



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Implementación de herramientas
Lean Manufacturing para el control
de un stock de soluciones químicas
en la industria farmacéutica**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Industrial

P R E S E N T A

Jazmín Serralde Muñoz

ASESOR(A) DE INFORME

M.I. María Guadalupe Durán Rojas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

TABLA DE CONTENIDOS

Pág

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO I	3
PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	3
Resumen financiero actual de la empresa	3
Visión y Misión	4
Valores	4
Preámbulo Histórico	6
DESCRIPCIÓN DEL PUESTO	7
Estructura organizacional farmacéutica	8
Estructura organizacional del área de calidad	10
Funciones principales del área de calidad	11
MARCO TEÓRICO	12
¿Qué es MPS – Merck Production System?	12
Célula de trabajo	12
Sistema productivo MTO/MTS	12
Soluciones Químicas	14
Lean Manufacturing / Manufactura Esbelta	14
Sistema Pull	16
Supermercados	17
Supermercado de productos terminados	17
Supermercado de producto en proceso	18
Líneas “primeras entradas primeras salidas” (PEPS) con inventarios limitados	19
Tambor-amortiguador-cuerda	20
Reabastecimiento / cantidad de re orden/ punto de re orden	20
Metodología DMAIC	20
Formato A3 – Problem Solving	23
CAPÍTULO II	24
SITUACIÓN INICIAL DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE SOLUCIONES	24
Mapeo de proceso actual preparación de soluciones	26
Descripción del proceso actual preparación de soluciones	27
CAPÍTULO III	28
DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE INVENTARIO DE LAS SOLUCIONES QUÍMICAS	28
Aplicación Metodología DMAIC	28
Definir	28
Formato A3 – Problem Solving	29
Definición de los CTQ (Critical to quality/Crítico para la calidad).	30
Requerimientos clave para el cliente o proceso	31
Mapeo de proceso futuro preparación de soluciones	32
Descripción del proceso futuro preparación de soluciones	33
<i>Medir</i>	33

Extracto del master plan MP	34
Base de datos de soluciones por MP	35
Muestra del histórico de datos recopilados de bitácoras	36
Definición del sistema MTO/MTS	36
Tiempos de preparación por tipo de solución	37
Formato para medición de tiempos de preparación de soluciones	37
<i>Analizar</i>	38
Listado de soluciones químicas a controlar	38
Listado de soluciones por MP	39
Base de datos soluciones controladas en stock	40
Listado de soluciones químicas extras a controlarse	40
<i>Mejorar</i>	41
Lluvia de ideas equipo Lean Lab & equipo célula MP	41
Matriz de priorización de actividades para mejorar la preparación de soluciones	42
Implementación de actividades para la mejora del proceso de preparación de soluciones	43
Diagrama de flujo de estandarización de soluciones complejas	46
Condiciones críticas de soluciones	47
Diagrama Gantt implementación de actividades	49
<i>Controlar</i>	49
Formato revisión semanal del stock de soluciones	50
Role Card – Balanceo de Trabajo	51
Tabla Pareto 80 – 20 de materias primas para definir los contenidos de trabajo	52
Estatus de la creación de Role Cards	53
<i>Sinergizar</i>	53
Conceptos teóricos aplicados en el campo laboral	54
CONCLUSIONES GENERALES	59
SUGERENCIAS	61
Ejemplo modelo EOQ analítico	62
Calculo de costos de una solución química	62
Costos de preparación Tiosulfato de Sodio 0.1 N	62
CAPÍTULO IV	63
Materias de la carrera Ingeniería Industrial aplicadas en el campo laboral	63
Anexos	67
Anexo 1. Histórico de datos descargados de bitácoras de registros de soluciones	67
Anexo 2. Criterios de selección de las 30 soluciones a controlar.	71
BIBLIOGRAFÍA	72
MESOGRAFÍA	72

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo busca informar sobre la implementación de herramientas Lean Manufacturing para el control de abastecimiento de un stock de soluciones químicas que se llevó a cabo durante la práctica industrial como becaria de la Asociación Nacional de la Industria Química A.C. (ANIQ) en la planta de dos importantes farmacéuticas que se fusionaron en noviembre de 2009¹.

Tras la fusión de ambas farmacéuticas, donde el principal objetivo de unirse fue crear un líder mundial en el cuidado de la salud, contando con un sitio de excelencia para la manufactura, acondicionamiento y distribución de medicamentos; la planta farmacéutica al sur de la ciudad de México fue seleccionada para lograr dicho objetivo regional como un sólo legado a nivel global.

Derivado de esto, se plantearon distintas metas por área, como parte de la estrategia de negocio. En el área de Calidad se definió un proyecto llamado Lean Lab² con el cual se implementarían células de trabajo para estandarizar los procesos de los laboratorios de control químico y biológico con herramientas de MPS (Merck Production System)³.

El objetivo de estos laboratorios es analizar química y biológicamente los productos de línea, granel, estabilidades y materias primas como un importante requerimiento y medida de control para asegurar la calidad de materias primas y productos manufacturados. La mayoría de los análisis realizados en dichos laboratorios requieren del uso de soluciones químicas, las cuales se han preparado siempre sin ningún control de abastecimiento.

Con esto, el equipo Lean Lab (grupo de personas encargadas de la mejora continua en los laboratorios) recomendó implementar en una de las secciones que conforman la célula de trabajo de materia prima (MP) la implementación de un supermercado de soluciones químicas.

¹ Por confidencialidad de datos, no se colocará el nombre de ambas empresas de giro farmacéutico.

² **Lean Lab** es el nombre proporcionado por el equipo de mejora continua MPS, como alusión a la aplicación de la metodología Lean Manufacturing en los laboratorios de control de calidad.

³ **MPS** es el Sistema de Producción de Merck y se basa en los principios básicos de fabricación: eliminación de residuos, flujo continuo y demanda.

Estableciendo en consenso, que la *sección cuatro* fuera responsable de preparar y administrar las soluciones requeridas para las distintas pruebas químicas.

La preparación de soluciones se realizaba sin ningún control ni optimización de materiales, tiempos, espacio y distancias recorridas; tampoco existía control en el consumo de estas soluciones. Se detectaron registros dobles de preparación (en las bitácoras de registros) de una solución en el mismo mes, por diferentes personas. Las soluciones se caducaban sin haberse utilizado completamente, generando gran cantidad de desperdicios.

Las personas de las demás secciones, específicamente de la célula de MP; al no contar con las soluciones que requerían en el momento de comenzar sus pruebas químicas, reportaban retrasos de una a cuatro horas en el análisis de una sola materia prima y hasta un turno de ocho horas de otras que requerían soluciones valoradas (soluciones más complejas de preparar), generando gran acumulo de trabajo e inversión de horas extra para terminar el análisis químico completo.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de inventario de soluciones químicas con ayuda de herramientas de Lean Manufacturing, para mejorar el control de abastecimiento de dichas soluciones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Garantizar el abastecimiento del 80% de las soluciones de mayor demanda (con caducidad vigente y cantidad necesaria), programando la preparación y controlando su consumo para la disminución de horas-hombre invertidas en las distintas pruebas físico-químicas de materias primas.
2. Eliminar el 100% de la duplicidad de soluciones en stock, para no generar desperdicio de materiales.
3. Eliminar el 100% de las soluciones que se desechan completas al finalizar su periodo de vigencia.

CAPÍTULO I

PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

“Dos importantes farmacéuticas a nivel mundial se fusionaron en noviembre de 2009 para construir legados comunes de excelencia científica, enfoque en el cliente e innovación. Esta fusión suma un enfoque estratégico y la responsabilidad corporativa al tiempo que refuerza el compromiso para liderar el futuro del cuidado de la salud humana y animal al buscar descubrimientos científicos que brinden mejores respuestas, mejores acciones y mejores resultados.

Ambas farmacéuticas tienen una historia larga y rica de trabajar por mejorar la salud y el bienestar de las personas. Durante años, sus investigadores han ayudado a encontrar nuevas formas de tratar y prevenir enfermedades, desde el descubrimiento de la vitamina B1 hasta la primera vacuna contra el sarampión, medicamentos para el resfriado, antiácidos, o la primera estatina para tratar el colesterol elevado. Sus científicos también han contribuido al desarrollo de muchos productos de salud animal, como vacunas y antibióticos.”⁽⁴⁾ Cuenta con aproximadamente 80,000 empleados en todo el mundo. “Contabilizó un beneficio neto de 2.551 millones de dólares (2.340 millones de euros) en el primer trimestre de 2017, lo que supone un incremento del 38% con respecto al mismo periodo del ejercicio precedente, informó la compañía. Alcanzó entre los meses de enero y marzo los 9.434 millones de dólares (8.654 millones de euros), un 1,3% por encima del nivel de ingresos registrado un año antes.”⁽⁵⁾

Resumen Financiero

\$ En millones, excepto las cantidades del EPS (<i>earnings per share/ganancias por acción</i>)	Cuarto Trimestre		Año terminado	
	2016	2015	Dic. 31, 2016	Dic. 31, 2015
Ventas	\$10,115	\$10,215	\$39,807	\$39,498
GAAP EPS	0.42	0.35	2.04	1.56
Non-GAAP (<i>Generally Accepted Accounting Principles/Principios de Contabilidad Generalmente Aceptados</i>) EPS que excluye cierto elementos ^{1*}	0.89	0.93	3.78	3.59
GAAP utilidad neta ²	1,177	976	5,691	4,442
Non-GAAP ingreso neto que excluye ciertas partidas ^{1,2*}	2,470	2,608	10,538	10,195

Tabla 1. Resumen financiero actual de la empresa ⁽⁶⁾

Visión y Misión

“**Nuestra visión** es hacer la diferencia en la vida de las personas a nivel mundial a través de nuestros medicamentos innovadores, vacunas, terapias biológicas, productos de consumo y de salud animal. Aspiramos a ser la mejor compañía de cuidado de la salud en el mundo y estamos dedicados a proporcionar innovaciones líderes y soluciones para el mañana.” ⁽⁷⁾

“**Nuestra misión** se centra en ofrecer productos y servicios innovadores y diferenciados que salven y mejoren vidas, y que satisfagan las necesidades de nuestros clientes para ser reconocidos como una gran empresa para trabajar y proporcionar a los inversionistas una tasa de rendimientos superior.” ⁽⁷⁾

Valores

“Como organización, nuestros valores son impulsados por un deseo de mejorar la vida humana, alcanzar la excelencia científica, operar con los más altos estándares de integridad, ampliar el acceso a nuestros productos y emplear una fuerza laboral diversa que valore la colaboración.” ⁽⁸⁾

- ✓ “Mejorando la vida humana.

Nuestra tarea es preservar y mejorar la vida humana.

Trabajamos también en la mejora de la salud animal. Todas nuestras acciones deben medirse por nuestro éxito en alcanzar estas metas.

- ✓ Ética e integridad.

Estamos comprometidos con los más altos estándares de ética e integridad. Somos responsables ante nuestros clientes, nuestros empleados y sus familias, el medio ambiente en que vivimos y las sociedades a las que servimos en todo el mundo. Cuando ejercemos nuestras responsabilidades, no tomamos atajos profesionales ni éticos. Nuestras relaciones con todos los

segmentos de la sociedad deben ser transparentes y reflejar las estrictas normas que seguimos.

✓ Innovación.

Buscamos el nivel más alto de excelencia científica y nuestra investigación está comprometida en preservar la salud humana y animal y la calidad de vida. Nos esforzamos en identificar las necesidades más cruciales de los pacientes, consumidores y los clientes, y dedicamos nuestros recursos a satisfacer esas necesidades.

✓ Ampliando el acceso.

Aspiramos a mejorar la salud y el bienestar de las personas en todo el mundo, ampliando el acceso a nuestros medicamentos y vacunas.

La creación de nuevas terapias es sólo el primer paso en la lucha.

El éxito sólo se puede lograr cuando todos los que necesitan nuestros medicamentos y vacunas pueden conseguirlos. Alrededor del mundo hemos desarrollado numerosos programas para ayudar a mejorar el acceso a nuestros productos para que todos puedan beneficiarse, sin importar donde vivan.

✓ Diversidad y trabajo en equipo.

Nuestra habilidad para destacar depende de la integridad, el conocimiento, la imaginación, la destreza, la diversidad y el trabajo en equipo de nuestros empleados.

Para ello, trabajamos para crear un ambiente de respeto mutuo, que estimule y promueva el trabajo en equipo.

Premiamos el compromiso y el rendimiento, y respondemos a las necesidades de nuestros empleados y sus familias.”⁽⁸⁾

Preámbulo Histórico

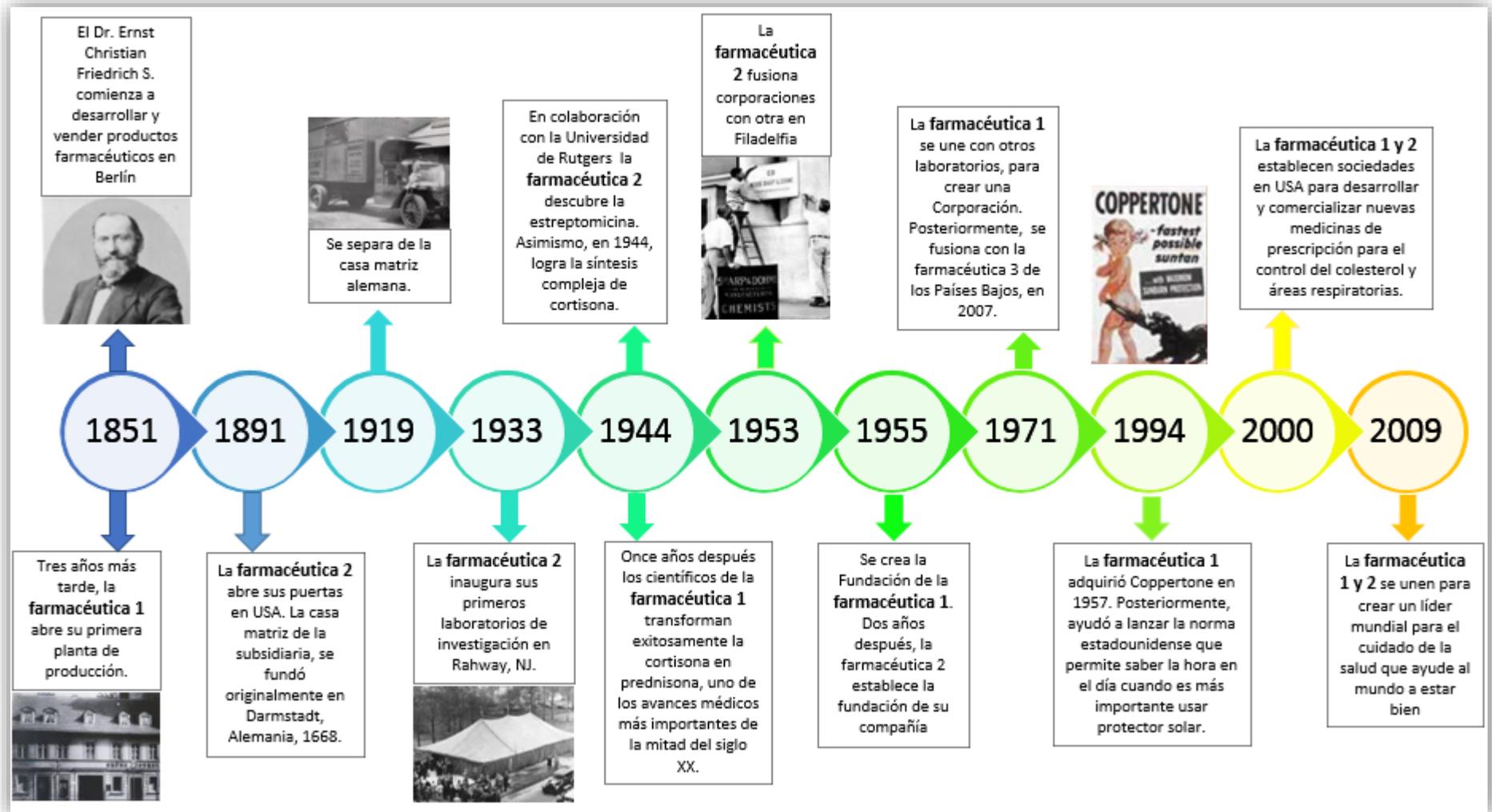


Figura 1. Línea de tiempo farmacéuticas. [Elaboración propia] ⁽⁴⁾

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

De acuerdo a la visión de excelencia planteada por el negocio, el desarrollo del proyecto Lean Lab como parte de la estrategia MPS del área de control de calidad, tuvo como propósito: conducir hacia la mejora continua, en el cumplimiento y en la calidad todas las prácticas y procesos de la compañía.

Por ello los laboratorios de control químico y biológico debían contar con un sistema de liberación de lotes eficiente y eficaz, pues dichos lotes sólo eran liberados si el análisis químico y biológico (presentado en un reporte de expedición de resultados de cumplimiento) era aprobado bajo todas las normas y estándares de calidad para ser puestos a la venta.

Debido a la complejidad y al amplio portafolio de materiales a analizar, el tiempo que se invirtió al diseño de la célula de materia prima fue de casi un año, continuando lentamente su desarrollo e implementación. Por tal motivo, el equipo Lean Lab evalúa la necesidad de contratar a dos becarios de la carrera de ingeniería industrial para apoyar en las distintas actividades que se desprendieron de la creación de dicha célula de trabajo.

La posición como becario de ingeniería industrial dentro de los laboratorios de control de calidad, debía contar con las siguientes habilidades a fin de continuar con el desarrollo e implementación de la célula de trabajo de materia prima: medición de tiempos y movimientos del recurso humano, determinación de contenido de trabajo, obtención y análisis de datos históricos y actuales de demanda, obtención de cálculos de Take Time, tiempo ciclo de operación, desarrollo de Kaizen, 5's, diseño y manejo de bases de datos, actualizaciones de Layout de los laboratorios en Visio, planeación de movimientos de materiales, administración y control de inventarios.

Después de dos entrevistas, una con RH y la otra con la persona que sería mi jefe directo, ingresé a la planta justo en el desarrollo de la célula de MP y aproximadamente después de dos años, se planteó la necesidad de tener un control de abastecimiento de las distintas soluciones involucradas en los análisis químicos de materia prima (en su mayoría) y de algunos productos terminados.

Dada la complicada situación para liberar materias primas y producto terminado en los lead time establecidos; la falta de control en el stock de las soluciones químicas al ser un punto crítico para el desarrollo de la célula de materia prima, requería de un *control detallado y de rápida implementación*, por ello los líderes del proyecto Lean Lab, deciden realizar la implementación del supermercado de soluciones para el laboratorio de control químico, en el cuál estuve involucrada al 100% en el tiempo restante de mi último periodo como becaria.

A continuación se muestra en la figura 2 la estructura organizacional de la empresa donde laboré.

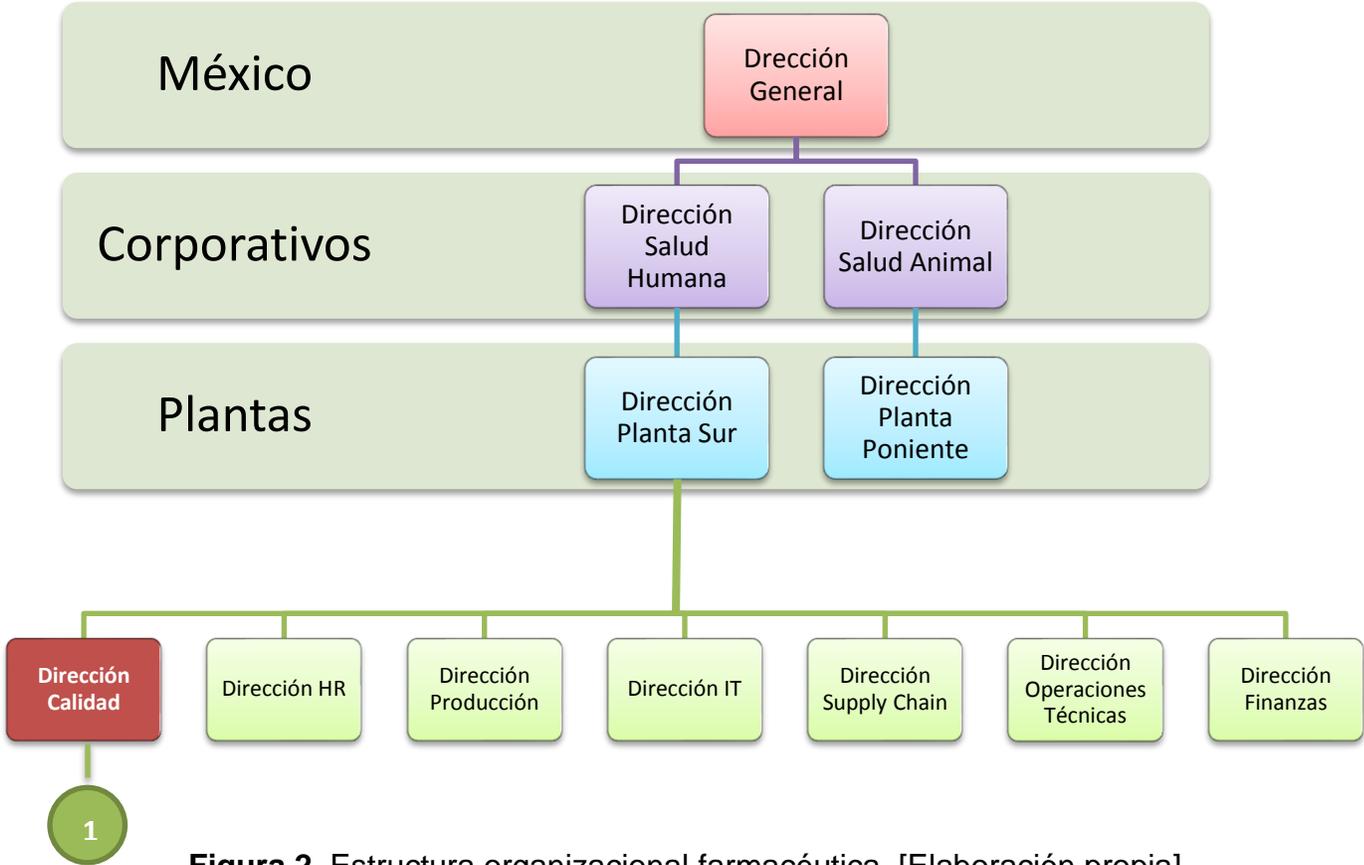


Figura 2. Estructura organizacional farmacéutica. [Elaboración propia]

“El diseño de una estructura organizacional ayuda a la alta gerencia a identificar el talento que necesita ser añadido a la empresa. La planificación de la estructura asegura que haya suficientes recursos humanos dentro de la empresa para lograr las metas establecidas en el plan anual de la compañía. También es importante que las responsabilidades estén claramente definidas. Cada persona tiene una descripción de las funciones de su trabajo y cada trabajo ocupa su propia posición en el organigrama de la empresa.” (9)

Con la optimización de procesos, derivado de la implementación de células de trabajo, las funciones principales se distribuyeron de manera más eficiente (ver figura 3) para lograr la reducción de los lead times de liberación de lotes de MP y PT. En otros casos se muestran sub áreas que no cuentan aún con un desglose de posiciones, ya que éstas forman parte de nuevas posiciones dentro del área.

