

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**

**Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial**



---

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFECTIVIDAD EN  
EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES  
DE HABILITACIÓN URBANA EMPLEANDO  
MANUFACTURA ESBELTA EN LA EMPRESA  
LEMICONS S.R.L.  
LIMA 2016**

---

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL.**

**TESISTA: Bach. Ing. Ind. PAJUELO RODRIGUEZ, Carlos Miguel**

**ASESOR: Dr. HILARIO CÁRDENAS, Jorge Rubén**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2016**

## **DEDICATORIA**

A mis amados padres Juannin y Ada, por el apoyo brindado mediante sus consejos, sus valores inculcados a mi persona y por su constante motivación; misma que me ha permitido alcanzar mis metas, convirtiéndose de esta manera en los pilares de mi vida.

Miguel.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor Dr. Jorge Rubén, HILARIO CÁRDENAS, por su valioso asesoramiento para la elaboración, ejecución y materialización del trabajo de investigación.

El autor.

## **RESUMEN**

Para el desarrollo del presente trabajo se fusiono la filosofía de manufactura esbelta con la metodología del “ciclo de calidad” o conocida mayormente como ciclo de DEMING (PHVA), de esta manera se llegó a la causa raíz del problema, y no se atacó efectos ni síntomas que solo serían soluciones temporales.

Para abordar la temática, este trabajo de investigación se estructuró en seis capítulos, los cuales son:

Capítulo I: Generalidades de la empresa, se describen los datos generales de la empresa, como el giro de negocio y los servicios que ofrece. Se habla del organigrama y se describe las principales función que se realiza por área.

Capítulo II: Planteamiento del problema, se refiere al problema hallado, describiendo el problema y proponiendo posibles soluciones, definiendo para su resolución un objetivo general y específico.

Capítulo III: Marco Teórico, aquí se contemplan los antecedentes de estudios previos a la investigación, asimismo se puntualizan algunas consideraciones teóricas convenientes para el abordaje de la misma con una reflexión crítica.

Capítulo IV: Marco Metodológico, se pauta la metodología que será empleada para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Capítulo V: Resultados, el cual consiste en la aplicar la metodología de desarrollo para alcanzar el objetivo general propuesto.

Capítulo VI: Discusión de Resultados, el cual consiste en el análisis de los resultados obtenidos

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como finalidad realizar la mejora de la efectividad en el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) con Fines de Habilitación Urbana, investigación llevada a cabo en la empresa LEMICONS.

Se desarrolló una metodología de trabajo basada en el análisis, diagnóstico y la propuesta de mejora.

Este trabajo tuvo un alcance a partir de la comunicación del área de ventas sobre la realización del proyecto, culminando con la entrega del Estudio de Mecánica de Suelos al cliente, en este proceso se identificaron cinco etapas; a) Programación del proyecto, b) Exploración de campo, c) Trabajo en laboratorio de suelos, d) Trabajo en gabinete, y e) Entrega de informes.

Después de desarrollar el mapa de flujo de valor (VSM), se identificó que el problema principal se encuentra en la etapa tres - Trabajos en Laboratorio de Suelos-, donde se detectaron dos limitantes de la productividad (MUDAS o desperdicios y MURA o variabilidad).

En ese sentido, encontramos tres MUDAS que son: tiempo de espera, movimiento e inventario. Y en el caso de MURA, se halló la realización de trabajos suplementarios debido a métodos ineficaces de producción.

Una vez identificados los desperdicios, se implementó las metodologías de las siguientes herramientas de manufactura esbelta como solución a estos problemas, las cuales son; las 5S, TPM, el reporte A3 y JUST IN TIME.

La empresa tenía una capacidad de elaboración de dos EMS al mes, después de la prueba piloto sobre la nueva metodología propuesta, la producción se incrementó en 50% más. La nueva metodología de trabajo se plasmó mediante un procedimiento que tiene como código “**LEM-CC-P-01**”, identificado con el nombre “**Procedimiento de Elaboración de Informes de Mecánica de Suelos**” para la empresa LEMICONS.

## INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
INTRODUCCIÓN	v
INDICE	vi

### **CAPÍTULO I**

<b><u>1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA</u></b>	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 DATOS GENERALES	2
1.3 SERVICIOS QUE OFRECE	2

### **CAPÍTULO II**

<b><u>2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</u></b>	10
2.1 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	10
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
2.3 OBJETIVOS	12
2.3.1 Objetivo General	12
2.3.2 Objetivo Específicos	12
2.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.	12
2.5 VIABILIDAD	13
2.6 LIMITACIONES	13

### **CAPÍTULO III**

<b><u>3. MARCO TEÓRICO</u></b>	14
3.1 ANTECEDENTES	14
3.2 BASES TEÓRICAS	15

3.2.1	Manufactura Esbelta	15
3.2.2	Principio de la Manufactura Esbelta	17
3.2.3	Las Tres Limitantes de la Productividad	21
3.2.4	Los Desperdicios	22
3.2.5	Herramientas de Manufactura Esbelta	32
a)	Mapa de Flujo de Valor (VSM)	32
b)	Reporte A3	34
c)	Las 5S.	37
d)	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	44
3.2.6	Indicadores de Gestión	50
3.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS USADOS.	53

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b><u>MARCO METODOLÓGICO</u></b>	55
4.1	HIPÓTESIS.	55
4.2	VARIABLE	55
4.3	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LA VARIABLE, DIMENSIONES E INDICADORES.	55
4.4	NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.	56
4.5	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	56
4.6	POBLACIÓN Y MUESTRA	56
4.7	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS.	57

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b><u>RESULTADOS</u></b>	58
5.1	ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO	58
5.1.1	REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN	58
5.1.2	SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN A ESTUDIAR	58

5.1.3 TOMA DE DATOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN A ESTUDIAR	60
5.1.4 ELABORACIÓN DEL VSM ACTUAL.	71
5.1.5 ANÁLISIS PARA LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD EN LOS INFORMES DE MECÁNICA DE SUELOS EMPLEANDO LA HERRAMIENTA TAKT TIME	79
5.1.6 REPORTE SITUACIONAL (REPORTE A3)	80
5.2 APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA	83
5.2.1 APLICACIÓN DE JUST IN TIME	83
5.2.2 HERRAMIENTA 5S	86
5.2.3 HERRAMIENTA TPM	88
5.2.4 REALIZAR UN PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.	89
5.3 LANZAMIENTO PILOTO DE LAS ACTIVIDADES PARA MEJORAR LA EFECTIVIDAD EN EL EMS	104
5.4 PRESENTACION DE RESULTADOS	104
5.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	107

## **CAPÍTULO VI**

<b>6. <u>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</u></b>	110
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	113
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	114
<b><u>ANEXO</u></b>	116
01: PANEL FOTOGRÁFICO	117
02: CÁLCULOS MATEMATICOS DEL APLICATIVO.	129





## **CAPÍTULO I**

### **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

El Laboratorio de Ensayos de Materiales Ingeniería y Construcción. LEMICONS S.R.L, es una empresa privada dedicada a realizar trabajos en Ingeniería Geotécnica y Ensayos de Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto. Desde su creación, en el año 2007, la empresa se ha caracterizado por brindar un servicio de calidad basado en normas nacionales como internacionales, además de brindar un soporte técnico post servicio.

