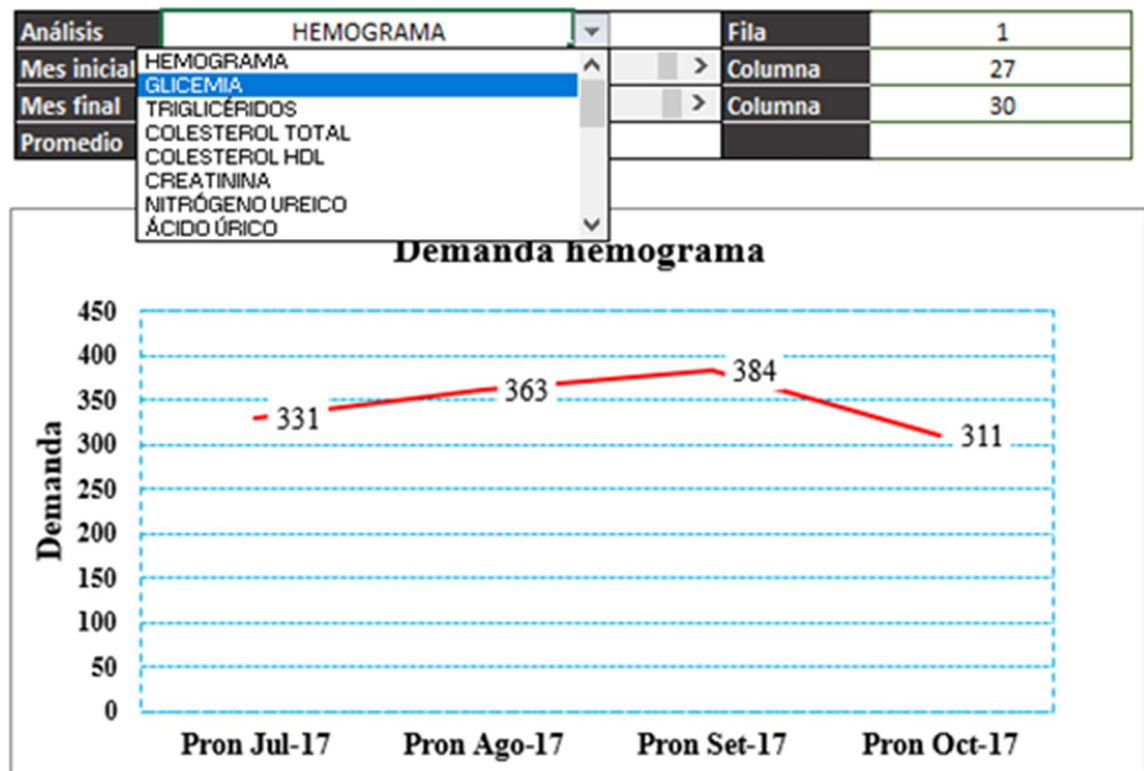


Gráfico 8. Proyección de la demanda.  
Fuente: Analista, junio 2017.

Es preciso recordar que los pronósticos calculados por el sistema, se alimentan de la información de los históricos de la demanda, actualizados para una mayor confiabilidad.

Esta herramienta es la base para la planeación de la elaboración de análisis, con ella el gestor responsable deberá tomar decisiones sobre las capacidades del laboratorio y el aprovisionamiento de reactivos para cada sección del área de procesamiento de muestras.

#### **5.3.1.6. Plan maestro de elaboración de análisis teórico**

Se debe usar la información obtenida del sistema de pronósticos de la demanda de cada análisis y su respectivo horizonte de planeación para realizar el plan maestro teórico. Con esta información, el gestor debe dar inicio a la planificación de aprovisionamiento de reactivos para dicho horizonte.

- **Plan de requerimiento de reactivos teórico**

Con el plan maestro teórico Trimestral (PMP), se obtienen del sistema los requerimientos de reactivos (MRP1).

- **MRP1 Teórico**

El sistema considera el plan maestro de elaboración de análisis para determinar los requerimientos de reactivos, en el módulo MRP1 para el horizonte de planeación; si hay disponibilidad en la bodega y si este compromete el inventario de seguridad para dar inicio a la programación de los análisis pronosticados y de los recursos comprometidos.

El sistema cuenta con un módulo para el correcto funcionamiento del MRP1, como se muestra en la Figura 10. Módulo MRP1 Teórico. Se considera el pronóstico de la demanda

de cada análisis para determinar, según el consumo de reactivo para realizar cada análisis, los requerimientos de reactivos para el primer trimestre que comprende el periodo del mes de julio a octubre.

MRP 1 TEÓRICO					
Análisis	HEMOGRAMA			Demanda	
	HEMOGRAMA			Jul-17	331
	GLICEMIA			Aug-17	363
	TRIGLICÉRIDOS			Sep-17	384
	COLESTEROL TOTAL			Oct-17	311
	COLESTEROL HDL				
	CREATININA				
	NITRÓGENO UREICO				
	ÁCIDO ÚRICO				
Reactivo (ml)	Jul-17	Aug-17	Sep-17	Oct-17	
WL 19 RINSE AA	2538	2783	2949	2384	
WL 19 LYSE AA	162	238	263	228	
WL 19 DILUENT AA	7199	9208	11858	7968	

Figura 10. Módulo MRP1 Teórico.  
Fuente: Analista, junio 2017.

Con la información de los requerimientos de reactivos, se determina la cantidad necesaria por tipo de reactivo. Consecuentemente, es necesario definir el módulo de inventario del sistema de programación para el manejo y aseguramiento de los reactivos.

### 5.3.1.7. Sistema de inventarios

El módulo de inventario se alimenta de los requerimientos de reactivos obtenidos en el módulo MRP1 y este a su vez se alimenta de los pronósticos de cada análisis y dependiendo de su proyección, éste determinará los pedidos necesarios para afrontar la demanda futura.

De acuerdo con Van horne y Vachowicz (2008; p. 274) el sistema de administración y de control de inventario, en el cual los inventarios se adquieren e insertan en la producción

en el preciso momento en que son requeridos; de este concepto se desprende la propuesta de inventario justo a tiempo, el cual tiene como objetivo eliminar todo aquello que represente desperdicio en las actividades del laboratorio. Esto significa que el laboratorio tendrá los reactivos necesarios para poder elaborar dentro de sus instalaciones todos los análisis de la demanda futura y así evitaría contratar servicios externos.

Es preciso resaltar que el laboratorio debe contar con un stock de seguridad, que debe contemplar un inventario de seguridad y el tiempo de entrega de los proveedores para poder determinar el punto de reorden para cada reactivo.

#### **5.3.1.8. Punto de reorden de materias primas**

“En un sistema de revisión continua, conocido a veces como sistema de punto de reorden (ROP, del inglés reorder point system), se lleva el control del inventario remanente de un artículo cada vez que se hace un retiro para determinar si ha llegado el momento de hacer un nuevo pedido, según Krajewski & Ritzman (2012, pág. 476)

Para el cálculo del punto de reorden mostrado en la Figura 11, se estableció un inventario de seguridad para dos semanas y de tiempo de entrega de los proveedores que como se mencionó en el diagnóstico es de una semana.

PUNTO DE REORDEN				
Sección	HEMATOLOGÍA			
	HEMATOLOGÍA QUIMICA HORMONAS			
Reactivo (ml)	Inventario de seguridad	Tiempo de reposición	Punto de reorden	Demanda mensual promedio
WL 19 RINSE AA	1332	666	1998	2663
WL 19 LYSE AA	111	56	167	223
WL 19 DILUENT AA	4529	2265	6794	9058

Figura 11. Módulo Punto de reorden.  
Fuente: Analista, junio 2017.

- Columna # 1: Materia prima (reactivos); en esta columna aparecen los reactivos necesarios para cada sección que repercuten en la elaboración de los análisis afectados.
- Columna # 2: El stock de seguridad es el nivel extra de inventario que se mantiene en almacén para afrontar cualquier eventualidad. Debido a la fluctuación de la demanda, se calculó con el microbiólogo del laboratorio, que este debía ser la elaboración promedio de análisis para 2 semanas para efectos del desarrollo de la empresa.
- Columna # 3: El tiempo de reposición, es el tiempo que toma en llegar la orden de pedido desde que se emite hasta que se coloca el producto en la bodega; este tiempo puede tomar de 3 a 5 días, dependiendo del proveedor; pero para efectos de este estudio, nos ubicaremos en el peor de los escenarios, que corresponde al tiempo de reposición de una semana de producción.
- Columna # 4: El punto de reorden es la cantidad a la que se permite llegar el inventario antes de que el gestor emita una nueva orden de aprovisionamiento; para el caso del