En el área de calidad existen siete sub áreas (ver figura 4), en las cuales se distribuyen todas las actividades involucradas con procesos de calidad.

Se puede observar que en cuatro de ellas existe más de una posición. En el caso de los laboratorios de control de calidad, antes de la implementación del proyecto Lean Lab, no se tenía el nivel de segregación de funciones que se muestra hoy en día.

La posición que yo desempeñé dentro del área de Calidad fue como becaria de ingeniería industrial, la cual forma parte de la sub área de mejora continua (ver figura 3, recuadro verde), como se aprecia en el siguiente organigrama de la estructura organizacional.

Dado que el proyecto de control de abastecimiento del stock de soluciones químicas se desprende del desarrollo e implementación de la célula de materia prima, se colocaron en otra pequeña estructura las secciones que se definieron para esta célula, así como los recursos que se tenían asignados en cada una de las secciones (ver figura 3, conexión azul).

Estructura organizacional del área de calidad en México

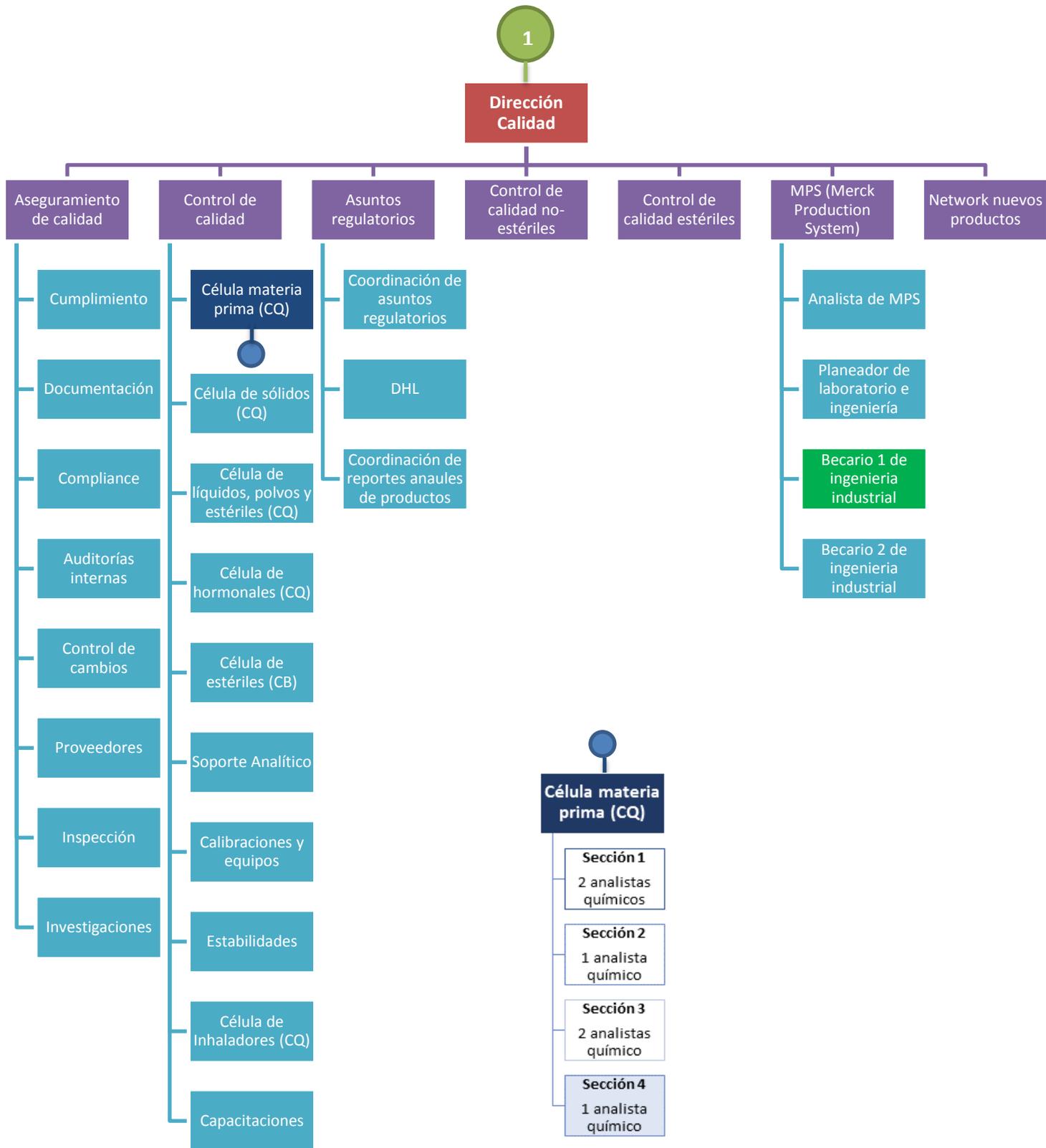


Figura 3. Estructura organizacional del área de calidad. [Elaboración propia]

Funciones principales del área de calidad

Sub áreas	Funciones
Aseguramiento de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar el cumplimiento documental y aseguramientos del sistema CAPA. (PA - Preventive Action o acción preventiva y CA - corrective action o acción correctiva). • Monitorear el sistema de calidad mediante auditorías internas y auditorías en proceso. • Cumplimiento desde el inicio hasta el final.
Control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la calidad de MP, graneles y PT desde el punto de vista fisico-químico y microbiológico. • Transferencia de tecnología analítica. • Realizar estudios de estabilidad de los productos terminados.
Asuntos regulatorios	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación con las entidades regulatorias locales y externas. • Entrega y cumplimiento de trámites regulatorios. • Sistema de quejas y revisión anual del producto.
Control de calidad estériles	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar cultura de calidad en el área de estériles. • Seguimiento a los sistemas y métricas de calidad. • Revisión de tendencias.
Control de calidad no estériles	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar cultura de calidad en el área de no estériles. • Seguimiento a los sistemas y métricas de calidad. • Revisión de tendencias.
MPS	<ul style="list-style-type: none"> • Coaching en herramientas de MPS en el área de calidad. • Implementar y dar seguimiento a las métricas de calidad. • Planeación e ingeniería de los recursos del laboratorio.
Network	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación de proyectos de redes. • Coordinación de lanzamientos de nuevos productos. • Proyectos especiales.

MARCO TEÓRICO

¿Qué es MPS – Merck Production System?

“Merck Production System (MPS), es una estrategia de excelencia operativa que combina elementos de Lean Manufacturing, Six Sigma y Overall Equipment Effectiveness (OEE). En el núcleo de MPS están los principios Lean de valor para el cliente, demanda, flujo continuo de productos e información, eliminación de residuos y la búsqueda de la excelencia, explica Martin Khun, líder global de MPS en Merck.” ⁽¹¹⁾

“El equipo MPS de MMD (Merck Manufacturing Division) es responsable de conducir MPS en toda la organización para permitir el cambio en los sistemas operativos, sistemas de gestión y mentalidades, comportamientos y capacidades de nuestra gente para producir productos de la más alta calidad, y en el plazo más corto.” ⁽¹²⁾

Célula de trabajo

“Las células de trabajo son pequeñas unidades autónomas o auto-suficientes que incluyen varias máquinas u operaciones. Su equipo y su personal están ordenados en una compacta manera secuencial. Las células de trabajo generalmente incluyen de 2 a 10 personas y de 2 a 10 operaciones.” ⁽¹³⁾

Sistema productivo MTO/MTS

“La flexibilidad es un imperativo de la manufactura moderna, como respuesta a las variaciones del entorno de la empresa y de los procesos dentro de ella, aunque debe ser consistente con la política general de la empresa ya que, en general, tiene un costo asociado por lo que debe definirse qué tipo de flexibilidad se requiere (Tsubone, Ishikawa y Yamamoto, 2002). Se definen dos grandes grupos de flexibilidad: *organizacional* y *productiva* (Wang y Rosenshine, 1983; Zoller, 2006). La primera incluye cuatro tipos:

1. Operaciones: la capacidad de satisfacer la demanda de consumidores con diferentes requerimientos,
2. Mercado: la capacidad de diseñar nuevos productos,

3. Suministro: la capacidad de reconfigurar geográficamente la cadena de suministro, ante cambios en los proveedores y consumidores, y
4. Sistemas de información: la capacidad de alinear los sistemas de información frente a demandas variables de los consumidores.

La flexibilidad productiva incluye la capacidad de adaptarse de manera económica variando:

- Mix: combinación de productos que requieren la demanda
- Volumen o batch
- Capacidad
- Manejo de Materiales
- Procesos
- Maquinarias
- Centros de trabajo

Un caso particular y que requiere una política específica lo constituye un sistema productivo en el que se balancean las ventajas y desventajas de fabricar contra pedido y para stock, dando lugar a un sistema mixto MTO/MTS. Ésta combinación produce una flexibilidad organizacional importante, que requiere de una gran flexibilidad operativa y una adecuada optimización para que sea eficiente en costos.”

(14)

“Diferencias entre MTS y MTO.

Se adopta un sistema Make to Stock cuando:

1. La demanda es razonablemente constante y predecible.
2. La mezcla de productos a producir es reducir.
3. Los tiempos que el mercado exige son menores que los Lead Times de producción.
4. Los productos tienen una vida larga en anaquel.
5. El costo unitario del producto es relativamente bajo.

Se adopta un sistema Make to Order cuando:

1. La demanda es difícilmente predecible.
2. La mezcla de productos a producir es grande.

3. Los productos se producen según las especificaciones del cliente.
4. Los productos tienen una vida corta en anaquel.
5. El costo unitario del producto y el costo de almacenaje es alto.
6. El cliente puede esperar más tiempo.”⁽¹⁵⁾

Soluciones Químicas

“Son sistemas homogéneos formados básicamente por dos componentes, solvente y soluto. El segundo se encuentra en menor proporción. Pueden tener cualquier estado físico. Las más comunes son las líquidas, en donde el soluto es un sólido agregado al solvente líquido.”⁽¹⁶⁾

Lean Manufacturing / Manufactura Esbelta

En la Manufactura Esbelta existen tres conceptos principales: la eliminación de desperdicio, la implementación del flujo (por medio de *takt time*, *programación nivelada*, o *vallas flexibles*) y la implementación del **Sistema Pull** para permitir que el cliente sea quien jale la producción.

Las herramientas clave de Lean trabajan mejor en una producción de alto volumen. De hecho, algunas técnicas esenciales como *takt time*, estandarización del trabajo, programación nivelada y *kanban* están diseñadas para eliminar la variabilidad, y estas técnicas se rompen en la cara de una alta variabilidad, bajo volumen o producción personalizada. (Suri, 2002).

- *Takt Time*. Es el tiempo que transcurre desde que se termina una pieza hasta que se termina la siguiente. La meta es determinar cómo ajustar cada paso en la operación para que le tome exactamente el *takt time*. Esto se puede lograr mediante el trabajo estándar.
- *Programación Nivelada (Heijunka)*. Una parte de esto es reducir los tiempos de preparación y el tamaño de lotes, pero requiere de un periodo congelado, lo cual es la antítesis de la respuesta al cliente.
- *Flex Fences (Vallas Flexibles)*. Son rangos en los incrementos de la demanda a los cuales los proveedores pueden responder en corto tiempo. Esto implica muchas veces que alguien en la cadena tiene que mantener un stock. Un

tercer concepto clave en Lean es el de Pull y se define como “embarca uno, haz uno” (Womack & Jones, 2005).

- *Kanban*. Son controles físicos que pueden tomar diferentes formas (tarjetas, carros, charolas, etc.) que representan una cantidad de piezas que se han de “jalar”. Funcionan para controlar el flujo de materiales (entre células y dentro de las células) dentro de un sistema pull, la cantidad de kanbans o controles, dependen del número de presentaciones, la variabilidad de la demanda o la cantidad de producto en proceso requerida. Merck, Sharp & Dhome [MSD] (2013).

El JIT está compuesto por varios componentes sobre los que incluso no hay un acuerdo total entre autores, uno de los puntos que más llamó la atención al principio fue la reducción de inventarios, sin embargo, hoy se considera a ésta como una consecuencia y no como un componente. Algunos procedimientos dentro del JIT que han sido adoptados por otras estrategias son tiempo de preparación reducidos, lotes pequeños, flexibilidad del trabajador, mantenimiento preventivo (Swamidass, 2002).

“Dentro del concepto de Lean se identifican siete (7) tipos de desperdicios, estos ocurren en cualquier clase de empresa o negocio y se presentan desde la recepción de la orden hasta la entrega del producto. Adicionalmente, se considera un octavo tipo de desperdicio especial que da origen a lo que en Lean se llama 7+1 Tipos de Desperdicios. A continuación se explica cada uno de ellos (Liker y Meier, 2006)”⁽¹⁷⁾

1. “Sobreproducción: Procesar artículos más temprano o en mayor cantidad que la requerida por el cliente. Se considera como el principal y la causa de la mayoría de los otros desperdicios.
2. Transporte: Mover trabajo en proceso de un lado a otro, incluso cuando se recorren distancias cortas; también incluye el movimiento de materiales, partes o producto terminado hacia y desde el almacenamiento.
3. Tiempo de espera: Operarios esperando por información o materiales para la producción, esperas por averías de máquinas o clientes esperando en el teléfono.

4. Sobre-procesamiento o procesos inapropiados: Realizar procedimientos innecesarios para procesar artículos, utilizar las herramientas o equipos inapropiados o proveer niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente.
5. Exceso de inventario: Excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado. El principal problema con el exceso de inventario radica en que oculta problemas que se presentan en la empresa.
6. Defectos: Repetición o corrección de procesos, también incluye re-trabajo en productos no conformes o devueltos por el cliente.
7. Movimientos innecesarios: Cualquier movimiento que el operario realice aparte de generar valor agregado al producto o servicio. Incluye a personas en la empresa subiendo y bajando por documentos, buscando, escogiendo, agachándose, etc. Incluso caminar innecesariamente es un desperdicio.
8. Talento Humano: Este es el octavo desperdicio y se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios. Cuando los empleados no se han capacitado en los siete desperdicios, se pierde su aporte en ideas, oportunidades de mejoramiento, etc.”⁽¹⁷⁾

Sistema Pull

Es un sistema que no está basado en pronósticos sino en órdenes de los clientes. Esto hace que la información del cliente en forma de órdenes penetre hasta el inicio del sistema de manufactura, a diferencia del sistema tipo push donde todo el sistema de manufactura trabaja sin conocer las órdenes reales de los clientes. (Hallett, 2010)

Algunos puntos importantes del sistema pull son:

- ✓ Reducción de tiempo de entrega.
- ✓ Reducción del inventario en proceso.
- ✓ Sistemas de programación sencillos, generalmente un sólo punto de programación y el resto de las estaciones de trabajo se alinean con este punto de programación en lugar de programar cada una por separado. Merck, Sharp & Dhome [MSD] (2013).

Los sistemas pull generalmente usan uno o varios de los siguientes métodos de programación:

Supermercados. Se trata de un inventario limitado, generalmente de varias partes, cada una de las cuales tiene un punto de re-orden, un tamaño máximo permitido de inventario y un tamaño de lote de re-abastecimiento. MSD (2013).

El proceso posterior va tomando las piezas que requiere, cuando estas llegan a un punto mínimo especificado, se dispara una orden de re-abastecimientos que el proceso anterior debe completar. Se puede colocar tantos supermercados como sean necesarios en frente de procesos que requieren escoger de entre varias piezas. MSD (2013).

Generalmente un supermercado antecede al proceso denominado como punto único de programación.

Supermercado de productos terminados. Las personas de embarques son los encargados de asegurarse de los productos sean enviados. Los productos terminados deben estar disponibles para enviarse, ya sea desde el final de la línea de producción, desde un área de espera o desde un almacén. Cuando se habla de un área en espera, se habla de un supermercado de productos terminados, probablemente porque el justo a tiempo de Toyota está inspirado en los supermercados de hoy en día. MSD (2013).

Taiichi Ohno, quién inventó el JIT (*justo a tiempo*), planteó que el flujo físico de los productos terminara con espacios al estilo de estantes de supermercado. Él observó que, una vez que los clientes tomaban los productos de los estantes, el encargado resurtía los inventarios “jalando” de los proveedores lo que necesitaba. Similarmente, es un supermercado de productos terminados, los artículos no son reemplazados hasta que son tomados; estos se mueven cuando el cliente los ordena. Este es el principio del sistema jalar, en el cual los artículos son surtidos cuando estos son removidos del supermercado de productos terminados. (MSD, 2013).

Es un sistema usado para el envío de partes de productos terminados con el fin de cumplir con las órdenes de los clientes. Estos productos se almacenan hasta un cierto nivel establecido a través de máximos y mínimos, y se surten conforme son retirados del supermercado. Tal sistema es usado cuando no es posible establecer un flujo continuo. MSD (2013).

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Los supermercados de producto terminado son una de las bases para la implementación del *justo a tiempo*.
- Si se toma algo del supermercado, tiene que ser surtido inmediatamente por el proceso anterior con la misma cantidad que se tomó.
- Están basados en la demanda. Su buen uso evita inventarios entre los procesos.
- El supermercado no es sólo para los productos terminados. Estos se pueden usar para el trabajo en proceso en otras partes del mismo. MSD (2013).

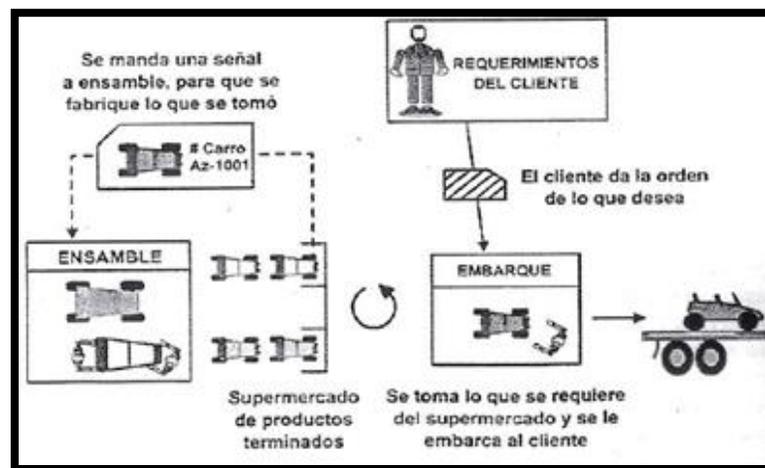


Figura 5. Supermercado de producto terminado. MSD (2013)

Supermercado de producto en proceso. Cuando existen obstáculos para crear un flujo continuo, se puede usar el sistema de supermercado de producto en proceso. Un supermercado de producto en proceso tal vez sea necesario para asegurarse de que el flujo sea posible, o bien, éste es usado cuando hay una demanda de múltiples productos sobre una máquina o proceso. MSD (2013).

Toyota usa el supermercado por ser la mejor alternativa de la programación de los procesos siguientes que no pueden llevar un flujo continuo. Conforme mejora el flujo, la necesidad de supermercados tal vez disminuya. Se tiene que recordar que en los supermercados; así como en el pitch, los inventarios buffers y de seguridad, son un compromiso para alcanzar el estado ideal. MSD (2013).

El supermercado trabaja mejor cuando hay un alto grado de unión entre las partes. Utilizando el análisis PC (producto-cantidad) o una matriz de partes ruta se pueden examinar familias de los productos y determinar cuáles requerirán de supermercados; así como en qué parte del proceso sería lo más indicado. MSD (2013).

Puntos clave a tomar en cuenta:

- Es usado cuando hay una demanda de múltiples productos sobre una máquina o un proceso.
- Conforme mejora el flujo, la necesidad de supermercados tal vez disminuya.
- Utilizar el análisis de PC (producto-cantidad) o una matriz de partes-ruta para saber qué familias de productos requieren de supermercados; así como en qué parte del proceso sería lo más indicado. MSD (2013).