La empresa brinda sus servicios profesionales en el sector construcción en todas sus etapas:

- En Proyectos: Desarrollamos investigaciones geotécnicas necesarias para la elaboración de proyectos, en esta etapa brinda los servicios de estudios de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación, Pavimentación, Habilitación Urbana, Instalación de redes de Agua Potable y Alcantarillado, etc.

- En Ejecución de obra: Implementamos laboratorios en obra dotándolos con personal técnico y todo el equipamiento de laboratorio necesario para realizar los controles solicitados por las Especificaciones Técnicas del proyecto en suelos, concreto y asfalto.

Cuenta con equipos bajo normas ASTM los mismos que son periódicamente calibrados en laboratorios metrológicos acreditados por INDECOPI.

La empresa se ha caracterizado por brindar un servicio de calidad cumpliendo con las normas nacionales como la Norma Técnica Peruana (NTP), e internacionales, American Society for Testing and Materials (ASTM).

## **1.2 DATOS GENERALES**

- Razón Social : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
INGENIERIA Y CONSTRUCCION
- Nombre Comercial: LEMICONS S.R.L.
- RUC : 20517697088
- Dirección : CALLE TRITOMA MZA. "J" LTE. "27"  
LOS OLIVOS, LIMA – PERÚ.
- Teléfono : (01) 6528558
- Página web : <http://www.lemicons.com>

## **1.3 SERVICIOS QUE OFRECE**

La empresa LEMICONS se desenvuelve dentro del sector construcción, brindando tres servicios:

- Laboratorio de Mecánica de Suelos
- Control de Calidad de Obras Civiles
- Estudios de Geotecnia

A continuación, se describe las actividades que comprenden los servicios aludidos.

### a) Laboratorio de Mecánica de Suelos

En esta área se determina la calidad de suelos, concreto y asfalto, efectuando la recolección de muestras y especímenes para su respectivo análisis y ensayos de acuerdo a las normas ASTM, NTP, ASHTO. Los laboratoristas de suelos realizan los ensayos tanto en campo como en el laboratorio, siendo algunos de los ensayos con mayor demanda los siguientes:

- ENSAYOS DE CAMPO QUE REALIZA LA EMPRESA LEMICONS

**Fotografía 1: Sondajes a profundidad (SPT)**



El Ensayo de Penetración Estándar o SPT (del inglés Standard Penetration Test), es un tipo de prueba de penetración dinámica.

Fuente: Empresa LEMICONS

**Fotografía 2: Auscultación dinámica (DPL)**



El objetivo específico de este ensayo se efectúa colocando un espécimen del suelo sometido a una carga normal para aplicarse el esfuerzo cortante, a fin de determinar los valores de cohesión y el ángulo de fricción interno.

Fuente: Empresa LEMICONS.

**Fotografía 3: Ensayo de densidad natural (cono de arena).**



Este ensayo determina la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena. Este ensayo se aplica a suelos que no contengan una cantidad excesiva de roca o materiales gruesos con un diámetro mayor a 1 1/2 pulg.

Fuente: Empresa LEMICONS.

- ENSAYOS EN LABORATORIO QUE REALIZA LA EMPRESA LEMICONS

Con las muestras obtenidas de las excavaciones de las calicatas, se realizarán ensayos estándar y ensayos especiales:

#### **Los ensayos estándar.-**

Consistente en análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg (líquido y plástico) y contenido de humedad. Los ensayos se ejecutaron siguiendo las normas de la American Society For Testing and Materials (ASTM), siendo estos las siguientes:

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.
- ✓ Límites de Atterberg ASTM D-4318.
- ✓ Contenido de humedad ASTM D-2216.

A continuación, se visualiza los ensayos mencionados ver fotografía 4.

**Fotografía 4:** Ensayos de mayor demanda que se realizan en el laboratorio de suelos

		
<p>Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.</p>	<p>Límites de Atterberg ASTM D-4318.</p>	<p>Contenido de humedad ASTM D-2216.</p>

Fuente: Empresa LEMICONS.

### **Los ensayos especiales.-**

Con las muestras obtenidas de las calicatas, se realizaron ensayos especiales a los suelos, consistentes en:

- Corte Directo ASTM D-3080.
- Compresión Simple ASTM D-2166 / NTP 339.167.

**Fotografía 5:** Laboratorio de Mecánica de Suelos-Corte Directo



Fuente: Empresa LEMICONS.

**b) Control de Calidad de Obras Civiles**

Dentro del control de calidad de las obras civiles se encargan de la redacción, seguimiento del plan de control de calidad, puntos de inspección, supervisión de los ensayos de control de calidad de materiales y validación de los resultados, seguimiento de la ejecución, certificación de avance de obras.

**Fotografía 6: Supervisión de ensayos.**

Fuente: Empresa LEMICONS

**c) Estudios de Geotecnia**

Los estudios de geotecnia es el conjunto de actividades que permiten obtener la información geológica y geotécnica del terreno donde se desarrolla el proyecto de construcción y tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación.