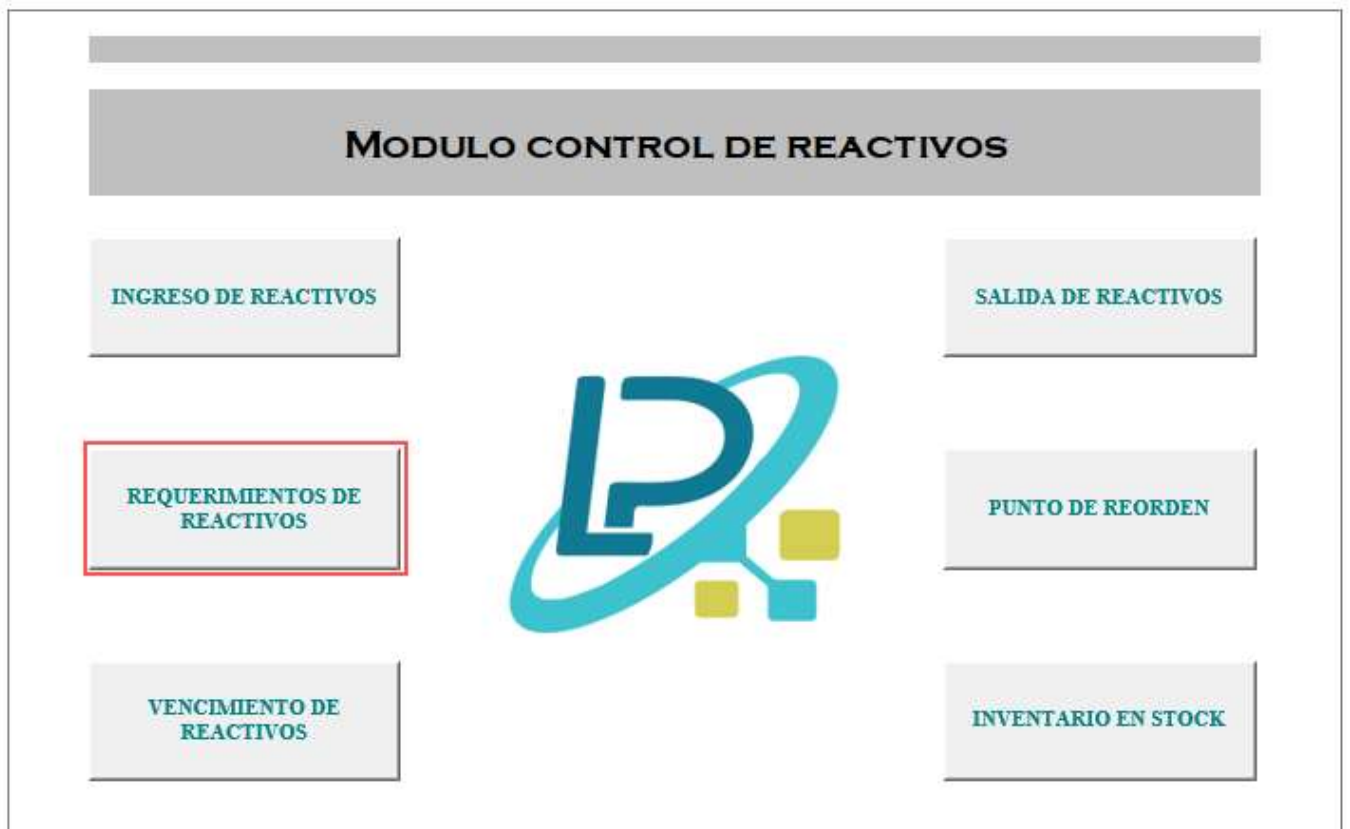
laboratorio, este se obtiene de la suma del stock de seguridad y el tiempo de reposición de reactivo.

- Columna # 5: la demanda mensual promedio como su nombre lo dice es el promedio mensual de la demanda pronosticada. El módulo del punto de reorden toma la información de la proyección de la demanda para determinar el punto de reorden.

En el caso de que se cuente con los materiales requeridos para afrontar la demanda, pero se compromete los materiales dentro del punto de reorden, se activa la cadena de suministros, se giran las órdenes de compra para reabastecer la bodega y no correr el riesgo de quedarse sin reactivos.

El módulo control de reactivos como se observa en la Figura 12 del sistema prototipo, contiene el apartado requerimiento de reactivos en donde se determina el “qué”, “cuánto” y “cuándo” pedir mediante la cantidad económica de adquirir (EOQ).

*Figura 12. Módulo requerimiento de reactivos.*



*Fuente: Analista, junio 2017.*

Mediante la implementación del módulo de control de reactivos al sistema integrado de elaboración y control de análisis clínicos, se logran atacar las causas relacionadas con la ausencia del sistema de inventarios.

- **MRP 2 Teórico**

El responsable es el gestor del SIPC, quien debe determinar cuándo se evidencia la necesidad de contratar talento nuevo o se debe comprar equipos para poder afrontar la proyección de la demanda.

#### 5.4. Etapa de ejecución

Como primer paso antes de iniciar la etapa de ejecución del sistema integrado de programación y control, se realiza el diagrama con la secuencia de pasos desde el inicio relacionado con la etapa de planeación, hasta el final con la etapa del control del sistema.

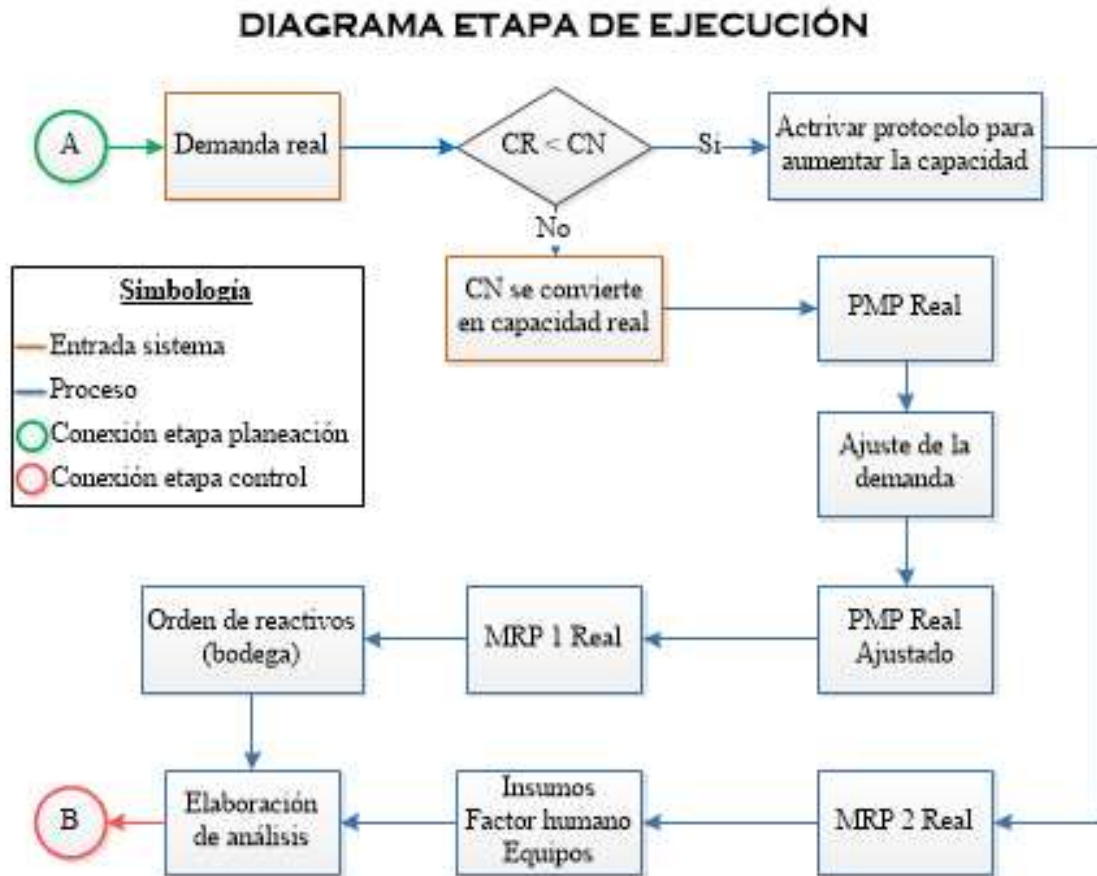


Diagrama 12. Etapa de ejecución.  
Fuente: Analista, junio 2017.

Según el diagrama 12, esta etapa inicia con la entrada de la demanda real de cada uno de los análisis a realizar en las diversas secciones del área de elaboración de muestras.

Como se puede apreciar en el Diagrama 12, en la etapa de ejecución, la capacidad necesaria pasa a ser la capacidad real, la cual debe cubrir la capacidad el sistema de programación; también debe determinar la cantidad de análisis elaborados durante el horizonte de planeación, transformándose en el plan maestro de elaboración de análisis (PMP)

Una vez terminada la jornada diaria, el técnico encargado debe registrar el ingreso o salida de reactivos. Esto debe hacerse en el módulo de control de inventarios del sistema en el apartado correspondiente; como se muestra en la Figura 13.

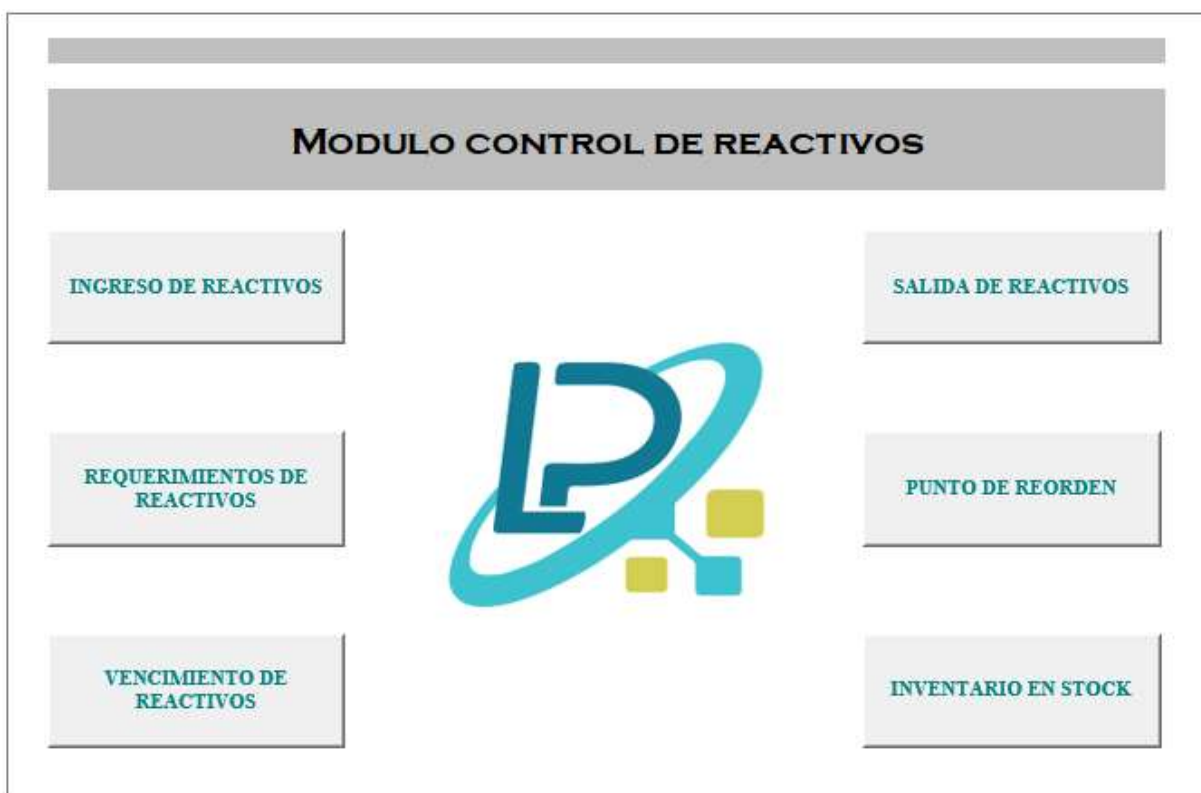


Figura 13. Módulo control de reactivos.  
Fuente: Analista, junio 2017.