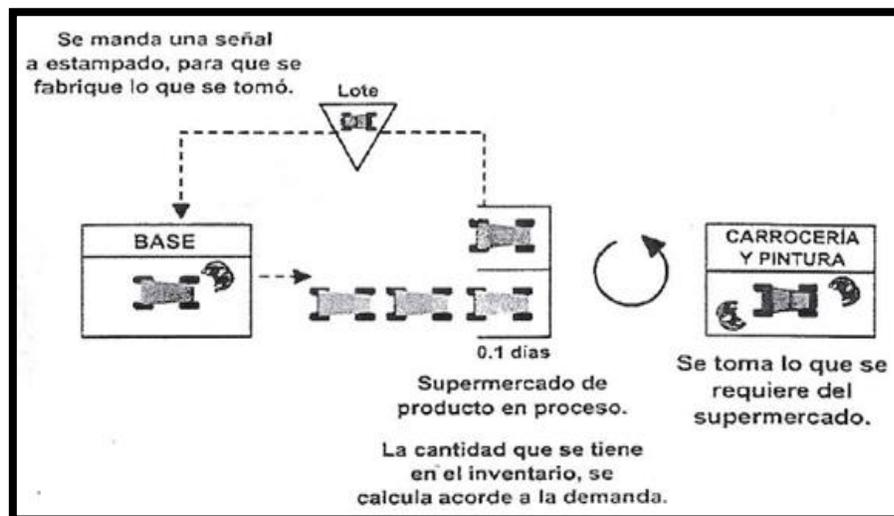


Figura 6. Supermercado de productos en proceso. MSD (2013)

Líneas “primeras entradas primeras salidas” (PEPS) con inventarios limitados. Consiste en una serie de procesos donde el primer proceso de la serie es el punto único de programación, por lo tanto está normalmente precedido de un supermercado. Entre cada uno de los procesos existe un inventario limitado que

funciona con la regla PEPS, un proceso toma el lote siguiente de producción mientras haya existencia y lo pasa al inventarios PEPS siguiente, cuando éste ha llegado a su límite, el proceso anterior debe parar de producir. De esta manera ninguno de los procesos anteriores al punto único de programación, requiere de programación. MSD (2013).

Tambor-amortiguador-cuerda. En un sistema de este tipo de proceso denominado punto único de programación está ligado a la restricción o recurso “cuello de botella” de forma que el primero no empieza la siguiente producción hasta que el segundo envíe una señal de que ha terminado un lote más. A esta liga entre los dos recursos se le conoce como cuerda. Entre los dos recursos pueden existir una serie de otros recursos conectados por inventarios PEPS limitados. A todo el inventario limitado (mediante un cálculo) entre el punto de programación y la restricción se le llama amortiguador, pues éste asegurará que el cuello de botella siempre tenga trabajo disponible. A la restricción se le llama tambor, pues es quien marca el ritmo de la producción del recurso programado, todos los demás recursos trabajan a su propio ritmo. MSD (2013).

Reabastecimiento / cantidad de re orden/ punto de re orden. Se ordena cuando se tiene una cantidad de inventario cuyo tiempo estimado de agotamiento es cercano (por encima) al tiempo de entrega de producto para volver a elevar el inventario a una cantidad específica. MSD (2013).

Metodología DMAIC

“Se utilizó la metodología de procesos DMAIC de Six Sigma debido a que es un sistema que brinda mejoras medibles a procesos existentes que caen por debajo de sus especificaciones. La metodología DMAIC puede ser usada cuando un producto o proceso no está alcanzando las especificaciones de los clientes o de lo contrario no rinde de forma adecuada.” ⁽¹⁰⁾

“DMAIC es un acrónimo de seis fases interconectadas:

- 1) Definir los objetivos del proyecto y las entregas tanto para los clientes como externos.
- 2) Medir el proceso para determinar el rendimiento actual.
- 3) Analizar y determinar la causa(s) principal(es) de los defectos.

- 4) Mejorar los procesos eliminando los defectos.
- 5) Controlar el rendimiento de los procesos futuros.
- 6) Sinergizar para asegurar que las ganancias que un equipo Six Sigma ha realizado son compartidas con la totalidad de la organización

Fase 1: Definir

En la fase “Definir”, el equipo de proyecto Six Sigma identifica un proyecto para su mejora basado en objetivos empresariales y las necesidades y requerimientos del cliente. Six Sigma se basa en “solucionar un problema con una solución desconocida”. Para desentrañar la solución, primero debe ser definido el problema en términos medibles y concretos. El equipo identifica las características críticas para la calidad (CTQ) que tienen mayor impacto sobre ésta, separando las “pocas y vitales” de las “muchas y triviales”. Con el CTQ identificado, el equipo puede crear un mapa de procesos para ser mejorado con objetivos medibles y tangibles.

Fase 2: Medir

En esta fase, las medidas críticas necesarias para evaluar el éxito del proyecto son identificadas y determinadas. La capacidad inicial y la estabilidad del proyecto se determinan para establecer una base para la medición. Una métrica válida y de confianza es establecida para vigilar el progreso del proyecto durante la fase de Medir: La inversión, el proceso y los indicadores de rendimiento son identificados. Una vez que el proyecto tiene una definición clara con un juego de indicadores medibles, el proceso será estudiado para determinar los pasos clave del proceso y un plan operativo definido para medir los indicadores.

Fase 3: Analizar

A través de la fase “Analizar”, el equipo puede determinar las causas del problema que necesitan mejorar y cómo eliminar la zanja existente entre el rendimiento actual y el nivel deseado de éste. Ello implica descubrir por qué se generan los defectos identificando variables clave que sean la causa más probable de la variación en el proceso. A medida que el equipo Six Sigma avanza por la fase Analizar y subsecuentemente la fase Mejorar del proceso, descubrirá varios procesos y escenarios de mejora y determinará cual tiene el mejor impacto en el beneficio neto

de la empresa. A menudo se obtienen mejoras rápidas muy tempranamente en el proceso y son frecuentemente implementadas una vez el equipo ya ha llegado a la fase Analizar. Si el equipo no ha identificado aún ninguna gran mejora, ésta se consigue mediante un proceso de escrupuloso análisis acompañado de datos.

Fase 4: Mejorar

La fase “Mejorar” es la transición del proceso a la solución. Las inversiones críticas han sido verificadas y optimizadas asegurando las causas de los problemas. Una vez las causas de los problemas han sido determinadas en la fase “Analizar”, el equipo identifica y cuantifica que pasará si las mejoras necesarias no se realizan y que pasará si se tarda mucho tiempo en llevarlas a cabo. Esto desarrolla un análisis de coste/beneficios. Muy a menudo, el proceso de experimentación simple y la simulación ofrecen al equipo grandes ganancias en este paso. A su vez, en la fase “Mejorar”, el equipo desarrolla e implementa un plan con un cambio en el acercamiento en la gestión que ayudará a la organización en la puesta en marcha y adaptación de las soluciones y en los cambios que resultarán de ello.

Fase 5: Controlar

El éxito en la fase “Controlar” depende de qué tan bien el equipo lo haya hecho en las fases anteriores. Las claves son un sólido plan de vigilancia con un cambio adecuado en los métodos de gestión que identifiquen los interesados. Las lecciones aprendidas son ahora implementadas y las herramientas están puestas en su lugar para asegurar que las variables clave permanecen en un alcance adecuado a través del tiempo; así que las ganancias en el proceso de mejora se mantengan. Documentar el proyecto es muy importante para que los nuevos procedimientos y las lecciones aprendidas se mantengan y proporcionen ejemplos concretos para la organización. En el cierre de la fase “Controlar”, la propiedad y el conocimiento se transfieren al propietario del proceso y se le encomiendan responsabilidades al equipo del proceso. Finalmente, el equipo identifica cuales son los siguientes pasos para futuras oportunidades de procesos Six Sigma identificando las réplicas y estandarizaciones de oportunidades y planes.

Fase 6: Sinergizar

Este paso extra se realiza para asegurar que las ganancias que un equipo Six Sigma ha realizado son compartidas con la totalidad de la organización. Este reparto es necesario para ayudar a crear una organización que aprenda. Integrar e institucionalizar las lecciones aprendidas hizo multiplicar las ganancias reales generadas por el proyecto Six Sigma.”⁽¹⁰⁾

Formato A3 – Problem Solving

Es una metodología estructurada de MPS que nos permite analizar eventos objetivamente. Esto nos permite definir dónde estamos y a dónde queremos llegar. (MSD, 2013)

CAPÍTULO II

SITUACIÓN INICIAL DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE SOLUCIONES

En este capítulo se describe el proceso de preparación de soluciones químicas antes de implementar la célula de materia prima, durante el desarrollo de ésta y de la implementación del sistema de inventario.

Antes de implementar la célula de materia prima, ninguna preparación de soluciones tenía control ni optimización de recursos, éstas se realizaban siguiendo la técnica analítica con las cantidades especificadas en ella, sin previa revisión de registros vigentes, sin considerar el desecho en grandes cantidades de estas soluciones ni de la generación de desperdicios en reactivos, solventes, insumos y horas-hombre involucradas en el proceso de preparación.

Había casos en los que al prepararse un litro de solución, ésta permanecía en stock durante todo su periodo de vigencia y al caducar (según los registros en bitácoras) sólo se consumían en promedio cinco ml del total, generando grandes cantidades de desperdicio de dicha solución.

Durante el desarrollo de la célula de materia prima se confirmó que la preparación de soluciones formaba una parte importante de la metodología que se llevaba a cabo para analizar las distintas materias primas y/o producto terminado, la cantidad a preparar está definida en las distintas técnicas analíticas, en las cuales se describen las pruebas físico-químicas que se tienen que realizar y el proceso a seguir. Dependiendo la prueba, es la necesidad de las soluciones. En algunos casos, una sola materia prima tiene hasta 20 pruebas, y en otras sólo dos. Cabe aclarar que 90 pruebas de las 780 existentes, no requieren preparación de soluciones, aproximadamente 12%, todas las demás pruebas si utilizan al menos una solución química (esta información fue revisada en la base de datos de preparación de soluciones).

Durante la implementación del sistema de inventario, se supo que aproximadamente el 69% de materias primas que se habían analizado en el último año (del estudio) sí necesitaron preparación de soluciones y que en el 37% de ellas se realizan pruebas de métodos generales, esto quiere decir que este tipo de

pruebas siguen una misma metodología y por lo tanto un mismo listado de soluciones; generalmente estas pruebas se descargan de los sitios web de las farmacopeas nacionales e internacionales. Las pruebas más comunes de métodos generales que se realizan en la mayoría de las materias primas, de acuerdo al histórico de datos y a la experiencia de los analistas químicos que preparan dichas soluciones son: metales pesados, plomo y arsénico.

Cuando se evaluó la necesidad de tener un supermercado de soluciones, se comenzó a trabajar de acuerdo a las necesidades requeridas por la célula y a la par con las mejoras que se plantearon al comenzar el proyecto, se realizó el mapeo de dicho proceso a fin de conocer las áreas de oportunidad y mejorarlas; el cual se muestra en la figura 7.

Este mapeo, va ligado con otras funciones que se desarrollan en las cuatro secciones de la célula de materia prima, ya que las soluciones forman parte de los elementos que se utilizan para realizar los distintos análisis físico-químicos de cada una de las materias primas en un determinado periodo de tiempo.

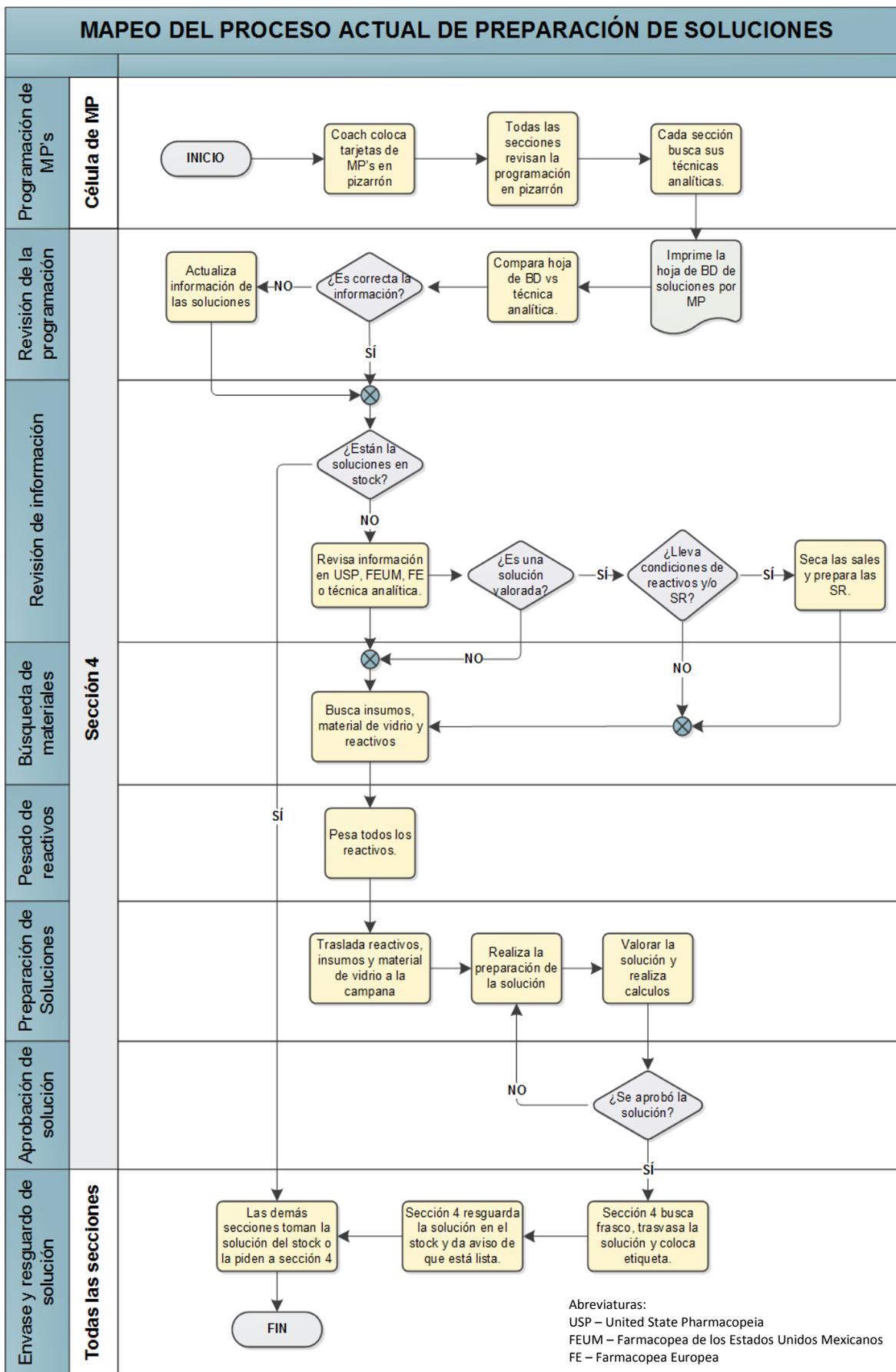


Figura 7. Mapeo de proceso actual preparación de soluciones. [Elaboración propia]

Descripción del proceso actual preparación de soluciones

Qué / Quién	Actividades: Cómo / Cuándo / Dónde/Porqué
1 Equipo Célula de MP	<ol style="list-style-type: none"> 1. El coach de la célula de MP, revisa diariamente en el sistema, el flujo de las materias primas que ingresan al laboratorio y con ello programa semanalmente en el pizarrón de la célula las fechas compromiso. 2. Organizan en su primera junta del día la distribución de actividades. Con esto, cada una de las secciones busca las técnicas analíticas que utilizarán para realizar sus procesos.
2 Sección 4 preparación de soluciones.	<ol style="list-style-type: none"> 3. Revisa físicamente que se tengan en stock aquellas soluciones que vayan a requerirse en la programación de materias primas de la semana próxima. 4. Verifica en la base de datos donde se tiene descargada toda la información de las soluciones de cada técnica analítica por materia prima. 5. En cada revisión de una nueva materia prima debe “pulir” en dicha base de datos la información que realmente utiliza. <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Si ya está correcta la información, se va directamente a buscar las soluciones en el stock. <ol style="list-style-type: none"> 5.1.1. Si ya existen las soluciones, la sección 4 avisa a las demás secciones que las soluciones están lista para utilizarse. 5.1.2 Si no hay soluciones, comienza el proceso para preparar una a una <ol style="list-style-type: none"> 5.1.2.1 Revisa la técnica analítica o método general según sea el caso. <ol style="list-style-type: none"> 5.1.2.1.1 Si es una solución valorada, debe identificar las condiciones de pretratamiento o SR. 5.1.2.1.2 Seca las sales y prepara las SR reactivo requeridas. 5.1.2.1.3 Si no es una solución valorada, continua en el punto 7.1.2.2. 5.1.2.2 Busca sus insumos, material de vidrio y reactivos. 5.1.2.3 Pesa todos los reactivos a utilizar. 5.1.2.4 Traslada todos los reactivos, insumos y material de vidrio a la campana de extracción. 5.1.2.5 Sigue la metodología para preparar la solución. 5.1.2.6 Valora la solución y realiza los cálculos. 5.1.2.7 Pide vo.bo. para la validación de cálculos. <ol style="list-style-type: none"> 5.1.2.7.1 Si tiene vo.bo. continúa con el proceso. 5.1.2.7.2 Si no tiene vo.bo., debe preparar nuevamente la solución regresando al punto 7.1.2. 5.1.2.8 Busca frasco, trasvasa y coloca etiqueta. 5.1.2.9 Resguarda la solución en el stock y avisa a la demás secciones que las soluciones están listas para utilizarse. 5.2 Si no es correcta la información, actualiza y continua en el punto 7.1
3 Todas las secciones de la célula de MP	<ol style="list-style-type: none"> 6. Toman la solución del stock una vez lista para consumirse o la piden directamente a la sección 4.

Tabla 2. Descripción proceso actual preparación de soluciones. [Elaboración Propia]

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE INVENTARIO DE LAS SOLUCIONES QUÍMICAS

Aplicación Metodología DMAIC

Definir

Debido a que la célula de materia prima seguía presentando problemas para liberar en los lead time establecidos algunas de las materias primas que requerían métodos complejos de análisis químicos, se decidió controlar el stock de las soluciones pues, en la mayoría de los casos la realización de las pruebas se extendían debido a la tardanza que generaba realizar la preparación de soluciones a la par con la demás actividades del test, atrasando de 1 a 4 h el análisis de una materia prima y hasta 1 turno (8 h) de otras que requerían soluciones valoradas (de preparación compleja), generando gran acúmulo de trabajo y atrasando la liberación de materias primas para la producción de medicamento.

El primer paso fue desarrollar el Formato A3 - Problem Solving para definir formalmente la problemática del proceso, el alcance y beneficios del proyecto. Se presenta a continuación el formato que se utilizó:

A3 - CONTROL DEL SUMINISTRO DE SOLUCIONES QUÍMICAS PARA LOS ANÁLISIS DE MP

I. Definición del Problema	II. Objetivo del proyecto												
<p>De acuerdo a los registros en bitácoras y al master plan de 3 meses; de las 283 MP que se pueden analizar 194 han requerido preparación de soluciones de distintos tipos. La preparación de soluciones se realiza sin ningún control de consumo y caducidad; se preparan cuando se comienzan a realizar las pruebas atrasando de 1 a 4 h el análisis de una MP y hasta 1 turno (8 h) de otras que requieren SV complejas, generando gran acumulo de trabajo que conlleva a inversión extra de horas hombre.</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <table border="1"> <caption>SOLUCIONES EN STOCK</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SV</td> <td>41%</td> </tr> <tr> <td>SNV</td> <td>31%</td> </tr> <tr> <td>SR</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>SI</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>SRG</td> <td>2%</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 10px;"> <p>Términos: SV – Soluciones Valoradas SNV – Soluciones No Valoradas SR – Soluciones Reactivo SI – Soluciones Indicadoras SREG – Soluciones Reguladoras</p> </div> </div> <p>El proceso representa la siguiente problemática:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retraso en el análisis de pruebas de MP que requieren soluciones SV, SNV, SR y SI • Liberación del 95% de lotes en tiempo con inversión extra de horas hombre para preparar continuamente las soluciones. • El tiempo de búsqueda (desde que se pide hasta que se comienza a utilizar) una solución en stock es de 15 a 30 min. • No hay un sistema programado de reabastecimiento de soluciones con vigencia. El 80% se preparan cuando se empiezan a realizar las pruebas para el análisis de las MP. • El 90% de las soluciones en stock con fecha de caducidad vencida, se desechan después de varios meses y no se cancelan en bitácora de registro. • Se desconoce la cantidad real a preparar de una solución de stock lo que provoca el desecho de un volumen considerable. 	Categoría	Porcentaje	SV	41%	SNV	31%	SR	20%	SI	6%	SRG	2%	<p>OBJETIVO GENERAL Desarrollar un sistema de inventario de soluciones químicas con ayuda de herramientas de Lean Manufacturing, para mejorar el control de abastecimiento de dichas soluciones.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Garantizar el abastecimiento del 80% de las soluciones de mayor demanda (con caducidad vigente y cantidad necesaria), programando la preparación y controlando su consumo para la disminución de horas-hombre invertidas en las distintas pruebas físico-químicas de materias primas. 2. Eliminar el 100% de la duplicidad de soluciones en stock, para no generar desperdicio de materiales 3. Eliminar el 100% de las soluciones que se desechan completas al finalizar su periodo de vigencia. <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div>
Categoría	Porcentaje												
SV	41%												
SNV	31%												
SR	20%												
SI	6%												
SRG	2%												
III. Alcance del proyecto	IV. Beneficios del proyecto												
<p>El proyecto está enfocado en reabastecer en tiempo y cantidad las distintas soluciones con vigencia requeridas en los análisis de MP reduciendo los tiempos de preparación de soluciones más complejas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reducción de desperdicios: materiales, tiempo y distancias recorridas durante la preparación de soluciones. ✓ Agilizar la consulta, solicitud, entrega y búsqueda de las distintas soluciones con vigencia. ✓ Incremento de horas hombre invertidas en otros análisis que conlleven a la liberación en tiempo de lotes. 												
V. CTQ's	VI. Metas												
<ol style="list-style-type: none"> 1. Demanda mensual del 100% de las soluciones de mayor consumo. 2. Cantidad mensual preparada del 100% de las soluciones de mayor consumo. 3. Permanencia del 100% de las soluciones de mayor consumo próximas a caducar un día antes de su fecha de vigencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tener una programación de soluciones a preparar lo suficientemente efectiva para tener abastecido siempre el stock de soluciones de mayor consumo al 100% • Estandarizar las soluciones críticas (alta demanda y de preparación compleja → SV) reduciendo los tiempos de preparación de dichas soluciones. 												