**Fotografía 7:** Estudios de Geotecnia Exploración en campo excavaciones de calicatas para estudio de suelos

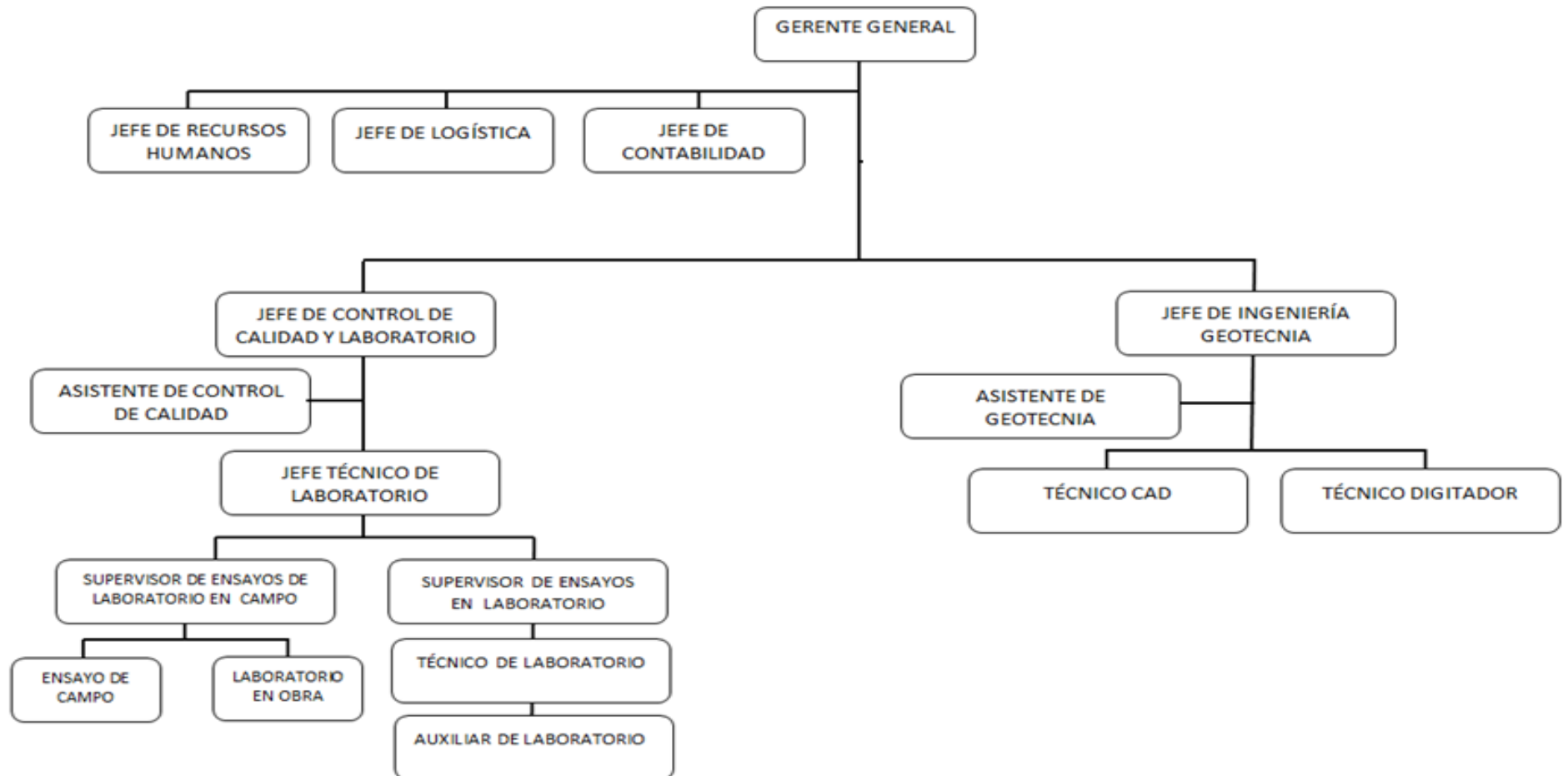


Fuente: Empresa LEMICONS

A continuación se nombra algunos de los Estudios de Mecánica de Suelos que se realiza en el área de Ingeniería Geotécnica:

- EMS con fines de Cimentación.
- EMS con fines de Edificación
- EMS con fines de Pavimentación.
- EMS con fines de Habilitación Urbana. Y Otros.



**ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA LEMICONS**

Fuente: Empresa LEMICONS.

## DESCRIPCION GENERAL DEL ORGANIGRAMA

- ✓ Gerencia General:
  - Velar por todas las funciones del mercadeo y ventas de la empresa, así como las operaciones del día a día.
  - Lidera y coordinar las funciones de la planificación estratégica de los proyectos de obras civiles.
  
- ✓ Jefe de Ingeniería Geotecnia:
  - Desarrolla el informe del estudio de mecánica de suelos mediante un análisis de datos proporcionado por el área de laboratorio de suelos.
  
- ✓ Jefe de Control de Calidad:
  - Establecer y cumplir con los procedimientos normados ASTM, NTP, ASHTO, así como la verificación de las buenas prácticas al realizar los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, rocas, agregados y concreto.
  
- ✓ Jefe de Laboratorio de Suelos:
  - Determina la calidad de suelos para la construcción, efectuando la recolección de muestras y especímenes para su análisis y ensayos, de acuerdo a las normas respectivas.
  
- ✓ Jefe de Recursos Humanos:
  - Brindar servicio a las diversas áreas de la empresa en lo referente al reclutamiento, selección, capacitación y evaluación del personal.
  
- ✓ Jefe de Contabilidad:
  - Responsable de la contabilidad, estados financieros y elaboración de las planillas de remuneraciones.
  
- ✓ Jefe de Logística:
  - Se encarga de gestionar el flujo de materiales de manera integrada para las diferentes áreas de la empresa.

## **CAPÍTULO II**

### **2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El desarrollo de los proyectos de obras civiles a nivel mundial, tiene como insumo importante el resultado de los Estudios de Mecánica de Suelos (EMS) que se practican, ya que ellos determinarán el tipo de estructuras que han de emplearse en la construcción de la obra que esto a su vez se traduce en costos y ésta en la competitividad y posicionamiento de la empresa; a nivel nacional se ha producido una enorme expansión del sector construcción, por lo que existe una gran competencia en ésta área, y como mencionamos anteriormente, uno de los factores que incide en él es el resultado del Estudio de Mecánica de Suelos, es por ésta razón que las empresas constructoras toman mucha importancia a los Estudios de Mecánica de Suelos, ya que el resultado de los estudios son determinantes para la construcción de obras civiles, y cada vez son más exigentes con la exactitud de los resultados, razón por la cual las empresas que prestan estos servicios se esmeran cada vez más en poder desempeñarse con eficacia y eficiencia , en este sentido se ha podido observar que en la empresa LEMICONS S.R.L.

Los almacenes se encuentran desordenados, no es fácil identificar que muestras entraron primero y en consecuencia no se procesan en orden de llegada, creando malestar en los clientes, respecto a algunos insumos no se hace los requerimientos de manera oportuna generándose desabastecimiento en los momentos menos pensado, algunas zonas del laboratorio están con acumulación de polvo y cosas en desuso, se nota, por la manera de proceder de los empleados que no tienen métodos estandarizados para llevar a cabo los procesos, además estos no se planifican ni controlan de manera adecuada, no se sabe bien cuál es la capacidad de atención que tienen, y en oportunidades se reciben pedidos que no pueden ser atendidos oportunamente dando lugar al descontento de los clientes; nuestra apreciación es que estos síntomas que se pueden observar en la empresa en mención se dan porque no se ponen en práctica algunas de las herramientas que forman parte del Manufactura Esbelta, teniendo en consideración ésta es una herramienta que en la actualidad es desplegada por muchas empresa exitosas del Perú y del mundo, si no se toman medidas correctivas se puede ingresar a una etapa de reducción de clientes lo que sería malo para la empresa, es por ésta razón que proponemos realizar una investigación que nos permita generar mejora en la efectividad de los procesos de desarrollo de los estudios de mecánica de suelos empleando manufactura esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L.

## **2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál será la propuesta de mejora de la efectividad en el Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Habilitación Urbana empleando Manufactura Esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L. Lima 2016?

## 2.3 OBJETIVOS

### 2.3.1 Objetivo General

Diseñar la propuesta de mejora para la efectividad en el estudio de mecánica de suelos con fines de Habilitación Urbana empleando Manufactura Esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L. Lima 2016.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las actividades para la mejora de la efectividad en el Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Habilitación Urbana empleando Manufactura Esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L. Lima 2016.
- Determinar la eficacia y eficiencia del Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Habilitación Urbana empleando Manufactura Esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L.
- Analizar e identificar las causas que no permiten un desempeño ideal en el Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Habilitación Urbana empleando Manufactura Esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L.
- Identificar las herramientas de la Manufactura Esbelta que sean pertinentes para mejorar la efectividad del estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana empleando Manufactura Esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L. Lima 2016.