#### 5.4.1. Módulo de control de reactivos

En el módulo control de reactivos presentado anteriormente se pueden apreciar los diferentes apartados para llevar a cabo el control de inventarios, a continuación, se detallan los apartados que aún no han sido mencionados:

- **Registro de ingreso de reactivos**

El apartado de ingreso de reactivos es para uso del gestor del SIPC, el cual deberá ingresar toda la información de los reactivos entrantes al sistema, en el preciso momento en el que los recibe: En la Figura 14, se presenta la pantalla del sistema prototipo para el registro de entradas y en la Tabla 23, la descripción de su correcto procedimiento.



REGISTRO DE ENTRADAS		
Fecha		
Descripción		
Ubicación		
Cantidad		
Proveedor		
Codigo		
Costo		
Imprimir	Guardar	Limpiar

Figura 14. Módulo registro de ingreso de reactivos.  
Fuente: Analista, junio 2017.

- Descripción de la función registro de ingreso de reactivos

<b>Denominación de la función</b>	
<b>REGISTRO DE INGRESO DE REACTIVOS</b>	
Responsable	Gestor del SIPC
Posición al que reporta	Gerencia
<b>Descripción general</b>	
Registro al momento de la recepción de la fecha, cantidad, costo y vencimiento por tipo de reactivo.	
<b>Proceso de registro en el sistema</b>	
<p>1. Inicia con la elección del módulo "registro de entradas" en la interfaz del sistema, a continuación, aparece una pantalla con un formulario, el cual debe ser llenado en su totalidad con la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fecha de recepción</li> <li>➤ Descripción del reactivo.</li> <li>➤ Ubicación en bodega</li> <li>➤ Cantidad</li> <li>➤ Proveedor</li> <li>➤ Costo</li> <li>➤ Código</li> </ul>	
<p>2. Una vez completado el registro de reactivos, el encargado se encontrará con tres botones con las siguientes opciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limpiar (rojo): Esta opción permite limpiar todo el formulario en caso de algún error al momento del registro.</li> <li>✓ Guardar (azul): Registra y agrega la cantidad de reactivos en stock.</li> <li>✓ Imprimir (verde): Imprime el formulario en caso de ser necesario.</li> </ul>	

*Tabla 23. Procedimiento para el ingreso de reactivos al sistema.*

*Fuente: Analista, junio 2017.*

- **Registro de salida de reactivos**

Este apartado tiene como objetivo registrar en el sistema la salida detallada de cada reactivo en bodega; de esta forma, el sistema realizará el cálculo del nuevo stock que será mostrado en el módulo de reactivos en stock del sistema para su respectivo control y que retomaremos más adelante.

Se presenta la Figura 15, pantalla prototipo para el registro de salidas y en la Tabla 24, la descripción de su correcto procedimiento.



*Figura 15. Módulo registro de salidas reactivos.  
Fuente: Analista, junio 2017.*

- **Descripción de la función salidas de reactivos**

Denominación de la función	
<b>REGISTRO DE SALIDA DE REACTIVOS</b>	
Responsable	Gestor SIPC
Posición al que reporta	Gerencia

<b>Descripción general</b>
Registro de la fecha, cantidad, tipo y código por tipo de reactivo al salir de la bodega del laboratorio.
<b>Proceso de registro en el sistema</b>
<p>1. Inicia con la elección del módulo "registro de salidas" en la interfaz del sistema. A continuación, aparece una pantalla con un formulario, el cual debe ser llenado en su totalidad con la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fecha de salida del reactivo</li> <li>➤ Descripción tipo de reactivo</li> <li>➤ Ubicación en bodega</li> <li>➤ Cantidad</li> <li>➤ Código</li> <li>➤ Fecha de vencimiento</li> </ul>
<p>2. Una vez completado el registro de reactivos, el encargado encontrará tres botones con las siguientes opciones:</p> <p>Limpiar (rojo): Esta opción permite limpiar todo el formulario en caso de algún error al momento del registro.</p> <p>Guardar (azul): Registra y agrega la cantidad de reactivos en stock.</p> <p>Imprimir (verde): Imprime el formulario en caso de ser necesario.</p>

*Tabla 24. Procedimiento para la salida de reactivos del sistema.  
Fuente: Analista, junio 2017.*

- **Módulo reactivo en stock**

Este módulo nos muestra de forma ordenada y detallada, la disponibilidad de reactivos en bodega. Es un apartado que servirá como base para que el encargado consulte si el horizonte de planeación compromete el inventario de seguridad o para realizar la orden de compra.

Una vez finalizada la etapa de ejecución con respecto al sistema de programación, el gestor encargado del sistema debe medir los objetivos del sistema, con esto podrá determinar si se cumplieron con los indicadores presentados en la etapa de control.

- **Módulo vencimiento de reactivos**

Este apartado muestra al microbiólogo una lista con los reactivos que se encuentran más próximos a su fecha de vencimiento; con esta información el microbiólogo puede tomar decisiones, ya sea para su uso inmediato o para promocionar los análisis que requiera este reactivo, y sirve para eliminar el desperdicio de reactivos por su caducidad.

## 5.5. Etapa de control

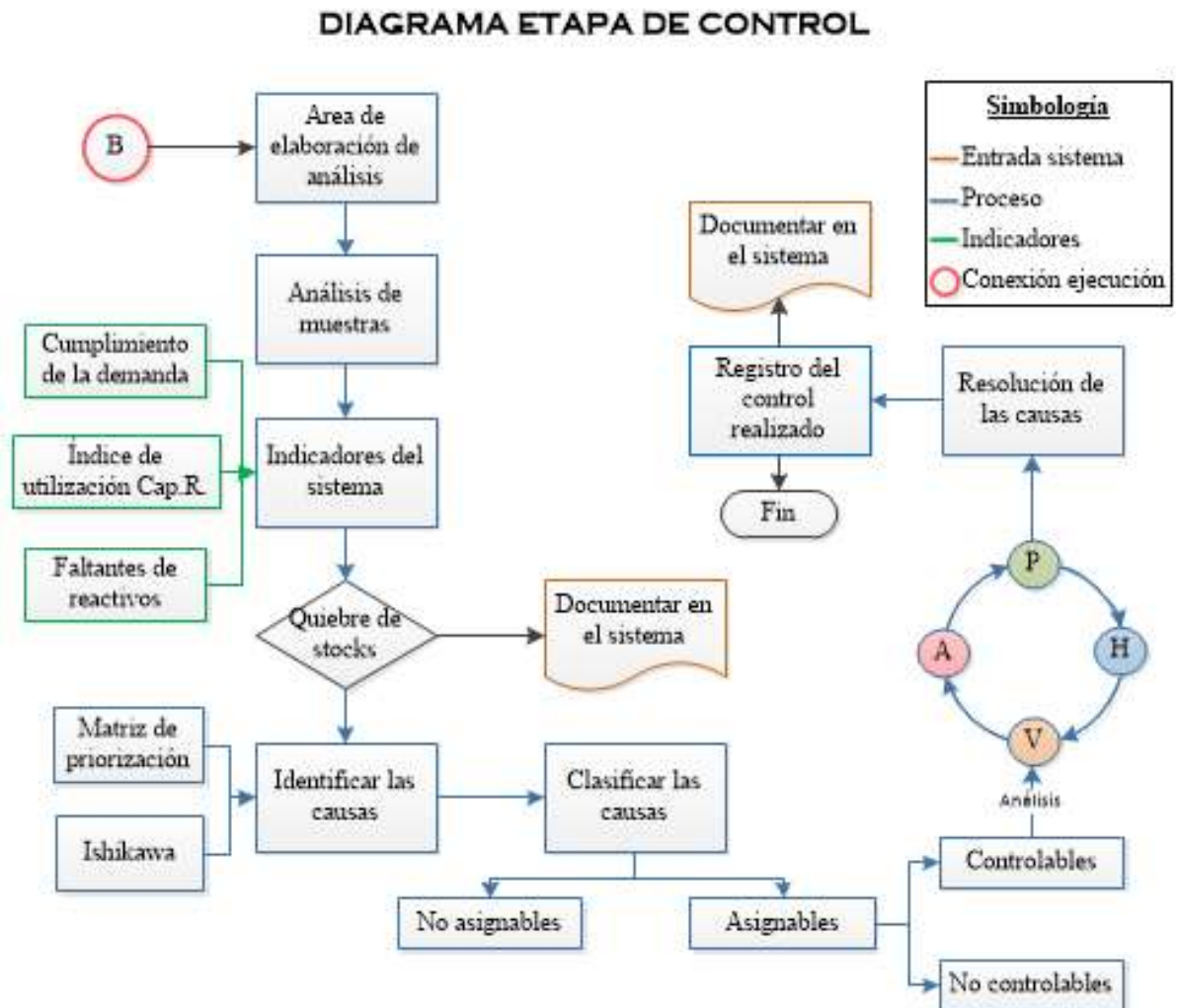


Diagrama 13. Etapa de control.  
Fuente: Analista, junio 2017.