Figura 8. Formato A3 – Problem Solving. [Elaboración propia]

Esta actividad tardó cuatro semanas en quedar lista, debido a que el equipo de Lean Lab (expertos en el proceso y en el manejo de esta herramienta) sólo tenían tiempo disponible una vez a la semana alrededor de dos horas aproximadamente.

En cada semana se realizó una lluvia de ideas y también se presentaron datos para definir el problema del estado actual del proceso, dicha información se obtuvo de las bitácoras de preparación de soluciones y de la base de datos de la planeación de materias primas que se analizaron durante ese periodo de tiempo.

En la primera junta de seguimiento del proyecto, con los responsables del área, se definió realizar el avance del supermercado de soluciones con información de tres meses, dicha información se consultó en las bitácoras de preparación de soluciones valoradas, no valoradas, reactivo, indicadores y reguladoras.

Definición de los CTQ (Critical to quality/Crítico para la calidad).

Como parte de la metodología DMAIC fue importante definir los CTQ (Critical to quality/Crítico para la calidad) del proceso, ya que un CTQ en cualquier producto, proceso o servicio es aquella característica que satisface un requerimiento clave para el cliente o el proceso.

Pasos desarrollo de los CTQ:

- 1) Se identificaron los clientes o usuarios del producto o servicio.
- 2) Para entender y discutir los requerimientos se realizaron las siguientes actividades:
 - a. Tormentas de ideas entre el equipo Lean Lab & equipo de la célula MP, durante el desarrollo del A3 – Problem Solving.
 - b. Se tomaron en cuenta las quejas realizadas por los analistas químicos; referentes a la distribución de actividades y horas extra invertidas en la realización de los análisis químicos.
 - c. Se realizaron preguntas referentes al proceso de preparación de soluciones en cuanto a complejidad, tiempos de preparación, tiempos de búsqueda, retrasos en los análisis de MP, control en el consumo y manejo de la vigencia.
- 3) De acuerdo a la información recolectada se identificaron los indicadores de calidad.

- Se analizó la información referente a los comentarios que realizó el equipo de la célula de MP y se relacionaron con los registros de las soluciones en bitácoras.
- Se colocó un nivel de importancia de acuerdo a la información recabada.
- Se revisaron los CTQ planteados con el equipo Lean Lab y el equipo de la célula de MP, los cuales fueron aceptados por ambos equipos.

A continuación se presenta la estructura de los CTQ que se plantearon:

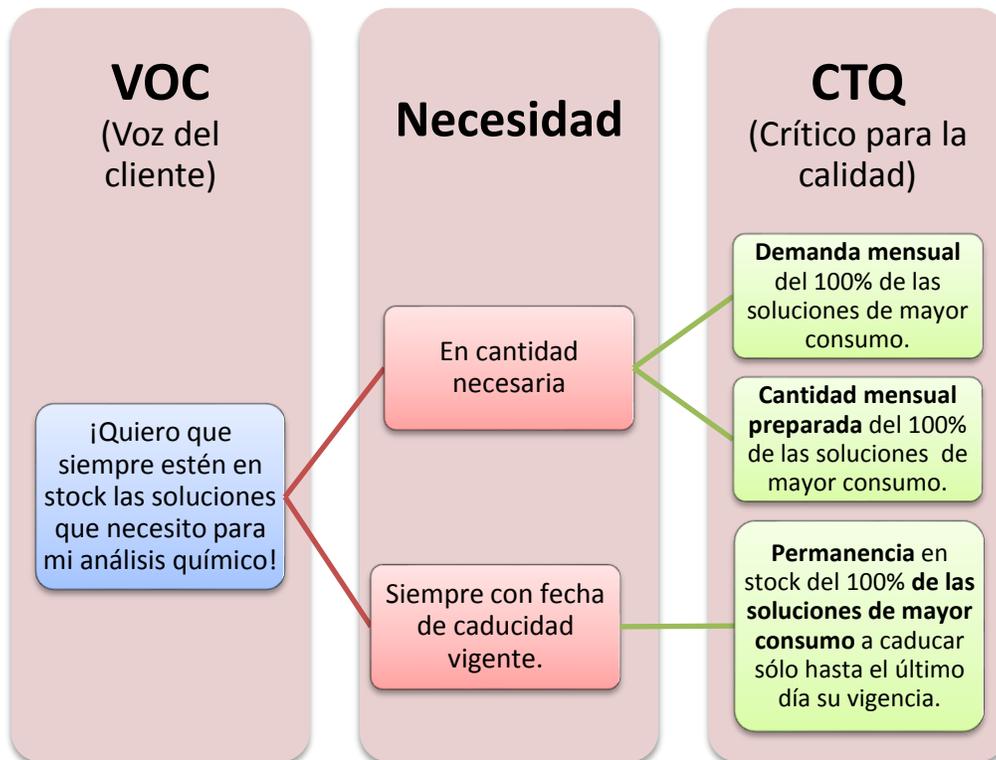


Figura 9. Requerimientos clave para el cliente o proceso. [Elaboración propia]

Una vez definida la situación actual, se definió el planteamiento de la situación futura entre el equipo Lean Lab y equipo de la célula de MP, realizando el mapeo de proceso esperado de la preparación de soluciones, observando en este mapeo la reducción de pasos en comparación con el mapeo de la figura 7.

A continuación se muestra en la figura 10 el mapeo realizado del proceso futuro:

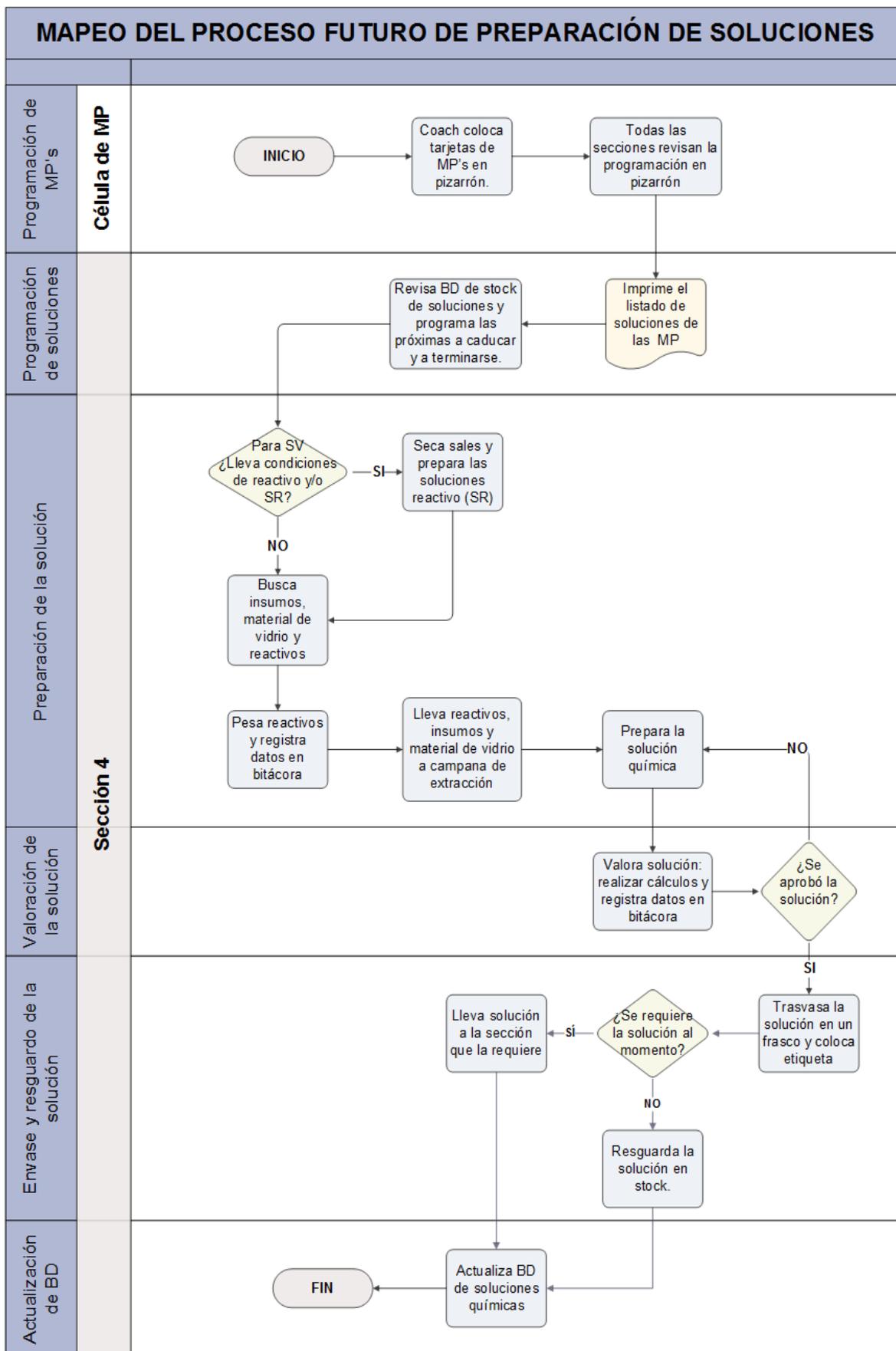


Figura 10. Mapeo de proceso futuro preparación de soluciones. [Elaboración propia]

Descripción del proceso futuro preparación de soluciones

Qué / Quién	Actividades: Cómo / Cuándo / Dónde/Porqué
<p style="text-align: center;">1 Equipo Célula de MP</p>	<p>1. El coach de la célula de MP, revisa diariamente en el sistema el flujo las materias primas que ingresan al laboratorio y con ello programa semanalmente en el pizarrón de la célula las fechas compromiso.</p> <p>2. Organizan en su primera junta del día la distribución de actividades. Con esto, sección 4 imprime de la BD de soluciones por MP el listado de las soluciones requeridas.</p>
<p style="text-align: center;">2 Sección 4 preparación de soluciones.</p>	<p>3. Revisa en la BD del stock de soluciones y programa la preparación de aquellas soluciones que estén próxima a caducar a o a terminarse.</p> <p>4. Una vez programadas, para realizar la preparación de las soluciones revisa la técnica analítica o método general según sea el caso.</p> <p style="padding-left: 20px;">4.1 Si es una solución valorada, debe identificar las condiciones de pretratamiento o SR para secar las sales y/o prepara las SR reactivo requeridas.</p> <p style="padding-left: 20px;">4.2 Si no es una solución valorada, continua en el punto 5.</p> <p>5. Busca sus insumos, material de vidrio y reactivos.</p> <p>6. Pesa todos los reactivos a utilizar.</p> <p>7. Traslada todos los reactivos, insumos y material de vidrio a la campana de extracción.</p> <p>8. Sigue la metodología para preparar la solución.</p> <p>9. Valora la solución y realiza los cálculos.</p> <p>10. Pide vo.bo. para la validación de cálculos.</p> <p style="padding-left: 20px;">10.1 Si tiene vo.bo. continúa con el proceso en el punto 11.</p> <p style="padding-left: 20px;">10.2 Si no tiene vo.bo. debe preparar nuevamente la solución regresando al punto 8</p> <p>11. Busca frasco, transvasa y coloca etiqueta.</p> <p>12. Si la solución se requirió en el momento, lleva la solución a la sección que la solicitó.</p> <p>13. Si no se requirió en el momento, resguarda la solución en el stock.</p> <p>14. Actualiza BD stock de soluciones químicas.</p>

Tabla 3. Descripción del proceso futuro preparación de soluciones. [Elaboración Propia]

Medir

Para este punto fue muy importante tomar en cuenta el master plan de materias primas de ese año, el cual nos daba la información de lo que estaba por llegar y lo que ya se tenía dentro del almacén de materia prima para ser analizado por el equipo de la célula de materia prima en las fechas compromiso. Se realizó la recopilación de datos del Master Plan MP, de tres meses (enero-abril). La figura 11 muestra un extracto de la información que se obtenía de dicha base de datos.

Fecha de Recepción de Almacén	DESCRIPCIÓN	CB	FECHA EN LA QUE DEBE LLEGAR	D ESPERA	FECHA DE LLEGADA AL LABORATORIO	LOTE	INICIO DE ANÁLISIS	ESTATUS	FECHA COMPROMISO	FECHA DE APROBACIÓN	SEMANA COMPROMISO
	HIDROXIPCELULOSA NF(KLUCEL,HF)	CQ		0		105053		Approved			
	Identificaciones BBKA	CQ		0		3-BBKA-001		Approved			
	Identificaciones BBKA	CQ		0		3-BBKA-002		Approved			
	PROCESO BETA/BENCILICO	CB		0		124563		Approved			
	Identificaciones AHUC	CQ		0		3-AHUC-001		Approved			
	Identificaciones BBKA	CQ		0		3-BBKA-003		Approved			
	Identificaciones BBKA	CQ		0		3-BBKA-005		Approved			
	Identificaciones BBKA	CQ		0		3-BBKA-009		Approved			
	Identificaciones APMB	CQ		0		3-APMB-002		Approved			
	TALCO USP (PHARMA)	CB		1		130028		Approved			
	OXYNEX ST LIQUIDO	CQ		1		130322		Approved			
	TALCO USP (PHARMA)	CB		15		130027		Rejected			
	CLOR.FENILEFRINA USP MALLA 150	CQ		4		130029		Approved			
	HIELO SECO	CQ		0		130049		Approved			
	DIPROPIONATO BETAMETASONA EST	CB		7		130091		Approved			
	Identificaciones BBKA	CQ		0		3-BBKA-004		Approved			
	Identificaciones APMB	CQ		0		3-APMB-003		Approved			
	SALICILATO DE HOMOMETILO	CB		7		126125		Approved			
	AZUCAR GRANULADA	CQ		4		130126		Approved			
	GANEX V220 POLIMERO	CQ		4		130117		Approved			
	GANEX V220 POLIMERO	CQ		4		130118		Approved			

Figura 11. Extracto del master plan MP. [Elaboración propia]

De esta base de datos se obtuvo el listado de materias primas que requerían preparación de soluciones en el periodo de tres meses y de esas soluciones conocer cuáles tenían caducidad, cuáles no y qué cantidades se habían preparado y utilizado.

Para conocer cuáles son las soluciones que necesitan las materias primas se realizó un match con una segunda base de datos que se trabajó durante el diseño de la célula de trabajo de materia prima la cual contenía todo el desglose de las soluciones y reactivos que se necesitaban para realizar las pruebas físico-químicas de cada una; la información recabada de esta segunda base de datos se consultó desde farmacopeas nacionales e internacionales, obteniendo datos como tipo de solución, cantidad y caducidad.

En la figura 12 se muestra una parte de la estructura de dicha base.

Formula Code	Description	Test	Section	Solution	Solution Type	Expiration Time	Solution Quantity
MPB20	1,3-BUTILENGLICOL	Descripción	3	No	-	-	-
MPB20	1,3-BUTILENGLICOL	Identificación: IR	1	Reactivo	-	-	-
MPB20	1,3-BUTILENGLICOL	Humedad	3	Reactivo	-	-	-
MPB20	1,3-BUTILENGLICOL	Gravedad Especifica	3	No	-	-	-
MPB20	1,3-BUTILENGLICOL	Ensayo	2	Reactivo acetilante	SR	1 semana	20 mL
MPB20	1,3-BUTILENGLICOL	Ensayo	2	Reactivo acetilante	SR	1 semana	20 mL
MPB20	1,3-BUTILENGLICOL	Ensayo	2	Fenofaleina	SI	60 días	100 mL
MPB20	1,3-BUTILENGLICOL	Ensayo	2	Fenofaleina	SI	60 días	100 mL
MPB20	1,3-BUTILENGLICOL	Ensayo	2	Hidróxido de Sodio 0.5 N	SV	90 días	2 L
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Descripción	3	No	-	-	-
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Identificación A: IR	1	Reactivo	-	-	-
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Identificación B: TLC	2	Reactivo	-	-	-
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Identificación B: TLC	2	Fase Móvil	FM	e dure el a	-
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Identificación B: TLC	2	Fase Móvil	FM	e dure el a	-
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Identificación B: TLC	2	Ácido Sulfúrico (1 en 2)	SR	1 día	250 mL
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Rotación Especifica	3	Reactivo	-	-	-
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Ensayo identificación y compuestos relacionados Betametasona: HPLC	1	No	FM A	e dure el a	-
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Ensayo identificación y compuestos relacionados Betametasona: HPLC	1	No	SR	1 día	100 mL
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Ensayo identificación y compuestos relacionados Betametasona: HPLC	1	No	SR	1 día	100 mL
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Ensayo identificación y compuestos relacionados Betametasona: HPLC	1	No	SR	1 día	40 mL
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Ensayo identificación y compuestos relacionados Betametasona: HPLC	1	No	SR	1 día	40 mL
MPB14-5	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	Ensayo identificación y compuestos relacionados Betametasona: HPLC	1	No	-	-	-

Figura 12. Base de datos de soluciones por MP. [Elaboración propia]

Una vez que se determinaron las soluciones de cada materia prima, fue necesario conocer cuáles tenían un periodo de caducidad, la cantidad que se preparó y utilizó de cada una en ese periodo de tres meses.

Para obtener estos datos se revisaron las bitácoras de registro de soluciones valoradas (SV), soluciones no valoradas (SNV), soluciones reactivo (SR), soluciones indicadoras (SI) y soluciones reguladoras (SREG) donde se indica la fecha de preparación, químico que las prepara, cantidades preparadas y caducidad de cada solución, también se consultó el “Listado oficial de caducidades de soluciones valoradas, soluciones reactivo y soluciones indicadoras” en el cual se indican los periodos de caducidad de algunas soluciones que fueron estudiadas para asignarles un periodo de vigencia de acuerdo a sus propiedades.

Toda la información se recopiló en Excel para realizar el respectivo análisis de datos, en la tabla 4 se muestra un extracto del trabajo realizado:

Clasificación	Solución	Concentración	Caducidad (Días)	Fecha de Preparación	Fecha de Caducidad	Cantidad Preparada	Unidades	Cantidad Utilizada	Pág. Bitácora	Cantidad Real en stock
SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	0.5 N	90	09-ene-13	09-abr-13	500	ml	300	68	200
SV	Ácido Perclórico 0.1 N	0.1 N	90	28-nov-12	26-feb-13	1000	ml	750	62	250
SV	Ácido Clorhídrico 1 N	1 N	90	10-dic-12	10-mar-13	1000	ml	200	64	800
SV	Ácido Clorhídrico 0.5 N	0.5 N	90	09-ene-13	09-abr-13	1000	ml	200	69	800
SNV	Ácido Clorhídrico 0.1 N	0.1 N	90	28-dic-12	28-mar-13	250	ml	5	89	245
...

Tabla 4. Muestra del histórico de datos recopilados de bitácoras. Ver Anexo 1. [Elaboración propia]

De acuerdo al análisis de datos realizado del total de registros encontrados en el periodo de estudio, se supo que de las 283 materias primas que se pueden analizar, 194 de ellas requirieron soluciones con 90 días de caducidad, 85 soluciones con otra vigencia tuvieron al menos un registro, y sólo 69 soluciones fueron de uso más constante.

Definición del sistema MTO/MTS.

De acuerdo a la caducidad de las soluciones, se definió un sistema por órdenes “make-to-order/MTO y un sistema de soluciones para inventario “make-to-stock”/MTS. Se decidió clasificarlas de esta forma ya que cumplían varios puntos del concepto: las primeras son aquellas que se preparan al momento, es decir, que no tienen vigencia y que por sus propiedades físicas y químicas deben de utilizarse en el momento en el que se está realizando la prueba.

Las MTS son aquellas soluciones que pueden ser almacenadas en un stock ya que de acuerdo a su estudio, éstas siguen conservando sus propiedades para realizar los análisis en periodos de hasta 90 días como máximo y 7 días como mínimo, dependiendo el tipo de solución.

Otro punto importante a medir, fue el tiempo promedio de la preparación para cada uno de los 4 tipos de soluciones (SV, SNV, SR Y SI) que formarían parte del listado de soluciones a controlar, esta información se desglosó como se muestra a continuación en la tabla 5:

Tipo de solución	# de soluciones	%	Tiempo de preparación [h]	Caducidad [días]
SV	20	45%	3 h	90
SNV	14	32%	1.5 h	90
SR	8	18%	1 h	60
SI	2	5%	0.5 h	60

Tabla 5. Tiempos de preparación por tipo de solución. [Elaboración propia]

Debido a que el proceso de preparación de cada tipo de solución es similar en todos los casos, se definió por consenso entre la sección 4 y el experto del equipo Lean Lab el tiempo promedio de preparación para cada tipo de solución. En los cuatro casos, se tomó el tiempo que se tardó en realizar la sección 4 la preparación de una solución de cada tipo a fin de corroborar los tiempos propuestos. Los expertos de Lean Lab no consideraron importante medir más de 2 casos por tipo de solución.