## 2.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

### Justificación

En el entendido que la justificación de una investigación científica puede ser de orden teórico, práctico o metodológico, la Investigación que se propone desarrollar titulada: Propuesta de mejora para la efectividad en el estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana empleando Manufactura Esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L. Lima 2016, tiene justificación de orden práctica<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Según José López Cerezo en su libro Filosofía crítica de la ciencia, considera que una investigación tiene una justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirán a resolverlo.

### **Importancia**

La importancia de la presente investigación se sustenta en el hecho que se pretende mejorar la efectividad en los estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana empleando Manufactura Esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L.

### **2.5 VIABILIDAD**

La realización de la tesis tiene viabilidad porque se cuenta con acceso a la información debito a que me encuentro laborando en la empresa y la gerencia esta brindado todo su apoyo. Respecto a la parte económica también se encuentra asegurada ya que financiare los costos que ella demande.

### **2.6 LIMITACIONES**

No se han identificado limitaciones, para el desarrollo de la investigación propuesta.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 ANTECEDENTES

##### A nivel Internacional

Giraldo Sánchez, Estefanía y otros, en su anteproyecto presentado para optar el Título de Ingeniero Industrial, en la Universidad de San Buenaventura de Medellín, Colombia, en el año 2013, titulada: “Diseño de una metodología de implementación de lean manufacturing en una PYME (MOMENTOS CLASSIC)”, tuvo como objetivo general el de: “Diseñar una metodología para la implementación de lean manufacturing en la empresa Momentos Classic, basado en las herramientas 5S, SMED y JIT, que permitan minimizar los desperdicios generados por: el desorden, la distribución inadecuada de los puestos de trabajo, descontrol en la producción y la falta de planeación”, después de haber desarrollado la investigación, arriban a las siguientes conclusiones: “Una metodología lean manufacturing es una herramienta que ayuda a mejorar la calidad y a reducir costos, además de que brinda una ventaja competitividad a la empresa frente a otras empresas del mercado.”, También concluye en que: “Esta metodología busca agilizar la producción, desperdiciar lo menos posible y mejorar el ambiente organizacional con el fin de crear un ambiente óptimo de trabajo partiendo de la mejora continua y del flujo de la información.”

### **A nivel Nacional**

Ramos Flores, José Miguel, en su tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial en la Pontificia universidad Católica del Perú; Lima, Perú; 2012, Titulada: “Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de Manufactura Esbelta”, se trazó como objetivo general: “Desarrollar el análisis y la propuesta de mejora del sistema productivo actual de la empresa en estudio a través de la utilización de herramientas de Manufactura Esbelta que disminuya los costos de operación, eliminación de actividades que no generan valor y el incremento de la disponibilidad, eficiencia y calidad de la línea seleccionada”, después de realizada la investigación, llegó a la conclusión que: “la implementación de las 5S’s es fundamental, como se pudo ver en este trabajo de investigación, para la implementación del mantenimiento autónomo y la posible implementación de otras herramientas de Manufactura Esbelta, ya que sin ella sería imposible obtener los beneficios esperados de esta propuesta de mejora”.

### **A nivel local**

Se realizó la búsqueda en las bibliotecas y tesitecas locales, así como en repositorios locales no hallándose investigaciones relacionadas con el tema que se investiga.

## **3.2 BASES TEÓRICAS**

### **3.2.1 Manufactura Esbelta.**

Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta o ágil) es el nombre que recibe el sistema Just In Time en Occidente. También se ha llamado Manufactura de Clase Mundial y Sistema de Producción Toyota.

Se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un



proceso, pero si costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados. Debemos entender que Lean Manufacturing es el esfuerzo incansable y continuo para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficientes.

El verdadero poder de Lean Manufacturing radica en descubrir continuamente en toda empresa aquellas oportunidades de mejora que están escondidas, pues siempre habrá desperdicios susceptibles de ser eliminados. Se trata entonces de crear una forma de vida en la que se reconozca que los desperdicios existen y siempre serán un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y eliminarlos.<sup>2</sup>

### **Objetivo**

“El lean Manufacturing tiene por objetivo la eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, kanban, kaizen, heijunka, jidoka, etc.), que se desarrollaron fundamentalmente en Japón. Los pilares del lean Manufacturing son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios.”<sup>3</sup>

### **Antecedentes**

Debido a la crisis petrolera de 1973, muchas empresas en el mundo tuvieron que cerrar sus puertas por la baja de rentabilidad ocasionada por los altos costos del energético, su materia prima principal. Sin embargo, a pesar de la adversidad, hubo algunas empresas que lograron subsistir en estas condiciones, lo que hizo que la atención se centrara en ellas.

---

<sup>2</sup> SOCCONINI, Luis (2008). **Lean manufacturing paso a paso**. Editorial Norma. México. p.11

<sup>3</sup> RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad**. Ediciones Diaz de Santos. España. p.1

Como Japón no es un país productor de petróleo sino un consumidor, las empresas niponas padecieron lo anterior a una escala mucho mayor que sus contrapartes estadounidenses.

Sin embargo, el caso de Toyota Motor Company llamo mucho la atención del mundo, pues no solo no sufría problemas mayores ante esta restricción de la economía mundial, sino que además generaba utilidades. Esto hizo que el Gobierno japonés pidiera a Toyota que “abriera sus puertas” al mundo de la industria y mostrara qué técnicas y estrategias estaba utilizando.

Fue así como Toyota inicio su compromiso con la industria mundial para mostrar las técnicas que le han permitido obtener sorprendentes resultados en cuanto a productividad y competitividad.<sup>4</sup>

### **3.2.2 Principio de la Manufactura Esbelta**

La implantación del lean manufacturing en una planta industrial exige el conocimiento de unos conceptos, herramientas y unas técnicas con el objetivo de alcanzar tres objetivos: rentabilidad, competitividad y satisfacción de todos clientes son. Tal como se ha escrito, los pilares del lean manufacturing son:<sup>5</sup>

- La filosofía de la mejora continua: el concepto kaizen.
- Control total de la calidad: calidad que se garantiza para todas las actividades.
- El just in time / Justo a tiempo

#### **PRIMER PILAR: KAIZEN**

Kaizen según su creador Masaki Imai, se plantea como la conjunción de dos palabras, kai, cambio y, zen, para mejorar, luego se puede decir que kaizen significa “cambio para mejorar”, que no es solamente

---

<sup>4</sup> SOCCONINI, Luis (2008). **Lean manufacturing paso a paso**. Editorial Norma. México. p.