Como se puede apreciar en el Diagrama 13, una vez realizado el análisis de las muestras se debe medir y controlar los parámetros obtenidos en el módulo de indicadores del sistema; uno de los principales indicadores para controlar el cumplimiento de los objetivos del proyecto es el “quiebre de stock de reactivos no planificados”, con esta información el gestor podrá determinar cuándo se da la rotura en el stock de algún reactivo, y con ello

determinar las causas que la generan, y mediante su análisis y la aplicación del ciclo PHVA de mejora continua, puede tomar las decisiones para su respectiva solución.

Es importante resaltar que se debe documentar y registrar la solución del problema en el sistema; esto servirá de soporte en caso de una nueva eventualidad.

A continuación, se presenta el módulo de indicadores del sistema.

- **Módulo de indicadores**



*Figura 16. Módulo indicador.  
Fuente: Analista, junio 2017.*

El módulo de indicadores presentado en la Figura 16, le proporciona al gestor una importante gama de indicadores (semanales, mensuales, trimestrales) para el control de los procesos de la empresa. Entre los cuales se destacan los siguientes:

➤ **Índice de la demanda insatisfecha**

Como su nombre lo dice este indicador muestra el porcentaje de análisis que no se pudo realizar en el laboratorio, con respecto a su demanda total.

$$\% \text{ Demanda insatisfecha} = \frac{\text{Análisis referidos}}{\text{Total de análisis entrantes}} \times \text{Mes}$$

➤ **Índice de utilización de la capacidad instalada**

Este indicador nos muestra la utilización de la capacidad instalada.

$$\text{Índice de utilización de la capacidad} = \frac{\text{Tasa de producción}}{\text{Capacidad máxima}} \times \text{Mes mes}$$

➤ **Duración de los reactivos**

Este indicador muestra cuántas veces dura el reactivo en stock, con respecto a las ventas promedio del último periodo.

$$\text{Duración de los reactivos} = \frac{\text{Reactivos en stock}}{\text{Ventas promedio}} \times \text{Mes}$$

A continuación, se presenta la Tabla 25. Procedimiento para el uso de indicadores. on la descripción del uso correcto del módulo para el manejo de indicadores en el sistema.

- **Descripción de la función manejo de indicadores**

<b>Denominación de la función</b>
<b>MANEJO DE INDICADORES EN EL SISTEMA</b>

Responsable	Gestor del SIPC
Posición al que reporta	Gerencia
<b>Descripción general</b>	
Análisis y control de los indicadores provistos por el sistema para dar seguimiento a los diferentes procesos dentro del laboratorio.	
<b>Proceso de registro en el sistema</b>	
<p>1. Inicia con la elección del módulo "indicadores" en la interfaz del sistema. A continuación aparece una pantalla, con la siguiente lista de indicadores: Fecha de recepción</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tiempo promedio de registro de pacientes.</li> <li>➤ Índice de demanda insatisfecha.</li> <li>➤ Tiempo promedio de elaboración por análisis.</li> <li>➤ Cumplimiento del tiempo de entrega de reportes.</li> <li>➤ Rotación de reactivos.</li> <li>➤ Duración de reactivos en bodega.</li> </ul>	
<p>2. Una vez seleccionado el indicador a analizar, es necesario colocar el rango de la fecha que se quiere evaluar; pueden ser días, semanas, meses con ello el sistema realizará el cálculo del indicador para el rango de fechas indicado.</p>	

*Tabla 25. Procedimiento para el uso de indicadores.  
Fuente: Analista, junio 2017.*

## 5.6. Propuesta del procedimiento del SIPC

Es indispensable que el gestor y los colaboradores realicen cada una de las funciones especificadas y apliquen las herramientas diseñadas en este documento para alcanzar el éxito de la propuesta del proyecto. Esto con el objetivo de asegurar el control en cada proceso

involucrado y disminuir o eliminar los quiebres de stock de reactivos que generan la necesidad de contratar servicios externos.

Se presentan las funciones y obligaciones del gestor para cada etapa dentro del SIPC:

#### **5.6.1. Funciones propuestas etapa de planeación**

- Consulta del histórico de la demanda de análisis.
- Análisis de los índices de autocorrelación.
- Determinar el modelo de pronósticos que mejor se ajuste.
- Análisis de las capacidades del laboratorio frente a la proyección de la demanda.
- Establecer el plan maestro de elaboración de análisis clínicos, según el horizonte de planeación.
- Establecer los requerimientos de reactivos necesarios.
- Consultar y priorizar los reactivos según su vencimiento.
- Planificar los equipos y el recurso humano.

#### **5.6.2. Funciones propuestas etapa de ejecución**

- Analizar el error del pronóstico frente a la demanda real.
- Determinar si se mantiene el modelo de pronóstico o se elige uno nuevo.
- Supervisar el ingreso de reactivos al sistema, en el momento de su recepción.
- Supervisar el registro de la salida de reactivos utilizados en el sistema.
- Aseguramiento de las existencias en bodega y no comprometer el inventario de seguridad.

### 5.6.3. Funciones propuestas etapa de control

- Realizar el análisis de los indicadores integrados al sistema.
- Crear un plan de acción basado en la información de los indicadores.
- Documentar cualquier eventualidad que afecte el flujo normal de la elaboración de análisis y su resolución.
- Aseguramiento del cumplimiento de las funciones establecidas para el buen funcionamiento del sistema.

### 5.7. Propuesta del recurso humano

En la actualidad la empresa no cuenta con una persona que tenga los conocimientos adecuados para realizar las funciones que requiere el funcionamiento del sistema. Por ello, es notable la necesidad de contratar un ingeniero industrial que cumpla con los requisitos del siguiente perfil:

<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
<b>Educación</b>	Bachiller en ingeniería industrial.
<b>Área de trabajo</b>	Área de planificación y control de la elaboración de análisis clínicos.
<b>Conocimientos específicos</b>	Manejo de inventarios.
<b>Conocimientos informática</b>	Excel, Word, Power Point, Sistema ERP.
<b>Habilidades</b>	Planificación, organización.

<b>Competencias</b>	Liderazgo, orientación al servicio, proactivo, trabajo en equipo.
<b>Responsabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificar y controlar la cadena de elaboración de análisis.</li> <li>- recopilar y registrar toda la información requerida en el sistema.</li> <li>- toma decisiones basado en el sistema de indicadores.</li> </ul>

*Tabla 26. Perfil del puesto para Gestor del SIPC.  
Fuente: Analista, febrero 2017.*

### **5.8. Propuesta de materiales y equipo**

Al crear el puesto de gestor del SIPC, se crea la necesidad de un equipo de cómputo adicional para que pueda desarrollar sus funciones; es por ello que, el costo se detalla en la evaluación económica del proyecto.

### **5.9. Propuesta a nivel organizacional del SIPC**

Como se mencionaba anteriormente, la creación de un nuevo puesto, crea nuevas necesidades; es por ello que se presenta en el Figura 17, la propuesta del nuevo organigrama de la empresa, incluyendo el puesto del puesto del gestor del SIPC, quien se ubica debajo del gerente o dueño de la empresa al cual debe presentarle los informes obtenidos de las diferentes problemáticas del sistema y las acciones correctivas correspondientes.

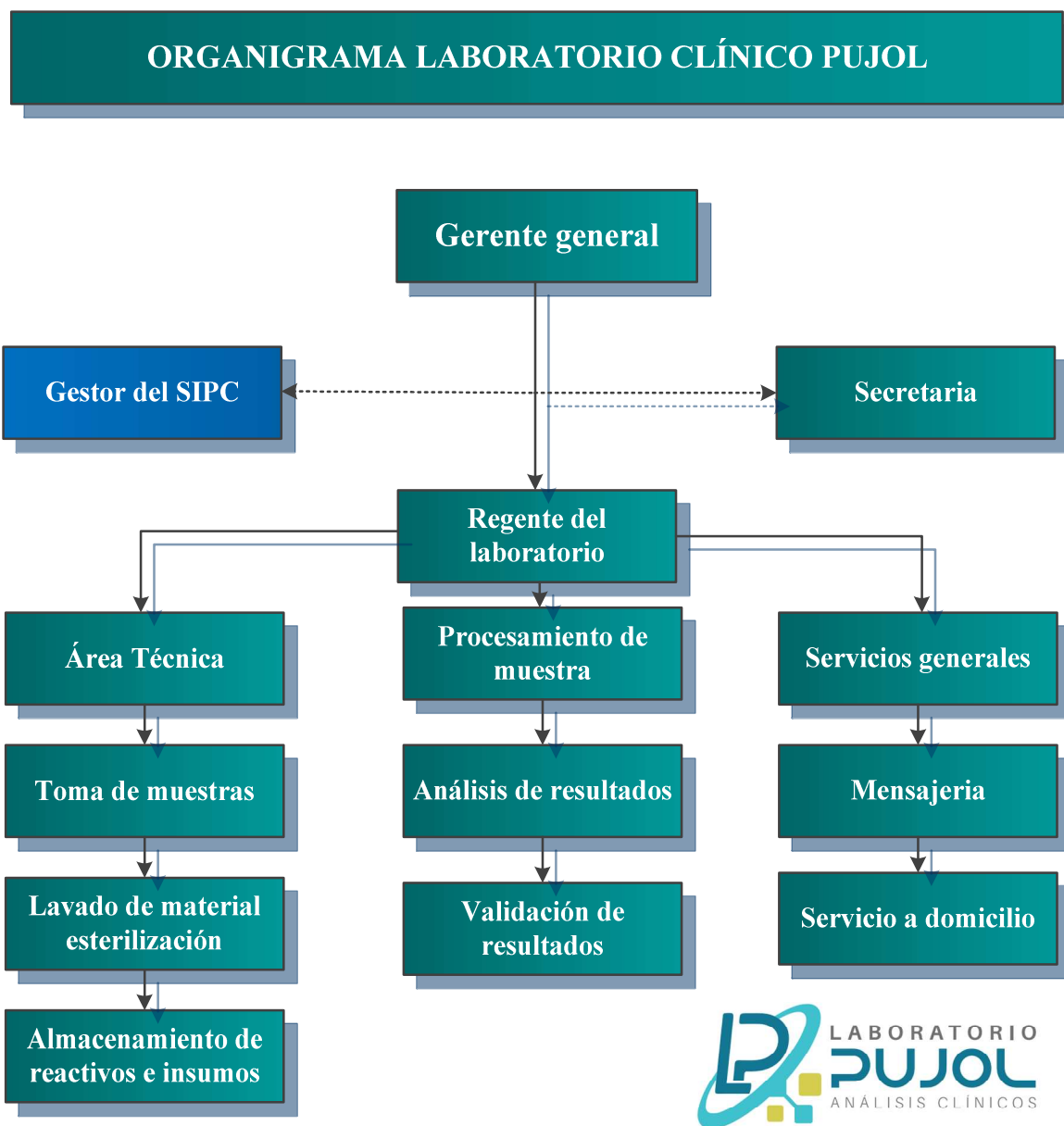


Figura 17. Organigrama propuesto Laboratorio Pujol  
Fuente: Analista, junio 2017.