La tabla 6 muestra el formato que se utilizó para realizar esta actividad:

NOMBRE: Tiosulfato de Sodio 0.1 N TIPO: SV	FECHA:
ACTIVIDAD	TIEMPO DE PREPARACIÓN (MIN)
1. Revisar la técnica analítica o método general según sea el caso.	25
2. Revisar las condiciones de pretratamiento o SR.	4
3. Identificar, buscar y secar las sales.	30
4. Preparar las SR reactivo requeridas.	20
5. Buscar sus insumos, material de vidrio y reactivos.	25
6. Pesar todos los reactivos a utilizar.	2
7. Trasladar todos los reactivos, insumos y material de vidrio a la campana de extracción.	90
8. Seguir la metodología para preparar la solución.	5
9. Valorar la solución y realiza los cálculos.	3
10. Pedir vo.bo. para la validación de cálculos.	
11. Buscar frasco, trasvasa y coloca etiqueta.	
12. Resguardar la solución en el stock y avisar a la demás secciones que las soluciones están listas para utilizarse.	
TOTAL = 204 = 3.4 H	

Tabla 6. Formato para medición de tiempos de preparación de soluciones. [Elaboración propia]

Analizar

De acuerdo al periodo de estudio definido, el resultado del análisis de tres meses, arrojó que 94 soluciones con caducidad fueron utilizadas en ese periodo de tiempo (los datos se obtuvieron de los registros en bitácoras). Debido a que no todas las soluciones se utilizan frecuentemente y que también dependen directamente de las materias primas a analizar, el equipo experto de Lean Lab propuso seleccionar de esas 94 soluciones sólo aquellas que fueran relevantes en los procesos, esto con el fin de tener un listado mucho más manejable. Entendido esto, se determinó un listado final de 30 soluciones como primer piloto. El listado fue el siguiente:

Prioridad	Clasificación	Solución	Caducidad (Días)
1	SV	Tiosulfato de Sodio 0.1 N	90
2	SV	Hidróxido de Potasio Alcohólico 0.5 N	90
3	SV	Ácido Clorhídrico 0.1 N	90
4	SV	Hidróxido de Sodio 0.1 N	90
5	SV	Yodo 0.1 N	90
6	SV	Nitrato de Plata 0.1 N	90
7	SV	Ácido Clorhídrico 1 N	90
8	SV	Hidróxido de Sodio 1 N	90
9	SV	Tiosulfato de Sodio 0.05 N	90
10	SV	Yodo 0.05 N	90
11	SV	Ácido Clorhídrico 0.5 N	90
12	SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	90
13	SV	Ácido Perclórico 0.1 N	90
14	SV	Ácido Sulfúrico 1 N	90
15	SV	Ácido Sulfúrico 0.2 N	90
16	SV	Tiosulfato de Sodio 0.01 N	47
17	SV	Yodo 0.01 N	22
18	SV	Tiocianato de Amonio 0.1 N	90
19	SV	Sulfato Cúprico 62.4 mg/ml (sol colorida)	90
20	SV	Cloruro Férrico 45.0 mg/ml (sol colorida)	90
21	SR	Cianuro de Amonio (Plomo)	45
22	SR	Citrato de Amonio (Plomo)	45
23	SR	Cianuro de Potasio (Plomo)	45
24	SR	Cloruro de Bario	60
25	SR	Cloruro de Hidroxilamina (Plomo) 0.2 g/ml	45
26	SR	Ditizona (Sol de Extracción) (Plomo)	45
27	SR	Glicerina Base (Metales pesados)	45
28	SR	Tioacetamida (Metales pesados)	45
29	SI	Almidón	60
30	SI	Fenoltaleína	60

Tabla 7. Listado de soluciones químicas a controlar. [Elaboración Propia]

El análisis de datos que se realizó para definir el listado final de soluciones (Ver Anexo 2) que se llevó a cabo durante dos meses y una vez definido el listado de las soluciones, el proceso se llevó de la siguiente manera:

La sección 4, filtra de acuerdo al plan de programación, las materias primas en la base de datos de preparación de soluciones e imprime un formato predeterminado que se creó para realizar la revisión física de soluciones en existencia, requeridas durante una semana. La figura 13 muestra algunos ejemplos de cómo se filtraban las materias primas que se requerían visualizar y una vez hecho esto se imprimía por la misma sección 4.

Formula C	Description	Test	Typ	Solution	Expiration Tir	Quantity
MPB14-5	BETAMETASONA US	Identificación B: TLC	-	Reactivo	-	-
			FM	Fase Móvil	Lo que dure el	-
			SR	Acido Sulfúrico (1 en 2)	1 día	250 mL
			-	No	-	-
			-	No	-	-
			-	Reactivo	-	-
			-	Reactivo	-	-
			-	Reactivo	-	-
			-	Reactivo	-	-
			-	Reactivo	-	-
			-	No	-	-
			-	No	-	-
			SR	No	1 día	100 mL
			FM	No	Lo que dure el	40 mL
MPB20	1,3-BUTILENGLICOL	Ensayo	SI	Fenofaleina	60 días	100 mL
			SR	Reactivo acetilante	1 semana	20 mL
			SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	90 días	2 L
			-	No	-	-
			-	No	-	-
			-	Reactivo	-	-
			-	Reactivo	-	-
MPC31-5	AMARILLO FDYC, NC	Descripción	-	No	-	-
			SR	Solución de Hidrazina	4-6 horas	100 mL
				Solución de Metenamina	1 día	50 mL
				Suspensión de Opalescencia Primaria	1 día	-
			SR	Preparación Estándar	1 día	20 mL
	Solución Diluida de Amonio	1 día	-			

Figura 13. Listado de soluciones por MP. MSD (2013)

Una vez considerado el plan de programación de trabajo semanal de materias primas que deben analizarse físico-químicamente, la sección 4 revisa físicamente con formato en mano que haya existencia de las soluciones requeridas en los anaqueles, identificando la cantidad aproximada en el frasco, dicha cantidad se registra en la base de datos de soluciones controladas en stock que se debería actualizar cada semana para administrar las soluciones del listado determinadas.

La figura 14 presenta un extracto de la base de datos con las 94 soluciones que arrojó el análisis realizado, pero sólo las que tienen color en la celda "solución" son aquellas a las que se les ha controlado la cantidad preparada, utilizada y punto de reorden definido.

Hoy es: 17/08/2015

LISTADO DE SOLUCIONES EN STOCK

Clasificación	Solución	Concentración	Caducidad (Días)	Fecha de Preparación	Fecha de Caducidad	Cantidad Preparada	Unidades	Pág Bitácora	Cantidad Utilizada	Unidades	Cantidad Real en STOCK	Unidades	Observaciones	Caducidad	Quantity
SV	Ácido Clorhídrico 0.05 N	0.05 N	90				mL			mL	0	mL	-	ALERTA	OK
SV	Ácido Clorhídrico 0.1 N	0.1 N	90	11-feb-13	12-may-13	4000	mL	83	800	mL	3200	mL	Temp. Ambiente	ALERTA	OK
SV	Ácido Clorhídrico 0.5 N	0.5 N	90	28-ene-13	28-abr-13	4000	mL	78	1050	mL	2950	mL	-	ALERTA	OK
SV	Ácido Clorhídrico 1 N	1 N	90	17-abr-13	16-jul-13	2000	mL	96		mL	2000	mL	Temp. Ambiente	ALERTA	OK
SV	Ácido Perclórico 0.1 N	0.1 N	90	25-abr-13	24-jul-13	1000	mL	3		mL	1000	mL	Temp. Ambiente	ALERTA	OK
SV	Ácido Sulfúrico 0.02 N	0.02 N	7				mL			mL	0	mL	-	#VALUE!	OK
SV	Ácido Sulfúrico 0.1 N	0.1 N	90				mL			mL	0	mL	-	#VALUE!	OK
SV	Ácido Sulfúrico 0.2 N	0.2 N	90	12-feb-13	13-may-13	2000	mL	84	1400	mL	600	mL	Temp. Ambiente	ALERTA	OK
SV	Ácido Sulfúrico 0.5 N	0.5 N	90				mL			mL	0	mL	-	#VALUE!	OK
SV	Ácido Sulfúrico 1 N	1 N	90	21-feb-13	22-may-13	2000	mL	85		mL	2000	mL	Temp. Ambiente	ALERTA	OK
SV	Bromo 0.1 N	0.1 N	90				mL			mL	0	mL	-	#VALUE!	OK
SV	Cloruro de Zinc 0.1 M	0.1 M	90				mL			mL	0	mL	-	#VALUE!	OK
SV	Cloruro Ferrico 45.0 mg/mL (sol colorida)	Sol Colorida	90	19-abr-13	18-jul-13	50	mL	99		mL	50	mL	Temp. Ambiente	ALERTA	OK
SV	EDTA 0.05 M	0.05M	90	14-may-13	12-ago-13	2000	mL	11		mL	2000	mL	-	ALERTA	OK
SV	EDTA 0.1 M	0.1M	90				mL			mL	0	mL	-	#VALUE!	OK
SV	Hidróxido de Potasio 0.1 N	0.1 N	90				mL			mL	0	mL	-	#VALUE!	OK
SV	Hidróxido de Potasio Alcohólico 0.1 a 0.3 N	0.1 a 0.3 N	30				mL			mL	0	mL	-	#VALUE!	OK
SV	Hidróxido de Potasio Alcohólico 0.3 N	0.3 N	90				mL			mL	0	mL	-	#VALUE!	OK
SV	Hidróxido de Potasio Alcohólico 0.5 N	0.5 N	90	09-abr-13	08-jul-13	2000	mL	94		mL	2000	mL	Temp. Ambiente	ALERTA	OK

Figura 14. Base de datos soluciones controladas en stock. [Elaboración propia]

Lo que ocurrió después fue que aunque el listado se determinó con todas las consideraciones del análisis de datos, comenzó a aumentar la demanda de algunas materias primas en los procesos de fabricación sin previo control. Por lo tanto, las soluciones ligadas a esas materias primas debían agregarse al listado debido a su actual importancia. Con esto aumentó el número de soluciones a controlar de 30 a 44, las cuales se muestran en la tabla 8 que se muestra a continuación:

Prioridad	Clasificación	Solución	Caducidad (Días)
31	SNV	Ácido Acético 5 N	90
32	SNV	Ácido Acético 6 N	90
33	SNV	Ácido Clorhídrico 3 N	90
34	SNV	Ácido Clorhídrico 6 N	90
35	SNV	Ácido Clorhídrico 0.02 N	90
36	SNV	Ácido Nítrico 2 N	90
37	SNV	Ácido Nítrico 6 N	90
38	SNV	Ácido Sulfúrico 0.02 N	90
39	SNV	Ácido Sulfúrico 0.1 N	90
40	SNV	Ácido Sulfúrico 2 N	90
41	SNV	Ácido Sulfúrico 5 N	90
42	SNV	Hidróxido de Amonio 6 N	90
43	SNV	Hidróxido de Sodio 0.05 N	90
44	SNV	Hidróxido de Sodio 5 N	90

Tabla 8. Listado de soluciones químicas extras a controlarse. [Elaboración Propia]

Mejorar

Una vez definido el proceso futuro de la preparación de soluciones, se realizó una sesión de lluvia de ideas entre el equipo Lean Lab y el equipo de la célula de MP, con el fin de plantear mejoras en el proceso, las cuales tendrían que realizarse en el menor tiempo y con el mayor beneficio posible. Con esta sesión se determinaron los puntos de la figura 15, que se muestra a continuación:



Figura 15. Lluvia de ideas equipo Lean Lab & equipo célula MP. [Elaboración propia]

Con este planteamiento de ideas, y teniendo ya definidos los requerimientos clave que satisfacen al cliente (CTQ's) se realiza una **matriz de priorización** para determinar el orden en el que se ejecutarían las actividades a realizar para mejorar el proceso de la preparación de soluciones.

La tabla 7 muestra dicha matriz, que se presenta a continuación:

Matriz de priorización de actividades para la mejora del proceso de preparación de soluciones.					
Ponderación →		10	7	5	
Actividades		Cantidad consumida semanalmente de las soluciones de mayor demanda.	Cantidad preparada de acuerdo a la vigencia de las soluciones de mayor consumo.	Soluciones próximas a caducar con permanencia en stock sólo hasta el último día de su vigencia.	Total
1	Programación de soluciones en stock por semana de cada MP.	10	10	10	220
2	Mantener actualizada la BD de stock de soluciones.	10	8	9	201
3	Colocar señal de reabastecimiento en cada frasco de solución preparada.	10	8	4	176
4	Tener todos los frascos graduados para revisar el consumo de cada solución.	9	7	2	149
5	Colocar en los anaqueles tarjetas con nombres de todos los analistas químicos que ocupan soluciones en el stock.	9	4	4	138
6	Estandarización del proceso con diagramas de flujo de la preparación de soluciones más complejas (SV) para disminuir tiempos.	5	10	2	130
7	Hacer un listado de condiciones críticas de cada solución.	5	10	2	130
8	Tener el principal material para preparar soluciones en la zona de trabajo.	5	8	4	126
9	Tener un sistema específico de stock en forma de kit de soluciones para pruebas generales como: metales pesados, arsénico, plomo, sulfatos y cloruros.	3	9	2	103

Tabla 9. Matriz de priorización de actividades para mejorar la preparación de soluciones. [Elaboración Propia]

Implementación de actividades para la mejora del proceso de preparación de soluciones

Con las actividades identificadas para mejorar el proceso de preparación de soluciones, se comienzan a realizar en ese orden las actividades que a continuación se describen:

1. De acuerdo a la matriz, la actividad más relevante fue la **programación de las soluciones de manera visual** y de fácil implementación, para ello se eligió colocar en la sección de preparación de soluciones un calendario donde se pudiera colocar el nombre de las soluciones que serían utilizadas en una ventana de tiempo de máximo dos semanas. Con esto la sección 4 no perdería de vista las soluciones del listado que son determinantes para realizar las pruebas físico-químicas de las materias primas previamente programadas.
2. Para la segunda actividad, que fue mantener actualizada la base de datos **listado de soluciones en stock** de forma constante cada cierto día de la semana, facilitando la consulta de las cantidades y fechas reales en stock de las soluciones, con lo cual, la sección 4 puede tomar decisiones más rápidas sobre preparar o no aquellas soluciones determinantes para los análisis.
3. Las **señales de reabastecimiento en los frascos** de las soluciones fue otra actividad que surgió para mantener en alerta aquellas soluciones que al ser consumidas en grandes cantidades tengan que ser preparadas de inmediato sin ser programadas, con simplemente dar un vistazo al contenedor, esto funciona principalmente cuando hay picos en la demanda de materias primas ya sea por tener que analizar varios lotes o en



las cuales se tenga que utilizar la misma solución para una o más pruebas.

4. La cuarta actividad va muy ligada con la segunda ya que al tener un mejor control de las cantidades consumidas, la información que se descargue en la base de datos será mucho más real para así poder tomar mejores decisiones en cuanto a preparar o no soluciones que requerirán de tiempo y materiales. Para ello se emplearon **cintas graduadas** para el control del consumo de **soluciones** en frascos sin graduación, que son en su mayoría los frascos que se utilizan para el resguardo de las soluciones químicas. Esto permite de un vistazo saber qué cantidad queda en el frasco sin tener que hacer estimaciones poco exactas.



5. La creación de tarjetas con los nombres de las personas que utilizan las soluciones para los análisis químicos, surge debido a que se llegó a preparar la misma solución por diferentes personas en un mismo mes, pues quien requería la misma solución y al no saber quién había tomado el frasco preparaban más solución. Dado esto, se empleó un **sistema “Poka Yoke”** con el cual se pretendía evitar que se preparara más de una vez cualquier solución química que se compartiera no sólo en la célula de materia prima sino con todos aquellos que las utilizaran en el laboratorio.



El sistema funcionaba de la siguiente manera: cada solución se

acomodaba en un lugar con su nombre dentro de los respectivos anaqueles, las tarjetas de los nombres se colocaban con stickers en la pared lateral del anaquel y una vez que alguien tomaran esa solución colocaban la tarjeta con su nombre dentro del espacio vacío, para que si alguien más necesitara la misma solución, este supiera quién la tenía y fuera directamente a pedirla al lugar del otro.

6. Se desarrolló un piloto para la estandarización del proceso de preparación de soluciones con una de las soluciones valoradas (cloruro de cobalto) como ejemplo. Para reducir el tiempo se diseñó un formato en forma de diagrama de flujo que indicara paso a paso la metodología del documento oficial pero de forma desglosada, visual y de fácil uso, incluyendo cálculos e incluso una foto de la solución final, esto último cuando se tenía que obtener algún color específico.

El proceso de preparación de soluciones se realiza bajo estándares de farmacopeas nacionales e internacionales vigentes. Las cantidades a utilizar son sólo las que se indican en dichas metodologías oficiales, toda esta información se descargó en el diagrama.

Con el uso de este formato, la sección 4, logró disminuir el tiempo de preparación del cloruro de cobalto de 1 h a tan sólo 15 minutos, ya que no tenía que buscar, leer y realizar los cálculos desde la farmacopea una y otra vez.

La figura 16 es el ejemplo de formato estandarizado, el cual se presenta a continuación:

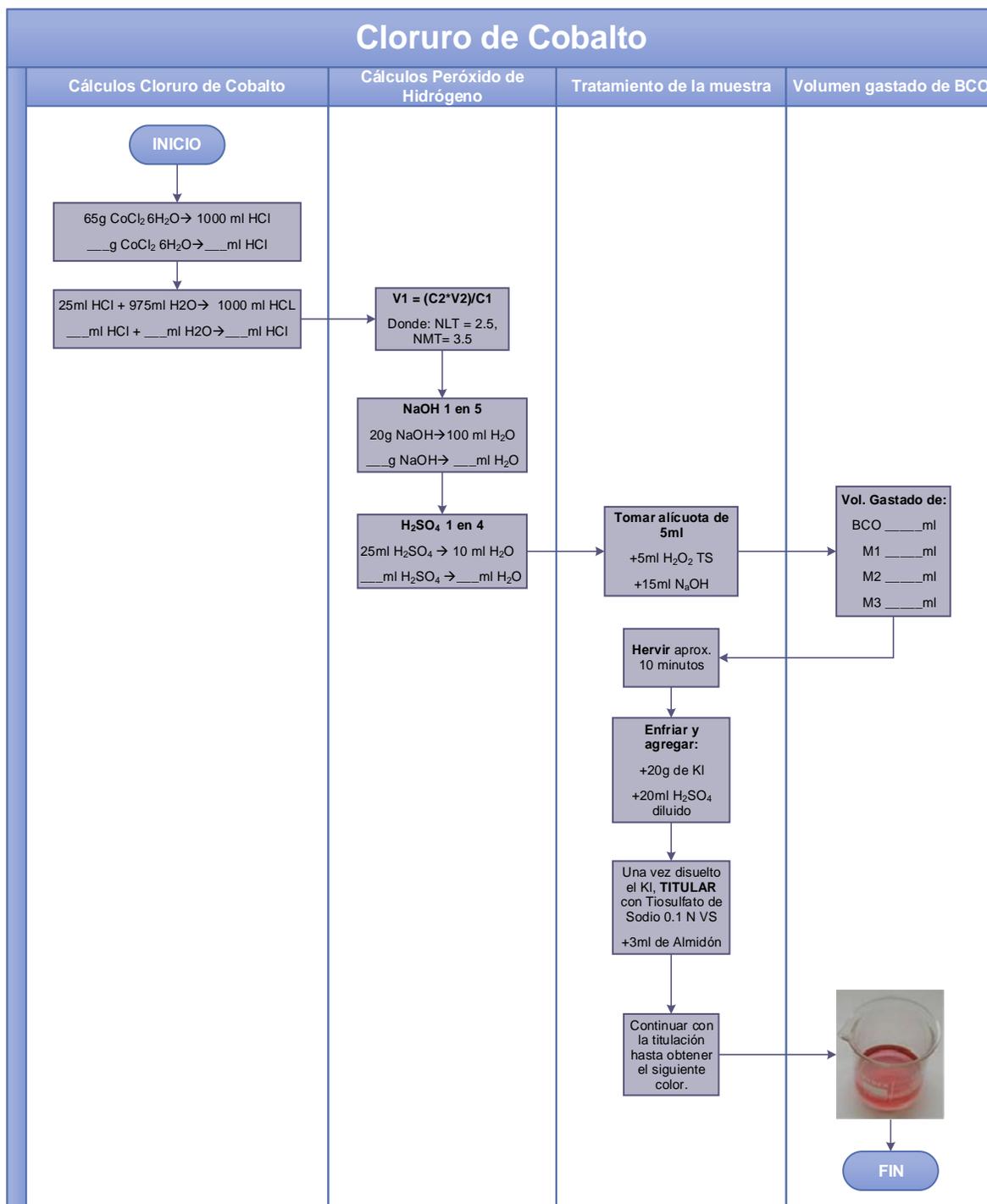


Figura 16. Diagrama de flujo de estandarización de soluciones complejas.
 [Elaboración propia]

7. La necesidad de tener un listado de condiciones críticas surge como parte de la estandarización de la preparación de soluciones, debido a la gran cantidad de actividades que debían de realizarse para preparar las soluciones valoradas (de mayor complejidad) por ello, se optó por realizar una tabla que facilitara la

consulta de todas aquellas condiciones críticas previas a la preparación de la solución.

La sección 4 se encargó de llenar dicha tabla, siguiendo la técnica analítica, desglosó y estructuró la información necesaria para tenerla como apoyo en el proceso de la preparación; en la tabla 10, se muestra cómo quedó la estructura planteada.