<sup>5</sup> RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad**. Ediciones Diaz de Santos. España. p.

un programa de reducción de costos, sino que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, es lo que se conoce como “mejora continua”. Según Imai “en tu empresa, en tu profesión, en tú vida: lo que no hace falta sobra; lo que no suma resta”. La mejora kaizen tiene algunas características que la diferencian de la innovación. La innovación implica un progreso cuantitativo que genera un salto de nivel, que generalmente se produce por el trabajo de expertos, sin embargo, la mejora kaizen consiste en una acumulación gradual y continua de pequeñas mejoras hechas por todos los empleados (incluyendo a los directivos). El concepto kaizen debe interpretarse como lo mejor en un sentido tanto espiritual como físico. Comprende tres componentes esenciales: percepción (descubrir los problemas), desarrollo de ideas (hallar soluciones creativas), y finalmente, tomar decisiones, implantarlas y comprobar su efecto, es decir, escoger la mejor propuesta, planificar su realización y llevarla a la práctica (para alcanzar un determinado efecto)<sup>6</sup>. Para la implantación de la filosofía kaizen, se crean unos grupos de trabajo, formados por técnicos, supervisores y operarios que aportan, desarrolla e implantan sus propias ideas dentro de su área de influencia. Los equipos se reúnen de forma continuada, durante la jornada laboral y el líder lean (escogido libremente entre sus miembros) distribuye el trabajo a realizar. La reunión se desarrolla según principios del Ciclo Deming o PDCA: observación de los puntos débiles de la situación actual, análisis, propuesta de mejora, prueba de mejora e implantación definitiva. Las normas de conducta en las reuniones son: Asistencia obligatoria, levantar la mano para hablar, mantener la mente abierta y un espíritu positivo, entender lo que se dice, evitar conversaciones al margen y temas personales, divertirse durante la reunión y respetar las opiniones de los demás.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad**. Ediciones Diaz de Santos. España. p.12

<sup>7</sup> RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad**. Ediciones Diaz de Santos. España. p.14

## **SEGUNDO PILAR: EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD**

Las palabras Control Total de la Calidad fueron empleadas por primera vez por el norteamericano Feigenbaum, en la revista Industrial Quality Control en mayo de 1957, donde exponía que todos los departamentos de la empresa, deben implicarse en el control de la calidad, porque la responsabilidad del mismo recae en los empleados de todos los niveles. Según Ishikawa, el Control Total de la Calidad presenta tres características básicas:

- Todos los departamentos participan del control de calidad. El control de la calidad durante la fabricación (Mediante el autocontrol y otras técnicas) reduce los costes de producción y los defectos, garantizando los costes bajos para el consumidor y la rentabilidad para la empresa.
- Todos los empleados participan del control de la calidad, pero también se incluyen en esta actividad, proveedores, distribuidores y otras personas relacionadas con la empresa.
- El control de la calidad se encuentra totalmente integrado con las otras funciones de la empresa.

## **TERCER PILAR: EL JUST IN TIME (JIT)**

El sistema de producción Just in Time fue desarrollado por Tiichi Ohno, primer vicepresidente de Toyota Motor Corporation, con el objetivo de conseguir reducir costes a través de la eliminación del despilfarro. Ohno empleó conceptos creados por Henry Ford y Walter Shewhart entre 1920 y 1930, desarrollando una filosofía de excelencia en la producción que ha superado todas las realizaciones anteriores. Debido a las ventajas que supuso, su filosofía fue adoptada por gran parte de las industrias japonesas, y posteriormente el interés por el JIT llegó a Europa y EEUU. No todas las empresas utilizan el término just in time, IBM utiliza el

---

término producción de flujo continuo, Hewlett- Packard sistema de producción sin almacén y fabricación repetitiva, Motorola fabricación de ciclo corto y otras muchas empresas simplemente utilizan el término sistema Toyota. Con el JIT se pretende fabricar los artículos necesarios en las cantidades requeridas y en el instante preciso, así por ejemplo, un proceso productivo se dice que funciona en JIT cuando dispone de la habilidad para poner a disposición de sus clientes “los artículos exactos, en el plazo de tiempo y en las cantidades solicitadas”. El período de tiempo que preocupa al cliente es el plazo de entrega (lead time), es decir el tiempo transcurrido desde que el cliente pasa un pedido hasta que recibe el material. Este es el tiempo de que dispone el cliente para planificar sus compras y lógicamente este estará más satisfecho cuanto menor y más fiable se el plazo de entrega.

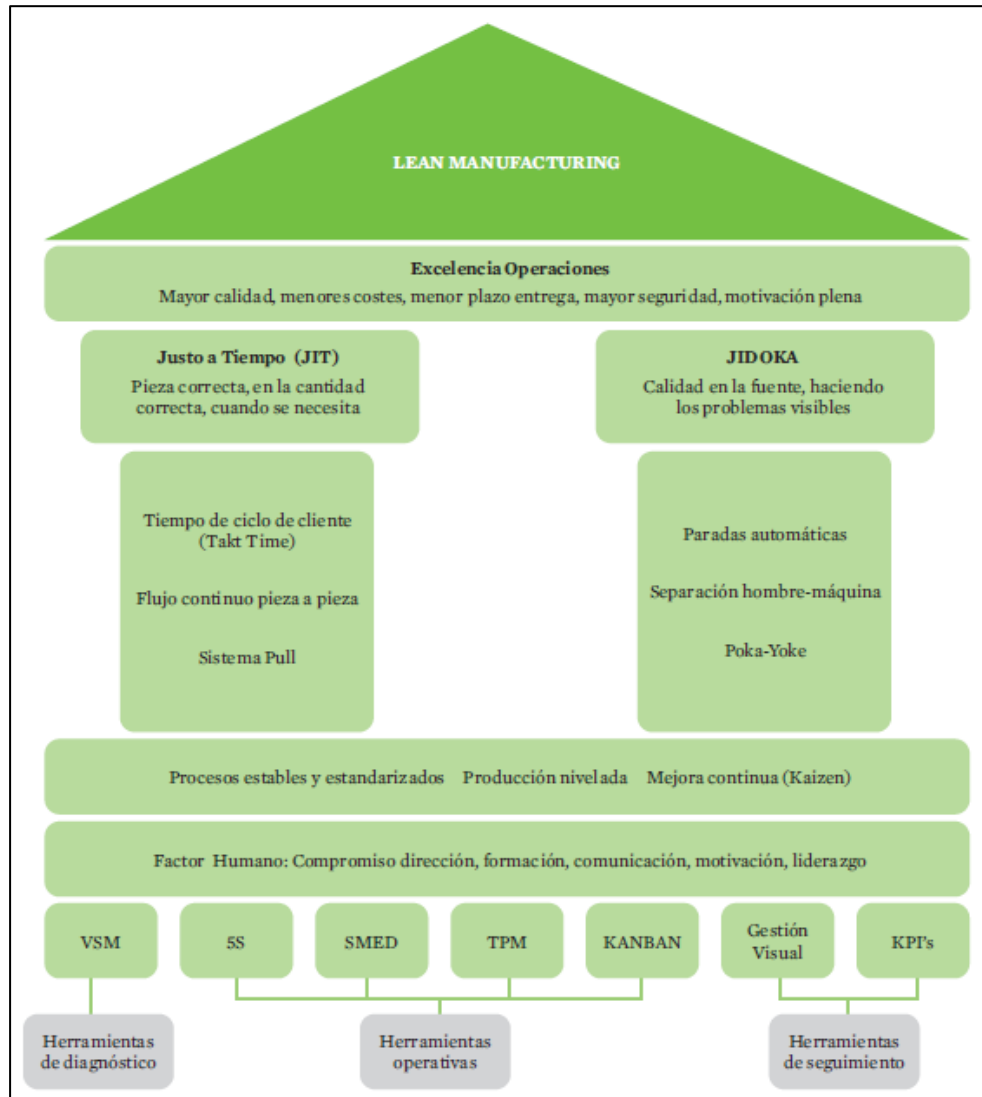
Por otra parte, al director de producción le preocupa el tiempo de flujo, que es el que transcurre desde que se lanza una orden de producción hasta que el producto está en condiciones de ser expedido. En el tiempo de flujo no se incluye el plazo de aprovisionamiento ni el tiempo de distribución.<sup>8</sup>