### 5.10. Propuesta del flujo de información

Uno de los principales problemas mencionados en el diagnóstico era la falta de comunicación sobre la información del estado de los reactivos en bodega y de las existencias

de los mismos, generando la necesidad de contratar servicios de terceros para crear un flujo de información adecuado que garantice datos confiables y oportunos.

Se presenta el siguiente Diagrama 14.

### 5.10.1. Diagrama del flujo de información

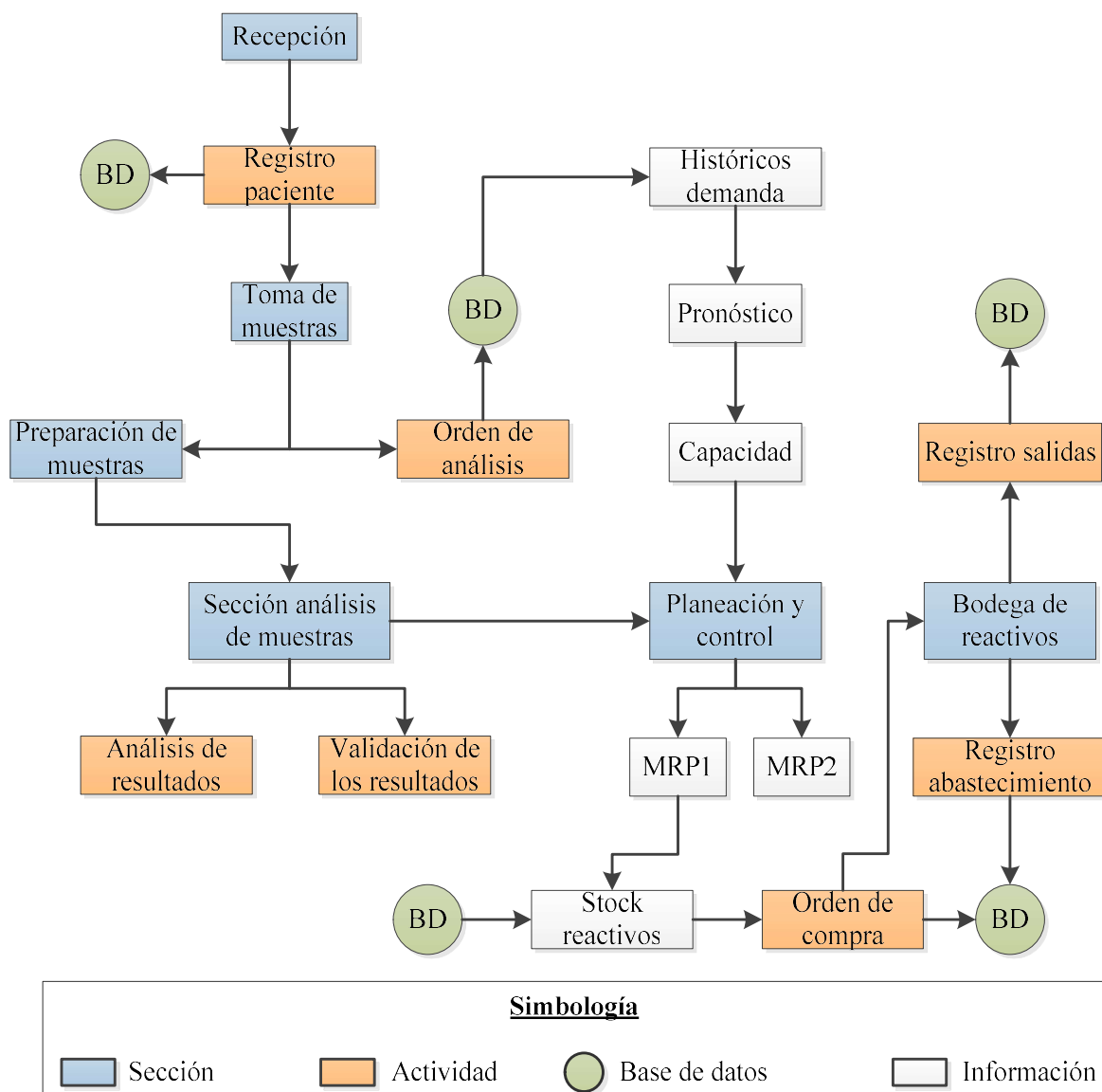


Diagrama 14. Flujo de información.

Fuente: Analista, junio 2017.

Es importante recordar que para el correcto funcionamiento del sistema de flujo de información, los colaboradores deben cerciorarse que han ingresado correctamente la información al sistema, y asegurarse que ésta sea real para que la información brindada por el sistema sea la más precisa y confiable.

Finalmente, Para el correcto funcionamiento de la propuesta del sistema del flujo de información, es necesario identificar cómo se integran las áreas a través del flujo de información.

#### **5.11. Propuesta de integración de las áreas**

Una vez que se establezca la propuesta del Sistema de programación y control e identifique el flujo de información, se establecen las áreas involucradas en el proceso de elaboración de análisis, tomando en cuenta su participación en el flujo de información establecido en el Diagrama 14. Esto con la finalidad de que cada colaborador tenga claro cuáles son las áreas a las que debe reportar la información y de cuáles debe recibirlas.

Finalmente, mediante el sistema integrado de programación prototipo mostrado en el Diagrama 15, se logra integrar todas las áreas del laboratorio en un mismo sistema de información que será utilizado para planificar y organizar cada una de ellas.

### 5.11.1. Diagrama de integración de áreas

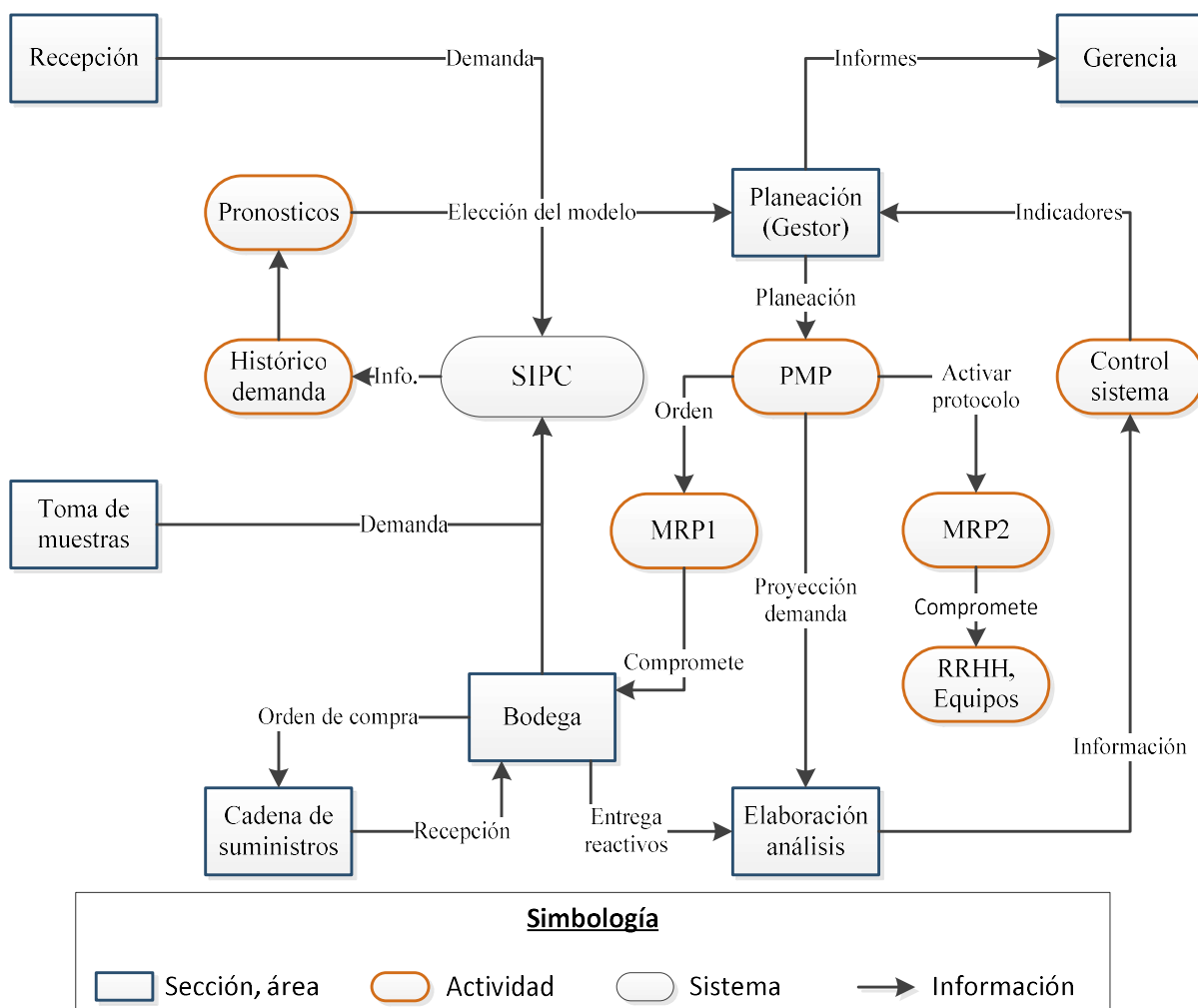


Diagrama 15. Integración de áreas.  
Fuente: Analista, junio 2017.