CONDICIONES CRÍTICAS DE SOLUCIONES VALORADAS (SV)							
Prioridad	Nombre de la solución	Concentración	Caducidad (días)	Reactivo	Condiciones	Indicador	Soluciones
1	Tiosulfato de Sodio 0.1 N	0.1 N	90	Dicromato de potasio	120°C / 4 h	Almidón TS	HCl
2	Hidróxido de Potasio alcohólico 0.5 N	0.5 N	90	La solución debe reposar	24 h	Fenofaleína TS	HCl 0.5 N
3	Ácido Clorhídrico 0.1 N	0.1 N	90	Trometamina	105°C / 3 h	Verde Bromocresol TS	NA
4	Hidróxido de Sodio 0.1 N	0.1 N	90	Biftalato de Potasio	120°C / 2 h	Fenofaleína TS	NA
5	Yodo 0.1 N	0.1 N	90	NA	NA	Almidón TS	HCl 1 N, Tiosulfato de sodio 0.1 N
6	Nitrato de Plata 0.1 N	0.1 N	90	Cloruro de sodio	110°C / 12 h	Eosina Y TS	Ácido acético, metanol
7	Ácido Clorhídrico 1 N	1 N	90	Trometamina	105°C / 3 h	Verde Bromocresol TS	NA
8	Hidróxido de Sodio 1 N	1 N	90	Biftalato de Potasio	120°C / 2 h	Fenofaleína TS	NA
9	Tiosulfato de Sodio 0.05 N	0.05 N	90	Dicromato de Potasio		Almidón TS	HCl
10	Yodo 0.05N	0.05 N	90	NA	NA	Almidón TS	HCl 1 N, Tiosulfato 0.1 N
11	Ácido Clorhídrico 0.5 N	0.5 N	90	Trometamina	105°C / 3 h	Verde Bromocresol TS	NA
12	Hidróxido de Sodio 0.5 N	0.5 N	90	Biftalato de Potasio	120°C / 12 h	Fenofaleína TS	NA
13	Ácido Perclórico 0.1 N	0.1 N	90	Biftalato de Potasio	120°C / 2 h	Cristal Violeta TS	Ácido acético.
14	Ácido Sulfúrico 1 N	1 N	90	Trometamina	105°C / 3 h	Verde Bromocresol TS	NA
15	Ácido Sulfúrico 0.2 N	0.2 N	90	Trometamina	105°C / 3 h	Verde Bromocresol TS	NA
16	Tiosulfato de Sodio 0.01 N	0.01 a 0.05 N	47	Dicromato de potasio		Almidón TS	HCl
17	Yodo 0.01 N	0.01 N	22	NA	NA	Almidón TS	HCl 1 N, Tiosulfato de sodio 0.1 N

Tabla 10. Condiciones críticas de soluciones. [Elaboración Propia]

8. Esta actividad que fue de las menos críticas, pero no por eso menos importante, se propuso tener el principal material de vidrio e insumos en el lugar de trabajo de la sección 4, con el objetivo de tener menos traslados y con ello disminuir el tiempo de preparación.



El tema está ligado con la **metodología de las 5's** que se implementó como un proyecto aparte dentro de las células de trabajo. Mantener la mayoría del material de vidrio e insumos de alta demanda en las gavetas fue un punto importante para optimizar los tiempos de este proceso. La mesa, cajón y gavetas principales de la sección 4 se mantuvieron en orden para disminuir los traslados y tiempo en la búsqueda del principal material.

9. Para la última actividad se planteó realizar un sistema de **kit de soluciones para pruebas generales** como: metales pesados, arsénico, plomo, sulfatos y cloruros, estas pruebas se encuentran en la mayoría de las pruebas químicas de



las materias primas, por ello se optó por implementar esta opción, ya que las secciones que tuvieran que realizar esas pruebas no tendría que buscar una a una las soluciones, únicamente bastaría con buscar el kit

para empezar a realizar el análisis químico sin desperdiciar tiempo en la búsqueda o preparación de éstas.

Algunas de las actividades antes descritas, se trabajaron en paralelo para tener en el menor tiempo posible el control del stock de las soluciones químicas. Se requirieron 8 meses para el desarrollo del proyecto. A continuación se muestra el **Diagrama de Gantt** de las actividades realizadas:



Figura 17. Diagrama Gantt implementación de actividades. [Elaboración propia]

Controlar

Una vez concluidas las actividades de mejora, se planteó en conjunto con el coach de la célula de materia prima, sección 4 y equipo Lean Lab, dos tareas de control que se describen a continuación:

1. Revisión periódica para conocer el estado del proceso a fin de mantener los objetivos planteados del proyecto.

Una vez a la semana se realizó una revisión interna, la cual arrojó resultados tanto de la administración del stock de soluciones como del contenido de trabajo de la sección 4, pues dicha sección presentaba continuamente

sobresaturación de trabajo, ya que además de preparar y administrar el stock de las soluciones también tenía la responsabilidad de preparaba soluciones MTO, es decir, aquellas soluciones sin vigencia, que por sus propiedades físico-químicas debían utilizarse en el momento en el que se estuvieran realizando las pruebas. La figura 18 muestra el formato que se utilizó para la revisión del proceso durante 8 semanas:

Revisión Semanal Stock de Soluciones														
ACTIVIDAD A REVISAR	RESPONSABLE PROCESO	REVISOR	FRECUENCIA								Total	%	OBSERVACIONES	
			Semanas											
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8				
1	Programación de soluciones por semana de cada MP	Victor G.	Jazmin S.	3	2	3	4	3	4	4	5	28	70%	No hay una asignación de roles y responsabilidades.
2	Actualización de la BD de stock de soluciones.	Victor G.	Jazmin S.	1	1	3	2	2	3	4	4	20	50%	De las 44 soluciones a controlar en los primeros 3 meses, solo 33 se mantenían actualizadas, debido que no se tenía un día específico para actualizar la BD.
3	Señal de reabastecimiento en cada frasco de solución preparada.	Victor G.	Jazmin S.	5	5	4	3	3	3	3	4	30	75%	Faltan definirse las cantidades del punto de reorden de las soluciones. La cinta que se les coloca se despegas después de que se lavan los frascos.
4	Frascos graduados para revisar el consumo de cada solución.	Victor G.	Jazmin S.	5	5	5	4	4	4	3	4	34	85%	No todos los frascos están graduados, y al hacerlo con cinta se pierde mucho tiempo pues en cada lavada se despegas o borra la graduación.
5	Utilización del sistema de tarjetas con nombres de todos los analistas que ocupan soluciones en el stock.	Todos	Jazmin S.	1	1	1	2	2	3	1	1	12	30%	solo 2 químicos analistas utilizan el sistema, los demás confiezan que se les olvida por las "apuraciones" que tienen durante el día.
6	Estandarización del proceso de preparación de soluciones más complejas (SV).	Victor G.	Jazmin S.	1	1	2	2	2	2	3	3	16	40%	Se tienen ya varios borradores a mano, los cuales deben pasarse en limpio para dejarlos como material de apoyo en el proceso de prep. De sol.
7	Utilización del listado de condiciones críticas para las soluciones de mayor complejidad	Victor G.	Jazmin S.	5	5	4	5	5	5	5	5	39	98%	El listado se tiene a la mano y realmente funciona como una herramienta de consulta para la preparación de soluciones.
8	Tener el principal material para preparar soluciones en la zona de trabajo.	Victor G.	Jazmin S.	5	5	4	4	4	5	5	5	37	93%	Salvo los frasco que se utilizan para envasar las soluciones todo el demás material se tiene a la mano.
9	Utilizar el sistema específico de stock en Kits de soluciones de pruebas generales como: Metales Pesados, Arsénico, Plomo, Sulfatos y Cloruros.	Victor G.	Jazmin S.	1	2	2	2	3	2	2	1	15	38%	Algunas soluciones de estos kits son las del listado de control, lo cual confunde a lo químicos analistas, si deben tomar las soluciones de las gavetas o de los kits.
10	Qué tan frecuente se localizan en el anaquel las soluciones en la cantidad necesaria para las pruebas.	Todos	Jazmin S.	5	5	5	4	4	3	2	2	30	75%	Por lo menos las primeras 20 soluciones del listado se controlan sin problema, pero las otras 24 llegan a presentar desabasto debido a la Carga de trabajo que presenta la sección 4 con las soluciones MTO.
11	Qué tan frecuente se localizan vigentes en el anaquel las soluciones que se utilizan en las pruebas.	Todos	Jazmin S.	5	5	5	5	5	5	5	5	40	100%	Debido a que es mucho más fácil controlar las soluciones con fecha de caducidad y al tenerlas programadas de manera visible este punto se cumple al 100%.
REALIZADO POR: Jazmin Serralde Muñoz				REVISADO Y APROBADO POR: _____										
FECHA: _____				FECHA: _____										

Figura 18. Formato revisión semanal del stock de soluciones. [Elaboración Propia]

Dada la situación antes descrita, se comenzaron a evaluar contenidos de trabajo para cada materia prima, en donde de manera específica se desglosó por cada prueba: *las soluciones, condiciones y tiempos que estas requerían para ser preparadas*, de aquí surge la segunda tarea de control que se describe a continuación:

2. Se creó un formato en el cual fue descargada la información por cada materia prima, ésta fue revisada por una persona del equipo Lean Lab, quien contaba con el “expertis” en varias pruebas de materias primas que eran de mayor frecuencia. En el mismo formato se fueron determinando los roles y responsabilidades, pues como se comentó anteriormente el dueño del proceso de preparación de soluciones estaba sobresaturado de trabajo.

En el caso donde los análisis eran muy largos (en tiempo) y complejos (en método) se decidió que las soluciones MTO involucradas en esas pruebas se realizarán por la sección 4, quién además debía programar, realizar y mantener el stock del listado de 44 soluciones “críticas” MTS. También se acordó que para métodos menos complejos, las soluciones serían realizadas por el personal de las otras secciones de la célula de materia prima.

La figura 19 muestra un ejemplo del contenido de trabajo que se estructuró en las tarjetas llamadas “Role Cards” dichas tarjetas se entregaron a cada persona del equipo de la célula para que todos siguieran el mismo plan de trabajo.

Una vez empezado este tema, se le pidió a todo el equipo colocar el tiempo real en el que efectuaban sus actividades enlistadas en las tarjetas ya que el tiempo que aparece en ellas es sólo uno propuesto por la persona del equipo Lean Lab experta en este proceso.

SORBITOL SOLUCIÓN USP MP S33		Tiempo (min.)	Tiempo Real (min.)
Sección 1			
2 Analistas	Límites de Niquel. S4: Pirrolidina ditiocarbamato de amonio (10 mg/ml), Ácido Acético Diluido QA: solución std (0.5, 1, 1.5 mL). <i>Cálculo en base anhidra.</i>	120	
	Identificación C: CG (Límite de Etilenglicol y Dietilenglicol). QA: Acetona:H ₂ O, (96:4)	60	
	Ensayo: D-Sorbitol e Identificación B (CG). <i>Salen juntas.</i>	60	
Sección 2			
2 Analistas	Identificación A (Color). QA: Catecol Solución Fresca (1 en 10)	10	
	pH	40	
	Conductividad FEUM	15	
	Aspecto de la Solución FEUM	20	
	Color de la Solución	20	
	Azúcares Reductores. QA: Mezcla de HCl:H ₂ O (6:94), S4: Muestra anhidra, Citrato Cúprico TS, Ácido Acético diluido, Yodo 0.05 N VS, Tiosulfato de Sodio 0.05 N VS, Almidón TS.	40	
	Plomo	60	
Armado de Reporte	15		
Sección 3			
1 Analista	Descripción	5	
	Agua (KF), Método I	60	
	Residuo de Ignición. <i>Calculado en base anhidra</i>	60	
	Solventes Residuales	5	
HORA HOMBRE		<i>Tiempo total (min.):</i>	590
		<i>Tiempo total (hrs.):</i>	9.83

Figura 19. Role Card – Balanceo de Trabajo. [Elaboración propia]

Determinar el contenido de trabajo por materia prima, implicaba no sólo asignar actividades para cada sección de la célula sino aprovechar los tiempos definidos y la visualización de todas las soluciones a utilizarse por materia prima, con el fin de balancear la carga de trabajo cada vez que se tuvieran que analizar materias primas simultáneamente, con gran contenido de trabajo. Esto permitiría al coach de la célula a tomar decisiones mucho más rápidas y efectivas a la hora de asignar fechas compromiso para la liberación diaria de materias primas, y tener cumplimiento al

100% no a costa de tener al equipo de la célula trabajando jornadas laborales extenuantes.

Para comenzar a trabajar con las Role Cards fue necesario conocer el 80 – 20 de las 180 técnicas analíticas de materias primas existentes en el laboratorio. Dicha actividad se realizó tomando en cuenta los lotes analizados de agosto del año uno a agosto del año dos (del presente estudio), esto nos permitió saber con qué materias primas empezar a realizar los contenidos de trabajo iniciando con aquellas que tuvieran la mayor cantidad de lotes analizados en ese año de estudio. A continuación se presenta una parte del análisis realizado en Excel.

# ID	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO FORMULA	# LOTES AGO 12 - AGO	% INDIVIDU	%ACUMU LADC	ROLECARD	CONTENIDO DE TRABA
1	ACETAMINOFEN MICROCAPS4037MALL	MPA105-1	18	3.25%	3.25%	x	480 min
2	DIPROPIONATO BETAMETASONA EST	MPD22-6	17	3.07%	6.33%	x	515 min
3	BETAMETASONA USP MICRONIZADA	MPB14-5	14	2.53%	8.86%	x	475 min
4	ACETATO BETAMETASONA ESTERIL	MPA85-5	13	2.35%	11.21%	x	385 min
5	DIP BETAMET USP MIC (CRYS PHA)	MPD26-2	13	2.35%	13.56%	x	
6	CLOTRIMAZOL USP MICRONIZADO	MPC18-10	11	1.99%	15.55%	x	555 min
7	LORATADINE MICRONIZADO	MPL07-7	11	1.99%	17.54%	x	515 min
8	DES Loratadina micronizada	MPD25-7	8	1.45%	18.99%	x	460 min
9	SALICILATO DE HOMOMETILO	MPS02-5	8	1.45%	20.43%	x	170 min
10	FOSFATO SOD.MONOBA MONOHID USP	MPF10-7	7	1.27%	21.70%	x	520 min
11	FUR.MOMET.USP ANH.MICRO.MMF-XN	MPM15-7	7	1.27%	22.97%	x	460 min
12	TOLNAFTATO USP	MPN01-6	7	1.27%	24.23%	x	355 min
13	GLICERINA USP	MPG02-15	7	1.27%	25.50%	x	1232 min
14	ALCOHOL BENCILICO NF P/COPP	MPA31B-12	7	1.27%	26.76%	x	600 min
15	SORBITOL SOLUCION USP	MPS33-12	7	1.27%	28.03%	x	590 min

Figura 20. Tabla Pareto 80 – 20 de materias primas para definir los contenidos de trabajo. [Elaboración Propia]

Esta actividad fue la última que realicé para el proyecto del supermercado de soluciones. Con las “Role Cards” concluidas se podría balancear el contenido de trabajo diario no sólo de la sección 4 quien preparaba las soluciones MTS y algunas MTO sino también de las otras secciones que además de realizar los métodos de sus pruebas analíticas debían preparar las soluciones MTO que requerían para su análisis químico.

A mediados del mes de diciembre concluyó la renovación de contrato de los becarios del área de los laboratorios, por lo cual la creación de las Role Cards sería la última actividad que realizaría para el supermercado de soluciones.

El estatus de esta actividad quedó como se presenta a continuación:

	Role Card Creadas	Role Card Totales	% Avance
Cuenta del 80%	56	93	60%
Cuenta del 20%	33	87	38%
Total	89	180	49%

Tabla 11. Estatus de la creación de Role Cards. [Elaboración Propia]

Sinergizar

Dentro de la empresa existe el área de mejora continua llamada **MPS (Merck Production System)**, la cual se encarga de evaluar proyectos, dar herramientas y entrenamiento de Lean Manufacturing y Six Sigma.

Cada año es lanzada una convocatoria para que cualquier empleado, de cualquier área, pueda obtener una certificación Yellow Belt presentando un proyecto que mejore algún proceso en la planta.

Cuando el proyecto se encontraba en la fase “mejorar” el coach de MPS Regional del área de calidad, nos hizo la sugerencia de participar en la convocatoria de las certificaciones Yellow Belt, a fin de compartir el trabajo realizado por el equipo. Participamos en la convocatoria de ese año, siendo el supermercado de soluciones uno de los proyectos elegidos para obtener la certificación pero, debido a la reestructuración de personal en las distintas áreas, las fechas para la certificación se fueron posponiendo. Al final las fechas se empalmaron con la culminación de mi periodo como becaria, por lo que no pude obtener la certificación de la empresa, pero si logré obtenerla en la materia de Reingeniería de Sistemas de la UNAM presentando el mismo proyecto.

Conceptos teóricos aplicados en el campo laboral.

Tema	Descripción	Resultados
<i>Lean Manufacturing</i>	<p>En Lean Manufacturing existen tres conceptos principales: la eliminación de desperdicio, la implementación del flujo (por medio de takt time, programación nivelada, o vallas flexibles) y la implementación del Sistema Pull para permitir que el cliente sea quien jale la producción.</p>	<p>La programación de las soluciones controladas eliminó completamente la duplicidad en el stock. 20 de las 44 soluciones controladas en stock que se desechaban completas al término de su vigencia, al mantener el control de estas, solo 5 soluciones siguieron presentando este problema. El 63% del total de las materias primas (178 de 283) requerían soluciones valoradas, las cuales retrasaba la entrega del reporte hasta 1 turno (8 h). Se identificó en un periodo de un mes que tres de las MP con mayor cantidad de lotes a analizar por mes (30 lotes) ya se entregaban en el tiempo establecido, sin tener atraso en la entrega del reporte de expedición de resultados.</p>
<i>Sistema Pull</i>	<p>Es un sistema que no está basado en pronósticos sino en órdenes de los clientes. Algunos puntos importantes del sistema Pull son:</p> <p>Reducción de tiempo de entrega</p> <p>Sistemas de programación sencillos, generalmente un sólo punto de programación y el resto de las estaciones de trabajo se alinean con este punto de programación en lugar de programar cada una por separado.</p>	<p>Para reducir los tiempos de entrega de las soluciones valoradas además de ser programadas se diseñó un formato en forma de diagrama de flujo que plasmaba paso a paso la metodología del documento oficial pero de forma desglosada, visual y de fácil uso, incluyendo cálculos e incluso una foto de la solución química final. El tiempo invertido desde que se consultaba la farmacopea hasta antes de comenzar a preparar la solución era en promedio de 50 min. Con el uso de este formato, la sección 4, logró disminuir el tiempo de preparación del cloruro de cobalto de 1 h a tan sólo 15 minutos, ya que no tenía que buscar, leer y realizar los cálculos desde la farmacopea una y otra vez. Reducción de tiempo de entrega = 75% de una solución piloto. La idea es realizar los diagramas de flujo de cada una de las soluciones controladas a fin de reducir los tiempos de entrega de cada una de ellas.</p>
<i>Supermercado</i>	<p>Se trata de un inventario limitado, generalmente de varias partes, cada una de las cuales tiene un punto de re-orden, un tamaño máximo permitido de inventario y un tamaño de lote de re-abastecimiento.</p>	<p>Para determinar el inventario limitado se obtuvo por medio del master plan el listado de materias primas que requerían preparación de soluciones en un periodo de tres meses. De esas soluciones se determinó cuáles tenían caducidad, cuáles no y en qué cantidades se habían preparado y utilizado. En resumen de las 283 materias primas contempladas en el periodo de estudio (enero-abril), 194 requirieron preparación de soluciones (69%) y sólo 27 utilizaron soluciones MTS en diferentes pruebas, un total de 94 soluciones con caducidad fueron utilizadas en ese periodo de tiempo. Debido a que no todas las soluciones se</p>

		<p>utilizaban frecuentemente y dependían directamente de las materias primas a analizar, el equipo experto de Lean Lab propuso seleccionar de esas 94 soluciones sólo aquellas que tenían un impacto considerable en los procesos del laboratorio, esto con el fin de tener un listado mucho más manejable. Entendido esto, se determinó un listado final de 44 soluciones.</p>
<p>Sistema Productivo MTO/MTS</p>	<p>Un caso particular y que requiere una política específica lo constituye un sistema productivo en el que se balancean las ventajas y desventajas de fabricar contra pedido y para stock, dando lugar a un sistema mixto MTO/MTS. Ésta combinación produce una flexibilidad organizacional importante, que requiere de una gran flexibilidad operativa y una adecuada optimización para que sea eficiente en costos.</p>	<p>Se definió un sistema de soluciones por órdenes “make-to-order/MTO y un sistema de soluciones para inventario “make-to-stock”/MTS. Se decidió clasificarlas de esta forma ya que cumplían varios puntos del concepto: las primeras son aquellas que se preparan al momento, es decir, que no tienen vigencia y que por sus propiedades físicas y químicas deben de utilizarse en el momento en el que se está realizando la prueba. Las MTS son aquellas soluciones que pueden ser almacenadas en un stock ya que de acuerdo a su estudio, éstas siguen conservando sus propiedades para realizar los análisis en periodos de hasta 90 días como máximo y 7 días como mínimo, dependiendo el tipo de solución.</p>
<p>Kanban</p>	<p>Son controles físicos que pueden tomar diferentes formas (tarjetas, carros, charolas, etc.) que representan una cantidad de piezas que se han de “jalar”. Funcionan para controlar el flujo de materiales de materiales (entre células y dentro de las células) dentro de un sistema pull, la cantidad de kanbans o controles, dependen del número de presentaciones, la variabilidad de la demanda o la cantidad de producto en proceso requerida.</p>	<p>La aplicación de Kan Ban se llevó a cabo con las tarjetas llamadas “Role Cards” en las cuales se determinó el contenido de trabajo que se estructuró con ayuda de una persona experta en el proceso, definiendo las soluciones por materia prima de acuerdo a la monografía de cada una. Dichas tarjetas se entregaban a cada persona del equipo de la célula para que todos siguieran el mismo plan de trabajo.</p> <p>Determinar el contenido de trabajo por materia prima, implicaba no sólo asignar actividades para cada sección de la célula sino aprovechar los tiempos definidos y la visualización de todas las soluciones a utilizarse por materia prima, con el fin de balancear la carga de trabajo cada vez que se tuviera que analizar simultáneamente las de gran contenido de trabajo.</p> <p>Para esta tarea fue necesario conocer el 80 – 20 de las 180 técnicas analíticas de materias primas existentes en el laboratorio. Dicha actividad se realizó tomando en cuenta los lotes analizados de agosto del 2012 a agosto del 2013. Esto nos permitió saber con qué materias primas comenzar a realizar las tarjetas.</p> <p>El avance en los dos meses que trabajé con esta actividad quedó de la siguiente manera:</p>