Como resumen de todo lo mencionado visualizamos en el siguiente gráfico la filosofía de Manufactura Esbelta.

---

<sup>8</sup> RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad**. Ediciones Diaz de Santos. España. p.15

**Gráfico 1: Filosofía Manufactura Esbelta**



Fuente: HERNÁNDEZ MATÍAS, Juan Carlos (2013). **Lean manufacturing conceptos, técnicas e implantación**. Editorial industria y energía. Madrid.p.18

### 3.2.3 Las Tres Limitantes de la Productividad

La productividad se ve afectada por una gama muy amplia de problemas que limitan los resultados que se pueden obtener a partir de los recursos disponibles. Los ingenieros japoneses han clasificado estas limitantes en tres grupos a los que llamaron las 3 “Mu”, debido a

que todas inician con la sílaba mu:

- MURI=Sobrecarga.
- MURA=Variabilidad.
- MUDA=Desperdicio.

**Sobrecarga o Muri**, la productividad de los negocios y las personas disminuyen cuando se les impone una carga de trabajo que rebasa su capacidad. Si a los operadores se les exige que produzcan por arriba de sus límites normales, o cuando a las máquinas se les hace producir por encima de su capacidad, se provoca un agotamiento de los recursos más valiosos de la organización, disminuyendo así la productividad.

**Variabilidad o Mura**, se refiere a la falta de uniformidad generada desde los elementos de entrada de los procesos, como los materiales, las especificaciones, el entrenamiento, las habilidades, los métodos y las condiciones de la maquinaria; esto produce, a su vez, una falta de uniformidad en los procesos, lo que se traduce en la generación de productos o servicios que tampoco son uniformes, es decir, muestran variabilidad.

**Desperdicios o mudas**, la mejor traducción de la palabra japonesa muda debería ser “exceso”. Los siete tipos de desperdicios que afectan negativamente la productividad deben ser bien entendidos, detectados y eliminados o minimizados todos los días en empresas e instituciones.<sup>9</sup>

#### 3.2.4 Los Desperdicios.

Se define como MUDA, cualquier actividad que consume recursos sin crear valor para el cliente, La mejor traducción de la palabra japonesa Muda debería ser “exceso”. Los siete tipos de desperdicio que afectan

---

<sup>9</sup> SOCCONINI, Luis (2008). *Lean manufacturing paso a paso*. Editorial Norma. México. p.29

negativamente la productividad deben ser bien entendidos, detectados y eliminados o minimizados todos los días en empresas o instituciones. Para entender lo que es un desperdicio, es conveniente explicar primero qué son las actividades que agregan valor (VA).

Las VA son aquellas que producen directamente un cambio que el cliente desea, al grado que esté dispuesto a pagar por ese esfuerzo. Desperdicio o exceso será cualquier otro esfuerzo realizado en la empresa que no sea absolutamente esencial para agregar valor al producto o servicio tal como lo requiere el cliente. Estos esfuerzos aumentan los costos y disminuyen el nivel de servicio, con lo cual afectan los resultados obtenidos en el negocio. Toyota clasifica en siete grandes grupos los desperdicios o mudas:

1. Sobre producción.
2. Sobre inventario.
3. Productos defectuosos.
4. Transporte de materiales y herramientas.
5. Procesos innecesarios.
6. Espera.
7. Movimientos innecesarios del trabajador.

**Gráfico 2:** Los siete desperdicios o MUDAS





## 1. “Sobre producción”

El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida, invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. Producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita, representa un consumo inútil de material, se incrementan los transportes internos y se llenan de stock los almacenes. La causa de este tipo de despilfarro radica en el exceso de capacidad de las maquinas. Los operarios, preocupados por no disminuir las tasas de operación emplean el exceso de capacidad fabricando productos en exceso.

### ***Características:***

- Flujo de producción no balanceado o nivelado.
- Presión sobre la producción para aumentar la utilización.
- Tamaño grande de los lotes de fabricación.
- Necesidad de espacio extra para almacenaje
- Inventario acumulado
- Más mano de obra que la necesaria
- Fabricación anticipada

### ***Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro:***

- Operaciones simples de cambio de utillajes y herramientas (SMED), para reducir el tiempo necesario para tales operaciones.
- Establecer un programa de estandarización de las operaciones para mantener la sincronía con el proceso de producción.

## 2. Sobre inventario.

Los stocks son la forma de despilfarro más clara porque esconden ineficiencias y problemas crónicos. Como consecuencia de sus relaciones con estos problemas, los directores japoneses han denominado al stock la “raíz de todos los males”. El despilfarro por

stock es el resultado de tener mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas.

***Características de los sobre inventarios.***

- Grandes áreas destinadas al almacenamiento de producto (materias primas, materiales, producto en proceso y producto terminado).
- Necesidad de recursos adicionales para el manejo de los materiales (hombres, equipo, estantes, almacenes, espacios, sistemas).
- Baja rotación de inventarios.
- Grandes costes de movimiento y de mantenimiento o posesión del stock.

***Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro:***

Implementación de un sistema de mantenimiento productivo TPM, SMED y las 5S.

**3. Productos defectuosos.**

El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida productiva, porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo a la primera vez. En este rubro entran también los retrabajos, ya que si bien el defecto puede ser corregido, el retrabajo implica realizar una o más tareas dos o más veces, incurriendo así en más gastos y en la pérdida de disponibilidad de los recursos de la empresa.

***Características que generan los defectos.***

- Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.
- Recursos humanos adicionales para operaciones de inspección y reparación de trabajos.
- Baja moral de los operarios.

**Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro**

Incremento de la fiabilidad de las maquinas: implantación de un sistema de mantenimiento productivo.

**4. Transporte de materiales y herramientas.**

El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario, quizás por culpa de un layout mal diseñado. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores. Además, cuantas más veces se mueven los artículos de un lado para otro, mayores son las probabilidades de que resulten dañados.

***Características del transporte.***

- Los contenedores son demasiado grandes, pesados o, en definitiva, difíciles de manipular.
- Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales dentro del proceso.

***Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro***

Herramienta SMED.

**5. Procesos innecesarios.**

El desperdicio por sobre proceso es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente, en otras palabras, No tener claro los requerimientos de los clientes causa que en la producción se hagan procesos innecesarios, los cuales agregan costos en lugar de valor al producto.

**Características**

- No existe estandarización de las mejores técnicas o procedimientos.
- Maquinaria mal diseñada o capacidad calculada incorrectamente.
- Aprobaciones redundantes o procesos burocráticos inútiles.

**Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro**

- Análisis y revisión detallada de las operaciones y los procesos.
- Plena implementación de la estandarización de procesos.

**6. Espera.**

Esta muda se refiere al tiempo que se pierde cuando un operador espera a que su máquina termine su trabajo, cuando las máquinas se detienen en espera de que el operador haga algún ajuste, o incluso cuando tanto el operador como la máquina están en espera de materiales, herramientas o instrucciones. Todo esto implica un consumo de tiempo que no agrega valor, y constituye el más común de todos los desperdicios industriales.

**Características de la espera**

- La máquina espera a que el operario termine su ciclo.
- Los tiempos necesarios para el cambio de un producto o para la preparación de una máquina obligan a esperar a la gente.
- Un operario espera a otro operario para poder empezar o terminar su trabajo.
- El operario y la maquina están en espera de instrucciones, de un programa o de materiales
- Espera por las fallas de los equipos.

***Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro:***

- Cambio rápido de herramientas, plantillas, utillajes, moldes, troqueles, etc. (SMED).
- Adiestramiento
- Evaluar el sistema de entregas de proveedores.

**7. Movimientos innecesarios del trabajador**

Esta muda se refiere al traslado de personas de un punto a otro en su lugar de trabajo o en toda la empresa, sin que ello sea indispensable para aportar valor al producto y sin que contribuya a la transformación o beneficio del cliente. Si observamos con cuidado cada ciclo de un trabajador, encontraremos fácilmente este tipo de desperdicio: si contamos sus pasos o seguimos sus rutas (algo a lo que no estamos acostumbrados), descubriremos que muchas veces el trabajador camina más de lo necesario. Otro ejemplo muy común de este desperdicio son las búsquedas de herramientas, materiales o información. Todos esos movimientos, además de los indispensables para el cliente, toman tiempo y, por ende, reducen la productividad de los procesos.

**Características de los movimientos innecesarios del trabajador**

- Se emplea mucho tiempo en localizar materiales.
- Se emplea mucho tiempo en localizar personas e instrucciones.
- Se emplea mucho tiempo en localizar herramientas.
- Se realizan movimientos innecesarios al agacharse o caminar.
- Se realizan esfuerzos para alcanzar las herramientas o materiales en cada ciclo de trabajo.

**Propuesta de respuesta para este tipo de despilfarro:**

- Implementación de las 5'S
- Implementación de las SMED

Como resumen de lo descrito sobre los siete desperdicios en una empresa se presenta el siguiente cuadro:

**Tabla N°1: Los siete Tipos de desperdicios, síntomas, posibles causas, e ideas y herramientas para eliminarlas.**

<b>Tipo de desperdicio</b>	<b>Síntomas</b>	<b>Posibles causas</b>	<b>Ideas y herramientas</b>
<b>1. Sobreproducción</b> Producir mucho o más pronto de lo que necesita el cliente	Se producen muchas partes y/o se producen con mucha anticipación. Las partes se acumulan incontroladamente en Inventarios. Tiempo del ciclo extenso. Tiempos de entrega deficientes.	Mucho tiempo para adaptar el proceso para que produzca otro modelo o parte. Tamaño grande de lotes. Pobre programación de la producción o de las actividades. Desbalance en el flujo de materiales	Justo a tiempo SMED Reducir tiempos de preparación, sincronizar procesos, haciendo sólo lo necesario
<b>2. Esperas</b> Tiempo desperdiciado (de máquinas o personas), debido a que durante ese tiempo no hubo actividades que le agregaran valor al producto	Trabajadores en espera de materiales, información o de máquinas no disponibles. Operadores parados y viendo las máquinas producir. Grandes retrasos en la producción Tiempos de ciclo extensos.	Tamaño de lote grande. Mala calidad o malos tiempos de entrega de los proveedores. Deficiente programa de mantenimiento. Mala programación.	Eliminar actividades innecesarias, sincronizar flujos, balancear cargas de trabajo, trabajador flexible y multi habilidades, organizar el proceso en forma Kanban

<b><i>Tipo de desperdicio</i></b>	<b><i>Síntomas</i></b>	<b><i>Posibles causas</i></b>	<b><i>Ideas y herramientas</i></b>
<b>3. Transportación</b> Movimiento innecesario de materiales y gente.	Mucho manejo y movimiento de partes Daños excesivos por manejo Largas distancias recorridas por las partes en proceso Tiempos de ciclo extensos	Procesos secuenciales que están separados físicamente. Pobre distribución de planta Inventarios altos La misma pieza en diferentes lugares	Procesamiento en flujo continuo, sistemas Kanban y distribución de planta para hacer innecesario el manejo/transporte
<b>4. Sobreprocesamiento</b> Esfuerzos que no son requeridos por los clientes y que no agregan valor	Ejecución de procesos no requeridos por el cliente Autorizaciones y aprobaciones redundantes Costos directos muy altos.	Diseño del proceso y el producto Especificaciones vagas de los clientes Pruebas excesivas Procedimientos o políticas inadecuados.	Simplificar proceso y eliminar actividades y operaciones que no agregan valor
<b>5. Inventarios</b> Mayor cantidad de partes y materiales que el mínimo requerido para atender los pedidos del cliente	Inventarios obsoletos Problemas de flujo de efectivo Tiempos de ciclo extensos Incumplimiento en plazos de entrega Muchos retrabajos cuando hay problemas de calidad	Sobreproducción Pobres pronósticos o mala programación Niveles altos para los inventarios mínimos Políticas de compras Proveedores no confiables Tamaño grande de lotes	Acortar tiempos de preparación y respuesta; organizar el proceso en forma Kanban; aplicar Justo a Tiempo

<b><i>Tipo de desperdicio</i></b>	<b><i>Síntomas</i></b>	<b><i>Posibles causas</i></b>	<b><i>Ideas y herramientas</i></b>
<b>6. Movimientos</b> Movimiento innecesario de gente y materiales dentro de un proceso	Búsqueda de herramientas o partes Excesivos desplazamientos de los Operadores Doble manejo de partes Baja productividad	Pobre distribución de las celdas de trabajo, herramientas y materiales Falta de controles visuales Pobre diseño del proceso	Organización de celdas de trabajo, procesamiento en flujo continuo; administración visual.
<b>7. Retrabajo</b> Repetición o corrección de un proceso	Procesos dedicados al retrabajo Altas tasas de defectos Departamentos de calidad o inspección muy grandes	Mala calidad de materiales Máquinas en malas condiciones. Procesos no capaces e inestables. Poca capacitación. Especificaciones vagas del cliente.	Control estadístico de procesos; mejora de procesos; desarrollo de proveedores