### 5.12. Cadena de valor propuesta

En el Gráfico 9 propuesta de la cadena de valor, se detallan los procesos operativos que interactúan con el área propuesta de planeación y control,; además, se detallan los indicadores recomendados para el control de cada área involucrada en el proceso de elaboración de análisis..

Procesos operativos	Registro del paciente y orden medica	Sección de sangrada	Recepción la muestra	Elaboración de análisis	Validación de resultados	Entrega de resultados	Área de planeación y control
Componentes	Equipo de computo	Materiales para la toma de muestra	Frascos plásticos y tubos estériles con muestras rotuladas	Equipos de laboratorio	Los resultado obtenidos	Equipo de computo	Sistema de información
	Sistema ERP para laboratorios	Tubos estériles	Cantidad y calidad de la muestra	Reactivos necesarios	Historial del paciente	Servicio de internet	Equipo de computo
		orden con los análisis a realizar.		Muestras previamente preparadas		Papelería	Informes de la demanda
						Resultados validados	Informes del control de inventarios
	Sistema del laboratorio						
Participantes internos Lab Pujol	Secretaria en recepción	Técnico a cargo	Técnico a cargo	Técnico a cargo	Microbiólogo regente	Secretaria en recepción	Gestor del SIPC
				Microbiólogo a cargo			
Cientes externos Lab Pujol	Doctores, pacientes ambulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes ambulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes ambulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes ambulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes ambulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes ambulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras	Doctores, pacientes ambulatorios, veterinarios, empresas, aseguradoras
Cientes internos Lab Pujol	Sección de sangrado	Sección de recepción de muestras	Área de elaboración de análisis	Sección de validación de resultados	Secretaria	Doctor o paciente correspondiente	Gerencia
Requerimientos del cliente interno	orden con los análisis a realizar.	Frascos estériles	Muestras debidamente homogenizadas o centrifugadas	Los resultados de cada análisis	Resultados validados	Reporte final del resultado	Cumplimiento de las funciones de registro en el sistema
		Tubos con muestra sanguínea		Historial del paciente	Firma del microbiólogo regente	Resultado debe coincidir con el nombre del paciente	Informes de los indicadores del sistema
		Muestras debidamente rotulada	Reactivos necesarios	Verificación del resultado	Entrega a tiempo		
			Equipos de laboratorio			Resultados confiables	
Variables y atributos	Buen trato	Precisión del sagrado	Temperatura	Cantidad de análisis	Precisión del resultado	Tiempo de entrega	Confiability de la información registrada
	Agilidad	anatomía del paciente	El tipo de análisis	Tiempo de elaboración	Tiempo de entrega	Reporte electrónico o físico según corresponda	
	Buena comunicación	El estado del paciente		Calidad del resultado			
						La precisión del resultado	
Indicadores	Tiempo promedio de registro por paciente	Tiempo promedio de sangrado por paciente	Tiempo promedio de preparación y acondicionado de muestras	Índice de demanda insatisfecha	Índice de cumplimiento de resultados validados	Índice de cumplimiento del tiempo de entrega de reportes	Índice de utilización de la capacidad
	Porcentaje de entregas a tiempo			Índice de demanda insatisfecha			Índice de error del pronóstico

Gráfico 9. Cadena de valor propuesta

Fuente: Analista, julio 2017

### **5.13. Factores críticos de éxito:**

Son los aspectos claves e indispensables para el buen funcionamiento de la propuesta.

#### **5.13.1. Compromiso**

Es uno no de los factores más importantes, debido a que resulta fundamental crear un compromiso en el personal, incluyendo a la dirección del laboratorio, ya que son ellos los encargados de crear y fomentar el compromiso en la empresa, de mantener o mejorar los resultados obtenidos, y de motivar o estimular a los colaboradores a participar, dando ideas o propuestas de mejora.

#### **5.13.2. Trabajo en equipo**

Un ambiente de trabajo en equipo resulta provechoso, no solo a nivel individual, sino también a nivel integral del equipo involucrado, cambiando el pensamiento de objetivos individuales y creando objetivos en común; un buen equipo de trabajo debe crear sinergia y respeto entre sus integrantes y sus ideas.

#### **5.13.3. Capacitación**

El proceso de capacitación y adiestramiento del personal es fundamental para que las propuestas de mejora tengan el alcance esperado, ya que es necesario que los colaboradores realicen las nuevas funciones asociadas al sistema integrado de programación y control (SIPC), descritas en el proyecto para garantizar su uso correcto y con ello el control de los procesos y el aseguramiento de la disponibilidad de reactivos.

#### **5.13.4. Resistencia al cambio**

La resistencia al cambio es un síntoma natural en el personal. Con la propuesta del sistema integrado de programación y control (SIPC), es necesario que el gestor administre los cambios que conlleva la aplicación de esta propuesta de forma que los colaboradores lo visualicen como un beneficio, no solo para la empresa sino también para ellos mismos.

#### **5.13.5. Liderazgo**

El gestor a cargo debe tener cualidades de líder, debido a que será el encargado de guiar a todo el personal al cambio y a comprometerse con sus funciones.

#### **5.13.6. Gestor del SIPC**

Es importante que el gestor responsable de la implementación y aplicación del sistema integrado de programación y control, se familiarice con cada actividad y con el proceso dentro del laboratorio, al cual se le debe hacer entrega del documento con los respectivos requisitos, funciones y obligaciones del cargo, con anticipación.

### **5.14. Plan de implementación**

El plan de implementación de la propuesta se agrupó en seis fases, que serán detalladas en las siguientes líneas.

Fase 1: Se programa la reunión para realizar la presentación de la propuesta a gerencia; se indica quiénes son los responsables de la aprobación del proyecto para dar inicio con la siguiente fase; este tiempo se estimó en una semana.

Fase 2: Una vez aprobado el proyecto, lo primero es seleccionar al profesional que se encargará del desarrollo del sistema integrado de programación y control (SIPC). Se establece un tiempo de seis semanas para la compra del equipo de cómputo e instalación y desarrollo del SIPC en todos los equipos, en la sexta semana.

Fase 3: La selección y reclutamiento para ocupar el puesto de gestor del SIPC, da inicio a partir de la cuarta semana, paralelamente al desarrollo del sistema; esto con el objeto de tener al gestor cuando se tenga debidamente instalado el SIPC y acondicionado todo el equipo para dar inicio con su capacitación.

Fase 4: Seleccionada la persona que mejor se ajuste al perfil del gestor, se da inicio a su capacitación con respecto al funcionamiento del nuevo sistema de información implementado, una vez finalizada, el gestor debe dar inicio con la capacitación de sus colaboradores.

Fase 5: El plan piloto da inicio en la semana 11, una vez finalizadas las capacitaciones. En esta etapa, el gestor debe evaluar la propuesta y realizar los ajustes pertinentes para obtener un mejor desempeño.

Fase 6: Se da inicio a la implementación definitiva de la propuesta del sistema integrado de programación y control en la empresa (SIPC)

### 5.14.1. Programa de implementación

ACTIVIDADES	Setiembre					Octubre					Noviembre				Diciembre			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
<b>Fase 1</b>																		
Presentación del proyecto	■																	
<b>Fase 2</b>																		
Selección y Desarrollo del sistema		■	■	■	■	■	■	■	■	■								
<b>Fase 3</b>																		
Reclutamiento del gestor			■	■	■	■	■	■	■	■								
<b>Fase 4</b>																		
Programa de capacitación gestor								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
capacitación a los colaboradores										■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Fase 5</b>																		
Ejecución de la prueba piloto											■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Fase 6</b>																		
Implementación del SIPC																■	■	■

Tabla 27. Plan de implementación.

Fuente: Analista, julio 2017.

## 5.15. Evaluación económica

Este apartado tiene como objetivo determinar la viabilidad del proyecto. Seguidamente, se detallan los aspectos económicos relacionados con la propuesta de mejora.

### 5.15.1. Inversión inicial

En relación con el cálculo de la inversión inicial, es necesario contemplar todos los gastos que implica implementar la propuesta y determinar el tipo de depreciación que aplica la empresa para el caso del laboratorio. Ésta es lineal y el detalle de los gastos iniciales se refleja en la Tabla 1.

Descripción	Cantidad	Valor aproximado	Vida útil	Depreciación	
				Mensual	Anual
Equipo de computo	1	₡ 239,870.00	5	₡ 3,997.83	₡ 47,974.00
Sistema	1	₡ 285,312.00	5	₡ 4,755.20	₡ 57,062.40
Escritorio	1	₡ 105,000.00	10	₡ 875.00	₡ 10,500.00
Silla	1	₡ 65,000.00	10	₡ 541.67	₡ 6,500.00
Capacitación gestor	16 horas	₡ 60,000.00	-	-	-

*Tabla 28. Inversión inicial.  
Fuente: Analista, Julio 2017.*

Cabe mencionar que la capacitación del gestor será impartida por los proveedores del sistema, con los que se trabaja actualmente. Y una vez que finalice la capacitación, él deberá organizar, preparar y realizar las capacitaciones a sus colaboradores sobre el uso correcto y eficiente del sistema (SIPC). Estas capacitaciones deberán ser realizadas en horas de la tarde para aprovechar mejor el tiempo ocioso.