			Role Card Creadas	Role Card Totales	% Avance																						
		Cuenta del 80 %	56	93	60%																						
		Cuenta del 20%	33	87	38%																						
		Total	89	180	49%																						
Flex Fences (Vallas Flexibles).	<p>Son rangos en los incrementos de la demanda a los cuales los proveedores pueden responder en corto tiempo. Esto implica muchas veces que alguien en la cadena tiene que mantener un stock.</p>	<p>Aunque el listado de soluciones críticas se determinó con todas las consideraciones del análisis de datos, se agregaron soluciones ajenas al estudio debido a que estaban ligadas a nuevas materias primas que comenzaron a utilizarse en producción.</p> <p>El control de la caducidad de soluciones en un periodo de cuatro dos meses se mantuvo al 100% mientras que el de la cantidad fue de 75% pues sólo 25 de las 44 soluciones con alto impacto eran administradas de manera correcta, ya que la sección 4 además de preparar y administrar soluciones MTS también preparaba soluciones MTO para las demás secciones, esto ocurrió por no determinar correctamente el alcance de dicha sección.</p>																									
Supermercados de productos terminados	<p>Estos productos se almacenan hasta un cierto nivel establecido a través de máximos y mínimos, y se surten conforme son retirados del supermercado. Tal sistema es usado cuando no es posible establecer un flujo continuo.</p> <p>Si se toma algo del supermercado, tiene que ser surtido inmediatamente por el proceso anterior con la misma cantidad que se tomó.</p>	<p>La ventaja del supermercado de soluciones era que al programar y realizar cantidades de acuerdo a la demanda histórica de estas, garantizaba al 100% cualquier pico en el consumo. Cuando se presentaban casos en los que la solución se consumía completamente antes de lo previsto, el dueño del proceso sólo tenía que surtir nuevamente la misma cantidad de esa solución y seguir con la planeación de las demás. También cuando la solución llegaba a su punto de re orden la sección 4 sólo debía surtir nuevamente la misma cantidad. Eran las principales señales para mantener un stock en forma de supermercado.</p>																									
Reabastecimiento / cantidad de re orden/ punto de re orden	<p>Se ordena cuando se tiene una cantidad de inventario cuyo tiempo estimado de agotamiento es cercano (por encima) al tiempo de entrega de producto para volver a elevar el inventario a una cantidad específica.</p>	<p>El tiempo promedio de la preparación para cada uno de los 4 tipos de soluciones (SV, SNV, SR Y SI) que formaban parte del listado de las 44 soluciones a controlar, se visualiza en la siguiente tabla:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de solución</th> <th># de soluciones</th> <th>%</th> <th>Tiempo de preparación [h]</th> <th>Caducidad [días]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SV</td> <td>20</td> <td>45%</td> <td>3 h</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>SNV</td> <td>14</td> <td>32%</td> <td>1.5 h</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>SR</td> <td>8</td> <td>18%</td> <td>1 h</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>SI</td> <td>2</td> <td>5%</td> <td>0.5 h</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de solución	# de soluciones	%	Tiempo de preparación [h]	Caducidad [días]	SV	20	45%	3 h	90	SNV	14	32%	1.5 h	90	SR	8	18%	1 h	60	SI	2	5%	0.5 h	60
Tipo de solución	# de soluciones	%	Tiempo de preparación [h]	Caducidad [días]																							
SV	20	45%	3 h	90																							
SNV	14	32%	1.5 h	90																							
SR	8	18%	1 h	60																							
SI	2	5%	0.5 h	60																							

		<p>Considerando estos datos las soluciones valoradas al representar un 45% y tener el mayor tiempo de preparación, fue muy importante determinar el nivel de re orden para este tipo de soluciones. Para ello se consideró el comportamiento de la demanda mensual de las soluciones, conociendo los registros de la preparación en las bitácoras, tiempos de preparación y también tomando en cuenta las recomendaciones de las personas con más “expertis” en este proceso.</p>
<p>Metodología DMAIC</p>	<p>Sistema que brinda mejoras medibles a procesos existentes que caen por debajo de sus especificaciones. La metodología DMAIC puede ser usada cuando un producto o proceso no está alcanzando las especificaciones de los clientes o de lo contrario no rinde de forma adecuada.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definir los objetivos del proyecto y las entregas tanto para los clientes como externos. 2. Medir el proceso para determinar el rendimiento actual. 3. Analizar y determinar la causa(s) principal(es) de los defectos. 4. Mejorar los procesos eliminando los defectos. 5. Controlar el rendimiento de los procesos futuros. 6. Este paso extra se realiza para asegurar que las ganancias que un equipo Six Sigma ha realizado son compartidas con la totalidad de la organización. 	<p>Las soluciones químicas al formar parte de la metodología en las diferentes pruebas que se realizan por materia prima y dados los diferentes tipos que existen, la demanda de su consumo, sus propiedades físico-químicas para ser almacenadas en ciertos periodos de tiempo, la complejidad de su preparación, los desperdicios de tiempo-materiales-espacio, la duplicidad de las soluciones más consumidas y la falta de programación para el reabastecimiento de dichas soluciones, retrasaban la entrega del reporte en el que se expiden los resultados de cumplimiento hasta un turno de 8 h por el simple hecho de no tenerlas disponibles en el momento de ser ocupadas. Todos estos puntos de oportunidad identificados por el equipo Lean Lab fueron determinantes para realizar mejoras medibles con ayuda de la metodología DMAIC.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El primer paso fue determinar el A3 - Problem Solving para definir formalmente la problemática del proceso, el alcance y beneficios del proyecto. 2. Para medir el proceso fue necesario saber qué materias primas requerían preparación de soluciones en un periodo de estudio de tres meses y de esas soluciones conocer cuales tenían caducidad, cuáles no y qué cantidades se habían preparado y utilizado. 3. El resultado del análisis en los tres meses de estudio, arrojó que 94 soluciones con caducidad se utilizaron en ese periodo de tiempo. Debido a que no todas las soluciones se consumen con frecuencia y que también dependen directamente de las materias primas a analizar, el equipo experto de Lean Lab propuso seleccionar de esas 94 soluciones sólo aquellas que fueran relevantes en los procesos, esto con el fin de tener un listado mucho más manejable para empezar a controlarse. 4. Para este punto se llevó a cabo una Lluvia de ideas entre el equipo Lean Lab y el equipo de la Célula de

		<p>Materia Prima para plantear mejoras del proceso de preparación de soluciones. Con este planteamiento de ideas, y teniendo ya definidos los requerimientos clave que satisfacen al cliente (CTQ's) se realiza una matriz de priorización para determinar el orden de las actividades que habrían de empezarse a trabajar.</p> <p>5. Una vez hechos los puntos de mejora que empujan a una optimización del proceso, se definió con el coach de la célula de materia prima, el dueño del proceso de preparación de soluciones y el equipo Lean Lab elaborar una revisión interna para conocer el estado del proceso a fin de mantener en pie el supermercado de soluciones.</p> <p>6. Cuando el supermercado estaba en la fase "mejorar" el coach de MPS de los laboratorios nos propuso participar en la convocatoria de las certificaciones Yellow Belt, con el fin de compartir el trabajo realizado por el equipo con la organización.</p>
--	--	---

CONCLUSIONES GENERALES

Para conocer el estado de la implementación del stock de soluciones, la revisión que se realizó entre septiembre y octubre de ese año fue determinante para realizar las siguientes conclusiones:

Sólo 4 de las 11 actividades realizadas con el formato de revisión stock de soluciones de la figura 8, tuvieron un porcentaje por arriba del 80%.

1. Mantener todos los frascos graduados.
2. La utilización del listado de condiciones críticas.
3. Tener el principal material para preparar las soluciones en el lugar de trabajo.
4. Mantener con fecha de caducidad vigentes las soluciones.

Estos puntos se mantuvieron en gran parte por la constancia con la que se llevaron a cabo las actividades 2 y 4 durante el proceso y también por el apoyo que el equipo Lean Lab le proporcionó a la sección 4 para sostener las actividades 1 y 3.

Aunque uno de los objetivos específicos del proyecto fue garantizar siempre el abastecimiento de las distintas soluciones, en donde la vigencia y cantidad forman parte de los principales puntos a controlar; sólo uno de ellos (el de la vigencia) se mantuvo al 100% mientras que el de la cantidad estuvo en un 75% de cumplimiento. De este último punto, al revisar los registros en la base de datos de cuatro meses, sólo 25 soluciones con alto impacto eran administradas de manera correcta, pues la sección 4 además de preparar y administrar soluciones MTS también preparaba soluciones MTO para todas las demás secciones. Esto ocurrió debido a que no se determinó de manera correcta el alcance de dicha sección. Por ello, se comenzó a trabajar más adelante en los contenidos de trabajo de la célula de MP.

Una vez realizado el balanceo de trabajo por sección, se tendría que revisar el proceso nuevamente para conocer el nivel de cumplimiento al que llegó el abastecimiento en cantidad del listado de las 44 soluciones.

En cuanto a los demás puntos:

5. La programación en el calendario de las soluciones (70%).
6. La actualización de la base de datos (50%)
7. El formato de estandarización del proceso de preparación de soluciones más complejas (40%) y,
8. El uso de los kit de soluciones de pruebas generales como: metales pesados, arsénico, plomo, sulfatos y cloruros (38%) fueron actividades que tuvieron un cumplimiento por debajo del 80%, debido a la falta de tiempo para mantener actualizadas todas estas actividades por una sola persona.

El mayor reto del proyecto fue implementar de manera casi inmediata las actividades identificadas como puntos de mejora sin ningún tipo de financiamiento, ya que de esto dependía la estabilización del proceso end to end en las métricas de cumplimiento de liberación de lotes. Aunque dicha métrica nunca estuvo por debajo del 95% esto siempre fue posible gracias a las más de 8 h diarias que el equipo de la célula de MP invertía en realizar los diferentes análisis físico-químicos para la liberación de lotes de materias primas.

Definir un punto de re orden aproximado para cada solución fue un tema crucial para controlar de manera más eficiente el stock de soluciones; por ello de las 94 que se definieron como “críticas” sólo a 69 se les determinó su punto de re orden considerando al comportamiento de la demanda mensual, conociendo los registros de la preparación en las bitácoras, tiempos de preparación y también tomando en cuenta las recomendaciones de las personas con más “expertis” en la preparación de soluciones. El resto de las soluciones se definieron como soluciones “bajo pedido o MTO” ya que sólo se requerían para ciertas materias primas que llegaban una vez cada dos o tres meses.

SUGERENCIAS

Controlar las variables de mayor impacto para el proceso fue un punto decisivo para la implementación del proyecto, pues no sólo ayudó a mejorar el proceso de reabastecimiento rápidamente sino que también se observó una considerable disminución de desperdicios, que durante el proyecto no fue posible medir efectivamente.

Considerando como siguientes pasos:

1. La medición formal de la cantidad desperdiciada.
2. El cálculo de la cantidad óptima de preparación.
3. Los costos involucrados de preparación y desperdicios.
4. El cálculo formal del punto de re orden de las soluciones críticas.

Para ello se sugiere utilizar el modelo EOQ (Cantidad Económica de Pedido) con el cual se tomarán en cuenta las cantidades de materiales utilizados, tiempos de preparación, la demanda de cada tipo de solución al año, el costo hora hombre y tiempo invertido en la preparación de cada solución, al menos de las 30 soluciones con mayor impacto en los procesos.

La idea de poder medir lo anterior, proporcionará una mayor visión para decidir cómo optimizar de una manera más eficiente el proceso de la preparación de soluciones.

La figura 21 muestra un ejemplo de cómo se estaría realizando la aplicación de un modelo analítico para la administración óptima de cada una de las soluciones químicas.

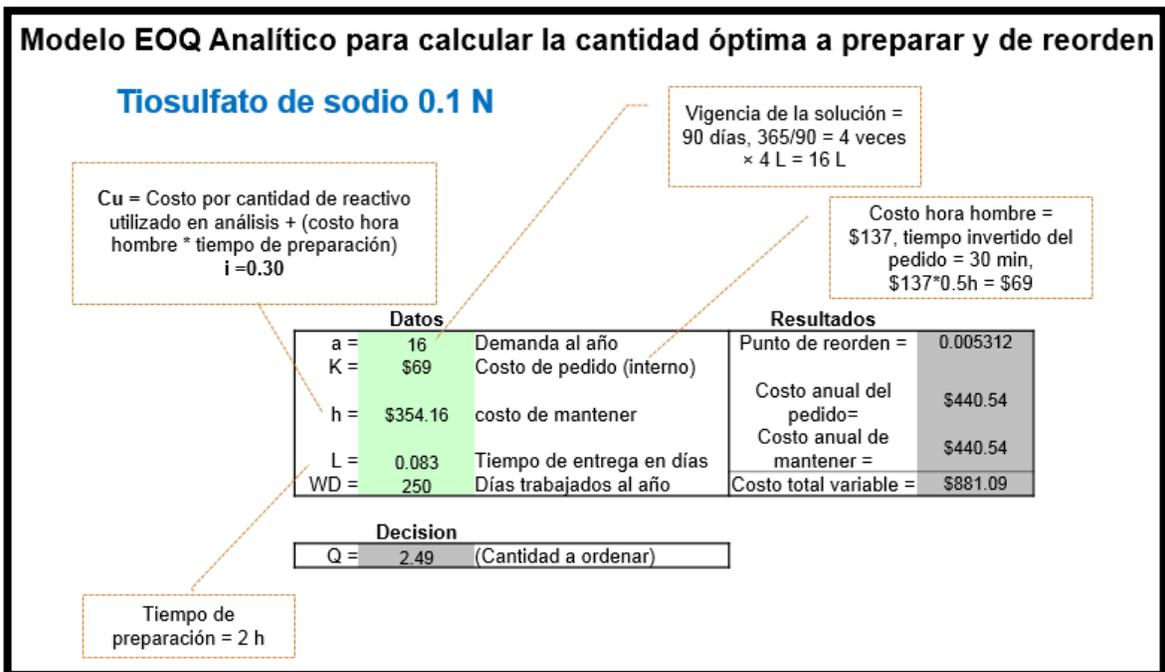


Figura 21. Ejemplo modelo EOQ analítico. [Elaboración propia]

Calculo de costos de una solución química.

Tiosulfato de Sodio 0.1 N	Cantidad a utilizar (gr)	Precio unitario del reactivo	Costo por cantidad utilizada	Costo hora-hombre	Tiempo de preparación (horas)
Tiosulfato de Sodio (250 g)	10	786	31.44		
Carbonato de Potasio (500 g)	2	1183	4.732		
Dicromato de potasio	3	246.55	1.4793		
Yoduro de Potasio (1000 g)	14	1183	16.562		
Bicarbonato de Sodio (500 g)	5	1183	11.83		
Ácido Clorhídrico (2.5 L)	30	336.5	4.038		
Almidón (250 g)	3	840	10.08		
			80.1613	137	2

Tabla 12. Costos de preparación Tiosulfato de Sodio 0.1 N. [Elaboración Propia]

Costo por cantidad de reactivo utilizado + (costo hora hombre * tiempo de preparación) = $80.1613 + (137 * 2) = \$ 354.1613$.

El análisis de los costos nos permitirá llevar al máximo posible la cuantificación de beneficios y costos en términos monetarios.

CAPÍTULO IV

Materias de la carrera Ingeniería Industrial aplicadas en el campo laboral.

INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD

Entender, diseñar y crear métricas para medir los distintos procesos de análisis químicos en las diferentes células de trabajo de los laboratorios de control químico y biológico del área de calidad fue una de las actividades que apliqué en el campo laboral visto en algunos conceptos de esta materia.

Evaluación de la capacidad del sistema de inventario de soluciones químicas requeridas en los procesos de análisis de materias primas, analizando el grado en el que se aprovechan los recursos utilizados. Con la implementación de Lean Manufacturing en el proceso de abastecimiento de soluciones químicas, se tiene una liberación de materias primas mucho más eficiente y efectivo, mejorando los estándares del área de calidad y manteniendo al 100% la métrica de cumplimiento de liberación de lotes.

PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA

Realizar análisis de datos con tablas de distribución de frecuencias, para conocer demanda, consumo y re abastecimiento de materiales, soluciones químicas, materias primas, utilizando los datos históricos y recientes para procesos de: análisis químicos, sistemas de inventarios (de materiales de vidrio, insumos, soluciones químicas), tarjetas kanban y tarjetas de trabajo estandarizado.

ESTUDIO DEL TRABAJO

Durante la práctica profesional se realizaron diagramas de: proceso, recorrido (Spaguetti), actividades múltiples y Value Stream Mapping (técnica gráfica que permite visualizar todo un proceso, permite detallar y entender completamente el flujo tanto de información como de materiales necesarios para que un producto o servicio llegue al cliente.)

Se realizó un estudio de tareas para conocer los procesos, análisis de movimiento-tiempo para realizar trabajo estandarizado. Para el diseño de las células de trabajo, la valoración del ritmo de trabajo o "Take Time" (ritmo en que los productos deben ser completados o finalizados para satisfacer las necesidades de la demanda) fue

un punto muy importante para la implementación de dichos sistemas productivos en el proceso del análisis de materias primas, producto terminado y graneles. Se realizó también balanceo de trabajo en las distintas secciones de la célula de materia prima, considerando tiempos y recorridos en los procesos de análisis químicos y preparación de soluciones.

PROCESOS INDUSTRIALES

Se realizaron diagramas de flujo de los distintos procesos de análisis químicos y de actividades dentro de dicho análisis. En cuanto al proyecto del supermercado de soluciones se realizó el mapeo de proceso actual y futuro de la preparación de soluciones desde que se conocía la programación semanal de materias primas hasta la entrega o resguardo de las soluciones en su anaquel correspondiente. Se realizaron algunos diagramas de flujo para la preparación de las soluciones valoradas que permitieron reducir el tiempo de consulta de la metodología así como la forma de visualizar de forma más sencilla los pasos a seguir.

SISTEMAS DE PLANEACIÓN

La implementación de métodos de mejora como el de 5's fue uno de los principales proyectos en el laboratorio de control químico y biológico, junto con la implementación de células de trabajo. Desde mantener los cajones personales con 5s hasta los principales anaqueles de material de vidrio, insumos, reactivos químicos y estándares.

En cuanto a métodos funcionales el análisis de proceso nos permitió conocer las necesidades del abastecimiento de las distintas soluciones químicas para los distintos procesos de análisis dentro de las células de trabajo que las requerían.

DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

Se aplicaron conceptos y modelos para el diseño e implementación de células de trabajo y sistemas de inventario para hacerlos más eficientes y eficaces.

Se realizó un plan de movimientos de equipos y almacenaje de materiales dentro del laboratorio de control químico considerando la distribución del layout y la asignación de espacio para las distintas células de trabajo.

La localización de los reactivos, estándares y soluciones químicas con vigencia en puntos estratégicos formó una parte importante de la creación de células de trabajo

pues se planearon de acuerdo al flujo de las distintas células con el fin de minimizar desperdicios en el desplazamiento.

SISTEMAS DE CALIDAD

Se implementaron metodologías y herramientas para la solución de problemas y para la mejora continua, desde la metodología DMAIC, aplicando el concepto del Sistema Pull de Lean Manufacturing, hasta herramientas como las tarjetas Kanban y Poka Yoke.

Otras herramientas y técnicas básicas que se utilizaron para la implementación de células de trabajo y sistemas de inventarios fueron el diagrama de Pareto y tormenta de ideas.

Se planeó y desarrolló una revisión general del proceso de reabastecimiento de las soluciones químicas, de esta manera podríamos saber el nivel de servicio después de la mejora implementada en dicho proceso.

PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Entender y aplicar el concepto de inventario fue básico pero muy importante para desarrollar el supermercado de soluciones en el cual se fueron captando e integrando más conceptos para seguir optimizando el proceso de la preparación de soluciones, conocer el modelo EOQ (Cantidad Económica de Pedido) sobre inventarios fue un hallazgo importante para definir los siguientes pasos de mejora de este proceso.

La determinación aproximada del punto de reorden también fue otra actividad determinante para mantener un buen nivel de servicio en el abastecimiento de soluciones, conociendo la demanda de las soluciones de preparación más compleja y de mayor consumo.

Contar con una programación de preparación de soluciones semanal fue uno de los puntos de mayor importancia ya que de esta manera se tendría visibilidad y mayor control de la preparación y disminución de desperdicios de tiempo, desplazamientos y materiales principalmente.