### 5.15.2. Gastos mensuales

Establecida la inversión inicial, se procede a establecer los costos mensuales asociados a la implementación de la propuesta, como se observa en la Tabla 29.

Descripción	salario	cargas sociales	Gasto mensual
Gestor del SIPC	₡ 550,000.00	₡ 144,815.00	₡ 694,815.00

*Tabla 29. Gastos mensuales.*

*Fuente: Analista, julio 2017.*

Para determinar el salario del gestor se tomó como fuente la información brindada en la página del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (ver anexo 6), y para el cálculo de las cargas sociales, se usó la calculadora integrada en la página de la Caja Costarricense del Seguro Social (ver anexo 7).

### 5.15.3. Ingresos anuales

Este dato corresponde al ahorro mensual que se obtendrá con la implementación del SIPC. Es necesario tomar en cuenta, el índice de crecimiento de la empresa en los últimos años para lo cual se tomó la demanda anual de los años 2015 y 2016 y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Crecimiento anual} = \frac{\text{Demanda 2016} - \text{demanda 2015}}{\text{Demanda 2015}} = 32.18\% = \frac{15916 - 12041}{12041}$$

Como se puede apreciar en la ecuación, el crecimiento anual estimado de la empresa es de un 32.18%, tomando en cuenta un crecimiento anual del 30% y que el costo de referir análisis en el año 2016 fue de ₡ 5.161.000. Se hace la proyección del ahorro de estos gastos para los siguientes 5 años, según la tabla 30.

#### 5.15.4. Flujos Netos de Efectivo

Flujo de caja	Año 0	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022
<b>Inversión inicial</b>						
Equipo de computo	(C239,870.00)					
Sistema	(C285,312.00)					
Escritorio	(C105,000.00)					
Silla	(C65,000.00)					
Capacitación del gestor	(C60,000.00)					
<b>Total inversión inicial</b>	<b>(C755,182.00)</b>					
<b>Ingresos</b>						
Ahorro del pago de servicios externos		C6,760,000.00	C8,788,000.00	C11,424,400.00	C14,851,720.00	C19,307,236.00
<b>Total ingresos</b>		<b>C6,760,000.00</b>	<b>C8,788,000.00</b>	<b>C11,424,400.00</b>	<b>C14,851,720.00</b>	<b>C19,307,236.00</b>
<b>Gastos</b>						
Salario gestor		C8,337,780.00	C8,754,669.00	C9,192,402.45	C9,652,022.57	C10,134,623.70
<b>Total gastos</b>		<b>C8,337,780.00</b>	<b>C8,754,669.00</b>	<b>C9,192,402.45</b>	<b>C9,652,022.57</b>	<b>C10,134,623.70</b>
<b>Flujo neto de efectivo</b>	<b>(C755,182.00)</b>	<b>-C1,577,780.00</b>	<b>C33,331.00</b>	<b>C2,231,997.55</b>	<b>C5,199,697.43</b>	<b>C9,172,612.30</b>

Tasa de descuento	14%
TIR	71%
VAN	C7,235,588.04

Tabla 30. Flujos netos de efectivo.  
Fuente: Analista, julio 2017.

Tabla 30. Flujos netos de efectivo. Es preciso mencionar que para el cálculo de la tasa de descuento, se consideró la inflación promedio para el 2016 que fue de 0,04 expuestos en el anexo 8. Además, se estimó la tasa bancaria con un 7,6%; considerando el riesgo de la inversión y con el objetivo de brindar mayores beneficios al proyecto se estableció la tasa de descuento en un 14%.

Con el análisis de la evaluación económica, se obtuvo que el valor actual neto (VAN) es de ₡7, 235,588.00, siendo este valor mayor a 0 se establece que desde el enfoque del VAN el proyecto es viable; asimismo, se obtuvo que la Tasa Interna de Retorno es del 71% al ser mayor que la Tasa de Descuento, el proyecto deberá ser aceptado.

Finalmente, es preciso mencionar que los beneficios del presente proyecto se verán a largo plazo, después del segundo año debido a que la demanda del laboratorio es creciente. Sin embargo, se evidencia que tan pronto la empresa implemente la propuesta; asimismo, contará con un mayor tiempo para afrontar la demanda futura.

## Conclusiones

- Se logró establecer el tiempo promedio para la elaboración de análisis de las secciones de química, hematología y hormonas, secciones que representan el 91% del problema.
- Con el desarrollo de la propuesta del SIPC, realizado en el presente proyecto, se logra reducir en un 91% los gastos asociados a el quiebre de reactivos en stock, mediante el registro de ingreso y salida de reactivos, el control del inventario en stock en el sistema, por parte del gestor.
- Se evidencia la necesidad de un profesional en ingeniería industrial para la implementación y manejo del sistema.
- Mediante la aplicación del sistema, se logra evaluar y determinar las capacidades del laboratorio, información base para afrontar la proyección de la demanda.
- Se logró identificar el flujo de la información y establecer las áreas relacionadas para integrarlas al sistema; de esta manera se obtuvo la información en el momento oportuno y se asegura su confiabilidad y precisión.
- Finalmente, con el análisis del VAN y TIR se obtuvo que la propuesta del proyecto es rentable; sin embargo, los beneficios se verán a largo plazo a partir del tercer año.

## Recomendaciones

- Es indispensable que los puntos mencionados en el apartado de los factores críticos de éxito sean puestos en práctica, antes y durante la implementación del SIPC, con el propósito de crear un correcto desempeño de cada uno de los engranajes de la empresa.
- Se deben realizar las capacitaciones de forma obligatoria, ya que de ellas depende la precisión y la confianza de los datos obtenidos por el sistema.
- Incentivar y motivar el trabajo en equipo para crear un ambiente laboral ideal y que la comunicación sea más fluida, entre los integrantes.
- Supervisar periódicamente cada una de las áreas con el fin de asegurar que las funciones en cada una de ellas se realicen de la forma correcta y en el momento oportuno.

## Bibliografía

- AITECO, C. (2016). *Matriz de priorización*. Granada: España.
- Ballou, R. (2012). *Logística Administración de la cadena de suministros*. México: Editorial Pearson Educación.
- Bonilla, E. (2010). *Mejora continua de los procesos*. Lima: Fondo Editoria Universidad de Lima.
- Brady, S. (2011). *Manufacturing Moving Towards a collaborative Supply Chain*.
- Chase, R., & Jacobs, F. (2014). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Coffe, J. (2007). *Apics Dictionary* (12va Edición ed.). APICS.
- Dávila, R. (2009). *Administración y planificación de maquinaria agrícola*. Caracas, Venezuela: Italgráfica S.A.
- Deulofefeu, J. A. (2012). *Gestión de la calidad total en el retail: con la implicación de personas y la satisfacción del cliente y la sociedad*. España: Piramide.
- Dominguez Machuca, J. (2010). *Dirección de Operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid, España: Mc Graw Hill.
- Fernández Alarcón, V. (2006). *Desarrollo de sistemas de información*. Barcelona: España: Universidad Politecnica de Catalunya, SL.
- Fisher, L., & Espejo, J. (2014). *Mercadotecnia*. México: Mc Graw Hill.
- Fred R, d. (2011). *Conceptos de administración estratégica*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Goldratt, E. (2016). *La meta* (3ra ed.). Buenos Aires, Argentina: Ediciones Granica.
- Gutiérrez, P. H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw Hill.
- Hanke, J. E. (2012). *Pronósticos en los negocios*. México: Perason Educación.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México DF: Mc Graw Hill.
- Johnston, M., & Marshall, G. (2013). *Administración de ventas*. México: Mc Graw Hill.
- Kaiser, K., & Young, D. (2009). *¿Necesitas efectivo?, Busque dentro de su propia empresa*. Harvard Business Review.

- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2012). *Administración de Operaciones, estrategia y análisis*. Mexico: Pearson Educación.
- Martínez Martínez, A., & Cegarra Navarro, J. (2014). *Gestión por procesos de negocio, organización horizontal*. Madrid: España: del Economista.
- Meyers, F. (2013). *Estudio de tiempos y movimientos* (2da ed.). Pearson Educación.
- Meza Orozco, J. (2010). *Evaluación financiera de proyectos*. Ecoe Ediciones.
- Moon, M., & Mentzer, J. (2010). *7 claves para mejorar el pronóstico*.
- Negron, D. (2009). *Administración de Operaciones Enfoque Administrativo de Negocios*. Santa fe: Cengage Learning Editores.
- Niebles , B., & Freivals, A. (2009). *Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México D.F: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Pardo Alvarez, J. M. (2012). *Configuración y usos de un mapa de proceso*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Sipper, D., & Bulfin Jr, R. (2015). *Planeación y control de la producción*. México: Mc Graw Hill.
- Sue Murray, D. (2014). *Propuesta de mejora para el sistema de programación y control de los análisis clínicos en la Clínica Dr Ricardo Jimenéz Nuñes*. San José, Costa Rica: Universidad Internacional de las Américas.
- Tamayo, M. (2010). *El proceso de la investigación científica*. México: Noriega Editores.

## Anexo 2

<b>Sección de química clínica</b>				
<b>Numero de muestra</b>	<b>Colocar las muestras y programar los análisis en equipo CM 250</b>	<b>Tiempo análisis equipo</b>	<b>Registrar resultados en bitácora</b>	<b>Tiempo total por análisis (minutos)</b>
1	1.89	0.24	0.61	2.74
2	1.94	0.24	0.36	2.54
3	1.97	0.24	0.46	2.67
4	1.85	0.24	0.44	2.53
5	1.91	0.24	0.41	2.56
6	1.99	0.24	0.43	2.66
7	1.80	0.24	0.44	2.48
8	2.06	0.24	0.40	2.70
9	1.98	0.24	0.45	2.67
10	1.91	0.24	0.69	2.84
11	1.80	0.24	0.53	2.57
12	2.06	0.24	0.56	2.86
13	1.94	0.24	0.62	2.80
14	1.92	0.24	0.51	2.67
15	1.97	0.24	0.42	2.63
16	1.93	0.24	0.59	2.76
17	1.92	0.24	0.58	2.74
18	1.99	0.24	0.49	2.72
19	1.99	0.24	0.53	2.76
20	1.96	0.24	0.65	2.85
<b>Tiempo promedio</b>				<b>2.69</b>

## Anexo 3

<b>Sección de hematología</b>				
<b>Numero de muestra</b>	<b>colocar con muestra en aguja del equipo Counter 19 presionar inicio</b>	<b>Tiempo análisis equipo</b>	<b>Analizar resultados y archivar en bitácora</b>	<b>Tiempo total por análisis (minutos)</b>
1	0.19	0.89	0.31	1.395
2	0.32	0.89	0.35	1.558
3	0.22	0.89	0.38	1.489
4	0.24	0.89	0.33	1.457
5	0.31	0.89	0.37	1.566
6	0.29	0.89	0.40	1.582
7	0.20	0.89	0.41	1.495
8	0.21	0.89	0.31	1.404
9	0.29	0.89	0.36	1.541
10	0.34	0.89	0.32	1.551
11	0.25	0.89	0.39	1.529
12	0.27	0.89	0.42	1.579
13	0.30	0.89	0.40	1.589
<b>Tiempo promedio</b>				<b>1.518</b>

## Anexo 4

Sección de hormonas							
n	Mezclar muestras con el reactivo correspondiente y colocar en la placa	Colocar placa con mezcla a incubar	Introducir placa y chip en el equipo I-CHROMA e iniciar	Tiempo análisis equipo I-CHROMA	Sacar placa del equipo y descartar en recipiente de desechos bio-infecciosos	Analizar resultados y archivar en bitácora	Tiempo total por análisis (minutos)
1	0.712	3.000	0.662	0.333	0.126	0.733	5.566
2	0.519	3.000	0.627	0.333	0.155	0.825	5.459
3	0.493	3.000	0.659	0.333	0.163	0.743	5.391
4	0.529	3.000	0.625	0.333	0.133	0.772	5.392
5	0.501	3.000	0.649	0.333	0.160	0.784	5.427
6	0.556	3.000	0.787	0.333	0.166	0.784	5.626
7	0.712	3.000	0.782	0.333	0.112	0.774	5.713
8	0.541	3.000	0.713	0.333	0.142	0.758	5.487
9	0.796	3.000	0.705	0.333	0.142	0.726	5.702
10	0.436	3.000	0.662	0.333	0.148	0.755	5.334
11	0.527	3.000	0.647	0.333	0.122	0.772	5.401
12	0.694	3.000	0.716	0.333	0.118	0.811	5.672
13	0.581	3.000	0.767	0.333	0.114	0.780	5.575
14	0.751	3.000	0.713	0.333	0.169	0.791	5.757
15	0.592	3.000	0.734	0.333	0.115	0.760	5.534
16	0.768	3.000	0.643	0.333	0.140	0.729	5.613
17	0.527	3.000	0.757	0.333	0.152	0.773	5.542
18	0.770	3.000	0.699	0.333	0.150	0.774	5.726
19	0.450	3.000	0.723	0.333	0.147	0.774	5.427
<b>Tiempo promedio</b>							<b>5.545</b>

## Anexo 5

Cantidad	Código	Descripción	Precio Unit	Total
1	KT047XCR34	KitMidATXCase/i3Core3.70LGA1151/MSI H110M/8GB 2133DD	232.370,00	232.370,00
1	CP341ITL60	ITL i3 Core 3.60GHz (i3-4160) Graphics 3M processor		
1	MB081MSI00	MSI INTEL H81 4TH GEN LGA1150 2DIMM/DV/VGA/M-ATX		
1	CH213KVR25	Memoria 8GB 2133MHz DDR4 Non-ECC CL15 DIMM DR		
1	DH957SEA27	Disco Duro Seagate 1TB		
1	CS702GNC66	KitMidATXCase/SpnKeybd/OpticalMouse/USBSpeaker Black		
1	DR000XTK01	Xtech Internal All-In-1 Memory Card Reader/Writer		
1	DC124LIT00	LITEON DVDRW INTERNAL 24X SATA BLACK / IHAS124		
*****U.L*****				
1		Si desea un Disco Duro de 1TB, agregar €7,500.00	7.500,00	7.500,00
			Sub Total	239.870,00
			Impuesto	incluido
			Total	<b>€239.870,00</b>

C

Precios, Términos y Condiciones están sujetos a cambios sin previo aviso



Ced. Jurídica 3-101 130316

Brasil de Mora 100 E colonia del Prado  
 Ciudad Colón, San José  
 Tel. 2249-1663 - Fax. 2249-3210

### Todo en venta y reparación de Computadoras y Suministros

Fecha 18/05/2016

\*\*\*\*\*COTIZACIÓN Nº 18052016-974\*\*\*\*\*

Cotizado a:

Termino de crédito  
 Efectivo

Atención:  
 Veronica Pujol

Vendedor Jéssica Vargas

Cantidad	Código	Descripción	Precio Unit	Total
1	KT047XCR34	KitMidATXCase/i3Core3.70LGA1151/MSI H110M/8GB 2133DD	232.370,00	232.370,00
1	CP341ITL60	ITL i3 Core 3.60GHz (i3-4160) Graphics 3M processor		
1	MB081MSI00	MSI INTEL H81 4TH GEN LGA1150 2DIMM/DV/VGA/M-ATX		
1	CH213KVR25	Memoria 8GB 2133MHz DDR4 Non-ECC CL15 DIMM DR		
1	DH957SEA27	Disco Duro Seagate 1TB		
1	CS702GNC66	KitMidATXCase/SpnKeybd/OpticalMouse/USBSpeaker Black		
1	DR000XTK01	Xtech Internal All-In-1 Memory Card Reader/Writer		
1	DC124LIT00	LITEON DVDRW INTERNAL 24X SATA BLACK / IHAS124		
*****U.L*****				
1		Si desea un Disco Duro de 1TB, agregar €7,500.00	7.500,00	7.500,00
			Sub Total	239.870,00
			Impuesto	incluido
			Total	<b>€239.870,00</b>

C

Precios, Términos y Condiciones están sujetos a cambios sin previo aviso



Contáctenos en línea: [pacacua@hotmail.co](mailto:pacacua@hotmail.co)

## Anexo 6



### DEPARTAMENTO DE SALARIOS

Lista de ocupaciones clasificada por el personal técnico del Departamento

#### SALARIOS MÍNIMOS

SECTOR PRIVADO  
PRIMER Y SEGUNDO SEMESTRE 2017

Decreto N°40022-MTSS, publicado en La Gaceta 230, Alcance N°278 del 30 de NOVIEMBRE del 2016. Rige 1º de enero del 2017.

#### SIGLAS Y SALARIOS MÍNIMOS:

TNC:	Trabajador no Calificado	¢ 9.822,07
TSC:	Trabajador Semicalificado	¢ 10.680,80
TC:	Trabajador Calificado	¢ 10.877,41
TE:	Trabajador Especializado	¢ 12.829,63
TNCG:	Trabajador no Calificado Genéricos	¢293.132,67*
TSCG:	Trabajador Semicalificado Genéricos	¢315.364,86*
TCG:	Trabajador Calificado Genéricos	¢331.516,22*
TMED:	Técnico Medio Educación Diver.	¢347.405,37*
TEG:	Trabajador Especializado Genéricos	¢372.288,99*
TEdS:	Técnico de Educación Superior	¢428.138,90*
DES:	Diplomados de Educación Superior	¢462.406,00*
Bach:	Bachiller Universitario	¢524.477,85*
Lic.:	Licenciado Universitario	¢629.395,00*
TES:	Trabajador Especialización Superior	¢ 19.910,28

Fuente Ministerio de Trabajo y Seguro Social.

## Anexo 7

Total	Patrono	Trabajador	Total
PORCENTAJES TOTALES	26,33%	9,84%	36,17%
MONTOS TOTALES	¢144,815	¢54,120	¢198,935

Fuente Caja Costarricense de Seguro Social.

## Anexo 8

	Nivel	Variación mensual (%)	Variación interanual (%)	Variación acumulada (%) /n2
Marzo/2015	99,94	0,15	3,05	0,02
Abril/2015	99,87	-0,08	1,81	-0,06
Mayo/2015	99,57	-0,29	0,97	-0,35
Junio/2015	100,00	0,43	1,02	0,08
Julio/2015	99,57	-0,43	-0,32	-0,35
Agosto/2015	99,48	-0,09	-0,74	-0,44
Septiembre/2015	99,22	-0,26	-0,86	-0,70
Octubre/2015	98,94	-0,28	-0,86	-0,98
Noviembre/2015	98,93	-0,01	-1,20	-0,99
Diciembre/2015	99,12	0,19	-0,81	-0,81
Enero/2016	99,79	0,68	-0,17	0,68
Febrero/2016	99,76	-0,02	-0,03	0,65
Marzo/2016	98,86	-0,91	-1,09	-0,26
Abril/2016	98,95	0,09	-0,92	-0,17
Mayo/2016	99,14	0,19	-0,43	0,03
Junio/2016	99,12	-0,02	-0,88	0,01
Julio/2016	100,04	0,93	0,48	0,94
Agosto/2016	100,08	0,03	0,60	0,97
Septiembre/2016	99,60	-0,47	0,39	0,49
Octubre/2016	99,49	-0,12	0,55	0,37
Noviembre/2016	99,49	0,00	0,56	0,37
Diciembre/2016	99,87	0,39	0,77	0,77
Enero/2017	100,44	0,57	0,66	0,57
Febrero/2017	100,85	0,40	1,09	0,97
Marzo/2017	100,42	-0,42	1,58	0,55
Abril/2017	100,58	0,15	1,64	0,70
Mayo/2017	100,80	0,22	1,67	0,92
Junio/2017	100,88	0,08	1,77	1,01

Fuente: Banco Central de Costa Rica