Aplicar reglas de asignación de Primeras entradas primeras salidas (PEPS) es uno de los principios básicos para administrar cualquier stock de materiales, insumos, materias primas, soluciones químicas, reactivos químicos, estándares de materias

primas y producto terminado, de esta forma se garantiza la caducidad e integridad de los materiales en el tiempo.

Llevar el control de las actividades de mejora para el proyecto, mediante un diagrama Gantt, permitió visualizar de manera sencilla el tiempo de dedicación previsto para las diferentes actividades que habían que cumplirse durante el periodo en el que se definió entregar resultados del proyecto.

La aplicación de conceptos de ingeniería en el campo laboral se realizó de manera sencilla: primero conocer los distintos sistemas de producción (Pull & Push) vistos en esta materia y luego ligarlos de acuerdo a la problemática, después decidir cuál debía aplicar para después adaptarlo al sistema de inventario real; con ello vas desarrollando ideas para mantener procesos sostenibles en el tiempo, desencadenando otra serie de conceptos que también debes ir aplicando para fortalecer el proceso, algunos ejemplos serían la optimización de recursos y la disminución de desperdicios.

REINGENIERIA DE SISTEMAS

Conocer los procesos implica conocer las variables críticas que van siendo definidas de acuerdo a los requerimientos o voz del cliente. Saber representar estos requerimientos de forma medible marca uno de los primeros pasos para comenzar a entender la mejora que requiere el proceso y la atención del cliente, buscando el mayor rendimiento en cualquier actividad que se desarrolle.

ANEXOS

Anexo 1. Histórico de datos descargados de bitácoras de registros de soluciones

Clasificación	Solución	Concentración	Caducidad (Días)	Fecha de Preparación	Fecha de Caducidad	Cantidad Preparada	Unidades	Cantidad Utilizada	Pág. Bitácora	Cantidad Real en stock
SV	Ácido Clorhídrico	0.05 N	90	17-mar-13			ml			0
SV	Ácido Clorhídrico	0.1 N	90	11-feb-13	12-may-13		ml			0
SV	Ácido Clorhídrico	0.5 N	90	09-ene-13	09-abr-13	1000	ml	200		800
SV	Ácido Clorhídrico	0.5 N	90	28-ene-13	28-abr-13	4000	ml	500		3500
SV	Ácido Clorhídrico	1 N	90	10-dic-12	10-mar-13	1000	ml	200		800
SV	Ácido Perclórico	0.1 N	90	15-mar-13	13-jun-13	200	ml	10		190
SV	Ácido Perclórico	0.1 N	90				ml			0
SV	Ácido Sulfúrico	1 N	90	21-feb-13	01-ene-00		ml			0
SV	Ácido Sulfúrico	1 N	90	21-feb-13						0
SV	Ácido Perclórico	0.1 N	90				ml			0
SV	Ácido Clorhídrico 0.5 N	0.5 N	90	28-ene-13	28-abr-13	4000	ml	78		3922
SV	Hidróxido de Potasio Alcohólico 0.5 N	0.5 N	90	09-abr-13	08-jul-13	2000	ml	1000		1000
SV	Tiosulfato de Sodio 0.01 N	0.01 N	90	23-abr-13	22-jul-13		ml			0
SV	Hidróxido de Potasio Alcohólico 0.5 N	0.5 N	90	12-dic-12	12-mar-13		ml			0
SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	0.5 N	90	09-ene-13	09-abr-13	500	ml	300	68	200
SV	Tiosulfato de Sodio 0.1 N	0.1 N	90	17-abr-13	16-jul-13	4000	ml	1000		3000
SR	Cianuro de Amonio (Plomo)	Plomo	45	16-abr-13	31-may-13	100	ml	10		90
SR	Solución Alcohólica de Hidróxido de Potasio		90	07-feb-13	07-may-13	1000	ml			1000
SR	Tioacetamida (Metales pesados)	Metales Pesados	45	05-mar-13	19-abr-13	100	ml		43	100
SR	Solución Estándar de Opalecencia		60	23-abr-13	22-jun-13		ml			0
SR	Nitrato de Plata 0.1 N	0.1 N	90	28-dic-12	28-mar-13	100	ml	50		50
SR	Dietilditiocarbamato de plata 5 mg/ml	5mg/ml	30	13-feb-13	15-mar-13	50	ml		37	50
SR	Yoduro de Potasio		28	13-feb-13	13-mar-13	100	ml			100
SR	Cianuro de Potasio (Plomo)	Plomo	45	31-ene-13	16-mar-13	100	ml		34	100
SR	Solución Cianuro-Amonio 0.02g/ml	0.02 g/ml		19-mar-13						0
SR	Cloruro de Hidroxilamina (Plomo)	Plomo	45	30-ene-13	16-mar-13	100	ml		33	100
SR	Citrato de Amonio (Plomo)	Plomo	45	30-ene-13	16-mar-13	150	ml	10	32	140
SR	Cloruro de Bario		60	28-dic-12	28-feb-13	100	ml	40		60
SV	Ácido Perclórico 0.1 N	0.1 N	90	03-abr-13	02-jul-13	1000	ml		92	1000
SR	Dietilditiocarbamato de plata 5 mg/ml	5mg/ml	28	25-mar-13	22-abr-13	50	ml			50
SV	Ácido Sulfúrico 1 N	1 N	90	21-feb-13	22-may-13	2000	ml			2000

SV	Ácido Sulfúrico 1 N	1 N	90	21-feb-13	22-may-13		ml			0
SV	Ácido Sulfúrico 1 N	1 N	90	21-feb-13	22-may-13		ml			0
SV	Hidróxido de Potasio Alcohólico 0.5 N	0.5 N	90	09-abr-13	08-jul-13	2000	ml			2000
SV	Ácido Perclórico 0.1 N	0.1 N	90	28-nov-12	26-feb-13	1000	ml	750	62	250
SV	Ácido Perclórico 0.1 N	0.1 N	90	19-sep-12	19-dic-12	500	ml		33	500
SV	Ácido Clorhídrico 1 N	1 N	90	10-dic-12	10-mar-13	1000	ml	200	64	800
SV	Ácido Clorhídrico 0.5 N	0.5 N	90	09-ene-13	09-abr-13	1000	ml	200	69	800
SV	Yodo 0.05 N	0.05 N	90	21-nov-12	19-feb-13	2000	ml		60	2000
SV	Yodo 0.05 N	0.05 N	90	21-nov-12	19-feb-13	600	ml		48	600
SV	Yodo 0.01 N	0.01 N	22	14-ene-13	05-feb-13	500	ml		72	500
SV	Yodo 0.01 N	0.01 N	22	14-ago-12	05-sep-12	500	ml		17	500
SV	Hidróxido de Sodio 0.1 N	0.1 N	90	07-dic-12	07-mar-13	500	ml	300	63	200
SV	Tiocianato de Amonio 0.1 N	0.1 N	90	22-nov-12	22-feb-13	1000	ml		61	1000
SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	0.5 N	90	19-oct-13	17-ene-13	500	ml		42	500
SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	0.5 N	90	06-nov-13	06-feb-13	1000	ml		53	1000
SV	Hidróxido de Sodio 1 N	1 N	90	30-oct-12	28-ene-13	1000	ml		52	1000
SV	Hidróxido de Sodio 1 N	1 N	90	07-ago-12	05-nov-12	2000	ml		15	2000
SI	Almidón		60	22-nov-12	22-feb-13	200	ml	120	27	80
SI	Anaranjado de Metilo		60	28-dic-12	26-feb-13	50	ml	45	32	5
SI	Rojo de Fenol		7	28-feb-13	07-mar-13	50	ml	0	41	50
SI	Fenoltaleína		60	28-dic-12	26-feb-13	100	ml	60	31	40
SI	Almidón		60	06-mar-13	05-may-13	250	ml		42	250
SI	Cristal Violeta		60	03-mar-13	02-may-13		ml			0
SI	Rojo de Fenol		7	18-mar-13	25-mar-13	50	ml		44	50
SI	Rojo de Fenol		7	12-abr-13	19-abr-13	50	ml		47	50
SI	Verde de Bromocresol		60	09-ene-13	10-mar-13	50	ml	10	34	40
SI	Almidón		60	02-ene-13	03-mar-13	500	ml	200	33	300
SR	Ditizona (Sol de Extracción) (Plomo)		45	30-ene-13	16-mar-13	1000	ml	200	30	800
SV	Hidróxido de Sodio 0.1 N	0.1 N	90	07-dic-12	07-mar-13	500	ml	300	63	200
SV	Tiocianato de Amonio 0.1 N	0.1 N	90	22-nov-12	22-feb-13	1000	ml		61	1000
SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	0.5 N	90	19-oct-13	17-ene-13	500	ml		42	500
SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	0.5 N	90	06-nov-13	06-feb-13	1000	ml		53	1000
SV	Hidróxido de Sodio 1 N	1 N	90	30-oct-12	28-ene-13	1000	ml		52	1000
SV	Hidróxido de Sodio 1 N	1 N	90	07-ago-12	05-nov-12	2000	ml		15	2000
SI	Anaranjado de Metilo		60	28-dic-12	26-feb-13	50	ml	45	32	5

SI	Rojo de Fenol		7	28-feb-13	07-mar-13	50	ml	0	41	50
SI	Cristal Violeta		60	30-ene-13	31-mar-13	100	ml	50	39	50
SI	Cristal Violeta		60	03-mar-13	02-may-13		ml			0
SI	Rojo de Fenol		7	18-mar-13	25-mar-13	50	ml		44	50
SI	Rojo de Fenol		7	12-abr-13	19-abr-13	50	ml		47	50
SI	Verde de Bromocresol		60	09-ene-13	10-mar-13	50	ml	10	34	40
SNV	Ácido Clorhídrico 0.1 N	0.1 N	90	28-dic-12	28-mar-13	250	ml	5	89	245
SNV	Ácido Clorhídrico 3 N	3 N	90	28-dic-12	28-mar-13	250	ml	30	88	220
SNV	Ácido Clorhídrico 6 N	6 N	90	07-dic-12	07-mar-13	200	ml	50	82	150
SV	Hidróxido de Sodio 0.1 N	0.1 N	90	07-dic-12	07-mar-13	500	ml	300	63	200
SV	Tiocianato de Amonio 0.1 N	0.1 N	90	22-nov-12	22-feb-13	1000	ml		61	1000
SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	0.5 N	90	19-oct-13	17-ene-13	500	ml		42	500
SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	0.5 N	90	06-nov-13	06-feb-13	1000	ml		53	1000
SV	Hidróxido de Sodio 1 N	1 N	90	30-oct-12	28-ene-13	1000	ml		52	1000
SV	Hidróxido de Sodio 1 N	1 N	90	07-ago-12	05-nov-12	2000	ml		15	2000
SI	Anaranjado de Metilo		60	28-dic-12	26-feb-13	50	ml	45	32	5
SI	Rojo de Fenol		7	28-feb-13	07-mar-13	50	ml	0	41	50
SI	Cristal Violeta		60	30-ene-13	31-mar-13	100	ml	50	39	50
SI	Cristal Violeta		60	03-mar-13	02-may-13		ml			0
SI	Rojo de Fenol		7	18-mar-13	25-mar-13	50	ml		44	50
SI	Rojo de Fenol		7	12-abr-13	19-abr-13	50	ml		47	50
SI	Verde de Bromocresol		60	09-ene-13	10-mar-13	50	ml	10	34	40
SR	Dietilditiocarbamato de plata 5 mg/ml	5mg/ml	28	25-mar-13	22-abr-13	50	ml		58	50
SNV	Ácido Clorhídrico 6 N	6 N	90	07-dic-12	07-mar-13	200	ml	50	82	150
SNV	Ácido Acético 1 N	1 N	90	13-feb-13	14-may-13	250	ml		2	250
SNV	Ácido Clorhídrico 1 N	1 N	90	13-mar-13	11-jun-13	100	ml		10	100
SNV	Ácido Acético 5 N	5 N	90	22-nov-12	20-feb-13	500	ml	50	80	450
SNV	Hidróxido de Sodio 5 N	5 N	90	28-dic-12	28-mar-13	200	ml	120	84	80
SNV	Ácido Sulfúrico 5 N	5 N	90	28-dic-12	28-mar-13	200	ml	5	85	195
SNV	Ácido Acético 1 N	1 N	90	19-mar-13	17-jun-13	1000	ml		11	1000
SNV	Ácido Acético 6 N	6 N	90	14-ene-13	14-abr-13	250	ml	10	95	240
SNV	Ácido Acético 1 N	1 N	90	10-abr-13	09-jul-13	500	ml		18	500
SNV	Ácido Clorhídrico 3 N	3 N	90	01-mar-13	30-may-13	500	ml		7	500
SNV	Ácido Clorhídrico 0.02 N	0.02 N	90	28-dic-12	28-mar-13	250	ml	5	86	245
SNV	Ácido Sulfúrico 0.02 N	0.02 N	90	28-dic-12	28-mar-13	250	ml	5	87	245

SNV	Ácido Acético 1 N	1 N	90	16-abr-13	15-jul-13	1000	ml		20	1000
SNV	Ácido Clorhídrico 6 N	6 N	90	08-mar-13	06-jun-13	250	ml		8	250
SNV	Hidróxido de Amonio 6 N	6 N	90	23-ene-13	23-abr-13	500	ml	50	98	450
SR	Glicerina Base (Metales pesados)	Metales Pesados	45	05-mar-13	19-abr-13	400	ml		47	400
SR	Glicerina Base (Metales pesados)	Metales Pesados	45	11-mar-13	25-abr-13	400	ml	180	47	220
SV	Nitrato de Plata 0.1 N	0.1 N	90	03-abr-13	02-jul-13	100	ml		59	100
SR	Yoduro de Potasio	TS	30	25-mar-13	25-abr-13	200	ml			200
SV	Hidróxido de Sodio 0.1 N	0.1 N	90	25-ene-13	25-abr-13	4000	ml	1850	77	2150
SV	Yodo 0.1 N	0.1 N	90	01-feb-13	02-may-13	2000	ml		82	
SRG	Buffer de acetatos pH 3.5			07-dic-12	07-mar-13	1000	ml	400	40	

Anexo 2. Criterios de selección de las 30 soluciones a controlar.

Prioridad	Clasificación	Solución	Caducidad (Días)	Frecuencia registros en bitácora	Lotes	Cantidad preparada (ml)	Pág. Bitácora
1	SV	Tiosulfato de Sodio 0.1 N	90	1	6	15000	98
2	SV	Hidróxido de Potasio Alcohólico 0.5 N	90	2	10	7000	79,94
3	SV	Ácido Clorhídrico 0.1 N	90	1	2	6000	83
4	SV	Hidróxido de Sodio 0.1 N	90	1	22	6000	77
5	SV	Yodo 0.1 N	90	1	0	6000	82
6	SV	Nitrato de Plata 0.1 N	90	1	0	5100	86
7	SV	Ácido Clorhídrico 1 N	90	1	0	5000	96
8	SV	Hidróxido de Sodio 1 N	90	1	5	5000	91
9	SV	Tiosulfato de Sodio 0.05 N	90	1	3	5000	90
10	SV	Yodo 0.05 N	90	1	3	4600	88
11	SV	Ácido Clorhídrico 0.5 N	90	1	4	4000	78
12	SV	Hidróxido de Sodio 0.5 N	90	1	3	4000	97
13	SV	Ácido Perclórico 0.1 N	90	1	2	3500	92
14	SV	Ácido Sulfúrico 1 N	90	1	0	3050	85
15	SV	Ácido Sulfúrico 0.2 N	90	1	0	2000	84
16	SV	Tiosulfato de Sodio 0.01 N	47	1	2	2000	95
17	SV	Yodo 0.01 N	22	1	2	1500	93
18	SV	Tiocianato de Amonio 0.1 N	90	1	0		
19	SV	Sulfato Cuprico 62.4 mg/mL (sol colorida)	90	1	0	200	76
20	SV	Cloruro Ferrico 45.0 mg/mL (sol colorida)	90	1	0	100	99
20	SR	Cloruro Ferrico 45.0 mg/mL	90	1	4	200	45
21	SR	Solución Cianuro-Amonio 0.02g/mL	45	2	0	200	52,69
22	SR	Citrato de Amonio (Plomo)	45	2	0	300	50,32
23	SR	Cianuro de Potasio (Plomo)	45	2	0	200	53,34
24	SR	Cloruro de Bario	60	1	6	25	49
25	SR	Cloruro de Hidroxilamina (Plomo) 0.2 g/mL	45	2	0	200	51,33
26	SR	Ditizona (Sol de Extracción) (Plomo)	45	2	0	2000	48,30
27	SR	Glicerina Base (Metales pesados)	45	3	7	1200	74,47 ,41
28	SR	Tioacetamida (Metales pesados)	45	3	7	300	75,43 ,27
29	SI	Almidón	60	2	15	450	42,50
30	SI	Fenoltaleína	60	2	25	200	36,45

BIBLIOGRAFÍA

H. Tsubone, Y. Ishikawa and H. Yamamoto, 2002, Production planning system for a combination of make-to-stock and make-to-order products. International Journal of Production Research, vol. 40, no. 18, 4835-4851.

Zoller, K., 2006, "Differentiating in-stock service by customer value", International Journal of Logistics: Research and Applications, Vol. 9, 2:95-110.

Sekine K., Diseño de Células de Fabricación: transformación de las fábricas para la producción en flujo, productivity., 2º. Edición, 1993

Federgruen A. y Ziv Katalan, 1999, "The Impact of Adding a Make-to-Order Item to a Make-to-Stock Production System", Management Science, Vol. 45, 7:980-994.

Kogan, K., E. Khmelnitsky y O. Maimon, 1998, "Balancing facilities in aggregate production planning: make-to-order and make-to-stock environments", International Journal of Production Research, Vol. 36, 9:2585-2596.

Wang, M.F. y M. Rosenshine, 1983, "Scheduling for a combination of made-to-stock and madeto-order jobs in a job shop", International Journal of Production Research, Vol. 21, 5:607- 616.

Paul Swamidass, 2002, "Innovations in Competitive Manufacturing." New York: AMACOM (American Management Association).

James P. Womack and Daniel T. Jones, 2005, "Lean Solutions: How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together Hardcover"

Rajan Suri, 1998, "Quick Response Manufacturing: A Companywide Approach to Reducing Lead Times" 1st Edition.

David Hallett, 2010, "Pull Scheduling Systems Overview"

MESOGRAFÍA

⁴ Merck & Co., Inc., (2012). Nuestra Historia. Kenilworth, NJ, USA.: MSD México. Recuperado de <http://www.corporativo.msd.com.mx/acerca-de-nosotros/historia.xhtml>

⁵ Unidad Editorial Información Económica S.L. (2017). Expansión, Nueva York.: MSD (Merck) incrementa un 38% su beneficio en el primer trimestre, hasta 2.340 millones. Recuperado de http://www.expansion.com/agencia/europa_press/2017/05/02/20170502164954.html

- ⁶ Business Wire, Inc., (2017). Merck, Press Release Details: Merck Announces Fourth-Quarter and Full-Year 2016 Financial Results. Recuperado de <http://www.businesswire.com/news/home/20170202005556/en/>
- ⁷ Merck & Co., Inc., (2012). Acerca de nosotros. Kenilworth, NJ, USA.: MSD México. Recuperado de <http://www.corporativo.msd.com.mx/acerca-de-nosotros/acerca-msd.xhtml>
- ⁸ Merck & Co., Inc., (2012). Nuestros Valores. Kenilworth, NJ, USA.: MSD México. Recuperado de <http://www.corporativo.msd.com.mx/acerca-de-nosotros/nuestros-valores.xhtml>
- ⁹ Brian Hill (2017). La Voz de Houston and the Houston Chronicle, NA.: Importancia de una buena estructura organizacional. Recuperado de <http://pyme.lavoztx.com/importancia-de-una-buena-estructura-organizacional-4887.html>
- ¹⁰ Peter Peterka (2012). SixSigmaEspanol.com: El Método DMAIC en Six Sigma, NA.: Recuperado de <https://www.sixsigmaespanol.com/six-sigma-articles/the-dmaic-method-in-six-sigma/>
- ¹¹ Agnes Shanley (2004 – 2017). Pharma Manufacturing, Schaumburg: Merck's Lean Mission. Recuperado de <http://www.pharmamanufacturing.com/articles/2006/001/>
- ¹² Hirepurpose (2017). Director- Merck Production Systems Leader, New Jersey. Recuperado de <https://www.hirepurpose.com/jobs/director-merck-production-systems-leader-bus001814>
- ¹³ II. Células de Trabajo (s.f.). Recuperado de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9237/Capitulo2.pdf>
- ¹⁴ Germán Guido Lavalle y Esteban Santucci (2009). Revista de Instituciones, Ideas y Mercados N° 50.: Flexibilidad productiva en un sistema mixto de fabricación a pedido y para inventario. Recuperado de http://www.eseade.edu.ar/files/riim/RIIM_50/50_2_lavalle_santucci.pdf
- ¹⁵ Emmanuel-Montes-M (2017). Powered By Documents.mx: Diferencias del ambiente MTS y MTO. Recuperado de <http://documents.mx/documents/diferencias-del-ambiente-mts-y-mto.html>
- ¹⁶ José Luis Ordaz (2015). Tema Picture Window: Química II Soluciones Químicas. Recuperado de <http://joequimica2cetis79.blogspot.mx/2015/01/12-soluciones.html>
- ¹⁷ Fabián Ortega (2008). Lean Manufacturing en Español.: 7+1 Tipos de Desperdicios. Recuperado de <http://lean-esp.blogspot.mx/2008/09/71-tipos-de-desperdicios.html>