### 3.2.5 Herramientas de Manufactura Esbelta.

#### a) Mapa de Flujo de Valor (VSM)

##### **Definición**

Un mapa de valor es una representación gráfica de elementos de producción e información que permite conocer y documentar el estado actual y futuro de un proceso, es la base para el análisis del valor que se aporta al producto o servicio, y es la Fuente del conocimiento de las restricciones reales de una empresa, ya que permite visualizar en donde se encuentra el valor y en donde el desperdicio.<sup>10</sup>

##### **Objetivos**

Representar esquemáticamente cualquier proceso productivo, logístico o administrativo, de forma que permita una fácil identificación de las operaciones que aportan valor con respecto a las operaciones que serán consideradas mudas, permitiendo con esto priorizar la acción de mejora futura, comprobar asimismo el correcto cumplimiento con respecto a la demanda y que deje a la vista al mismo tiempo las posibles dificultades para satisfacerla. La representación deberá contemplar además el análisis de todas las comunicaciones e informaciones relativas al proceso, de modo que se encuentren reflejadas el conjunto de las variables que afectan al sistema.<sup>11</sup>

##### **Procedimiento para realizar un mapa de valor**

- Dibujar los iconos los clientes, proveedores, y control de producción.
- Identificar los requisitos de clientes por mes/día.
- Calcular la producción diaria y los requisitos de contenedores.
- Dibujar iconos logísticos con la frecuencia de entrega.

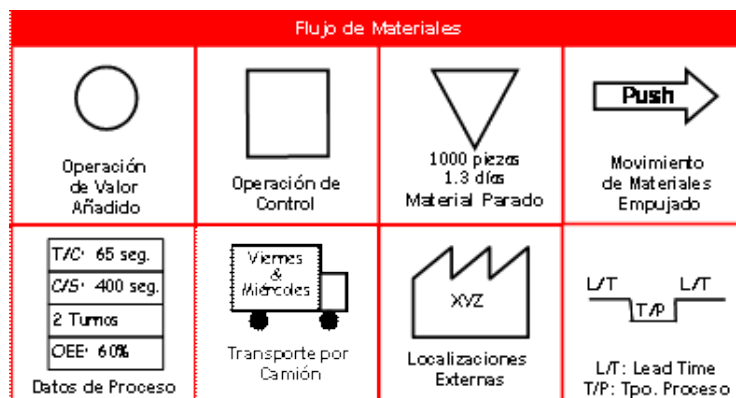
---

<sup>10</sup> SOCCONINI, Luis (2008). **Lean manufacturing paso a paso**. Editorial Norma. México. p.105

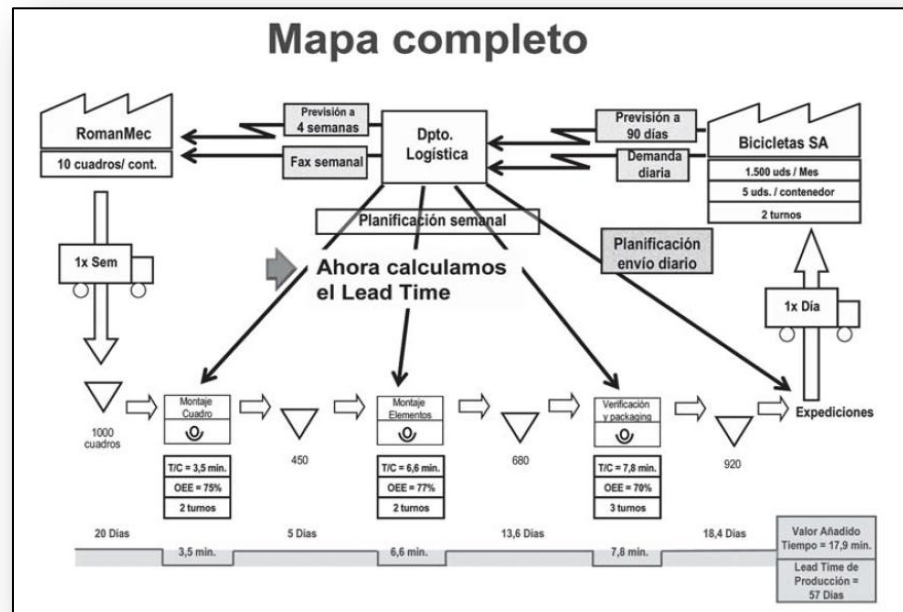
<sup>11</sup> RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad**. Ediciones Díaz de Santos. España. p.34

- Agregar las cajas de los procesos en secuencia, de izquierda a derecha.
- Agregar las cajas de datos abajo de cada proceso y la línea de tiempo debajo de las cajas.
- Agregar las flechas de comunicación y anotar los métodos y frecuencias.
- Obtener los datos de los procesos y agregarlos a las cajas de datos.
- Agregar los símbolos y el número de los operadores.
- Agregar los sitios de inventario y niveles en días de demanda y el gráfico o icono más abajo.
- Agregar las flechas de flujo y otra información que pueda ser útil.
- Agregar datos de tiempo, turnos al día, menos tiempos de descanso y tiempo disponible.
- Agregar horas de trabajo valor agregado y tiempos de entrega en la línea de tiempo ubicada al pie de los procesos.
- Calcular el tiempo de ciclo de valor agregado total y el tiempo total de procesamiento.

**Gráfico 3:** Símbolos del VSM



Fuente: RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad.** Ediciones Diaz de Santos. España. p.40

**Gráfico 4:** Vista completa de la herramienta VSM

Fuente: RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad.** Ediciones Diaz de Santos. España. p.44

## b) Reporte A3

Una característica muy arraigada en el modelo de gestión lean y, en definitiva, en la manera de proceder de Toyota es evitar el manejo de información farragosa y difíciles de asumir y, más aún, difíciles de utilizar para tomar decisiones. Otra característica de este modelo de gestión es, como el lector ya sabe, presentar la información de la forma más visual posible. Ambos aspectos ya se daban en el mapa de flujo de valor: si de algo puede presumir esta herramienta es de que es visual y contiene toda la información útil, en relación con un proceso dado y sus flujos, en una sola hoja y, por tanto, el cien por cien de información se halla a la vista.

Una situación similar se da con otra herramienta que, como el VSM, goza actualmente de un gran prestigio: el informe A3. Es también una herramienta visual y presenta asimismo toda su información en una sola hoja, de tamaño A3 (decidido en su momento así, por ser el máximo tamaño que podía enviarse por fax). El mérito de un A3 es que, en una

sola hoja, debidamente organizada y ordenada, se halla contenida toda la información relativa a un problema o a una iniciativa cualquiera que deben analizarse y para los que hay que proponer acciones o soluciones. Algo que, en el modo de proceder tradicional, estamos acostumbrados a que ocupe dossiers de muchas páginas. Hemos comentado para que un informe A3 sea realmente útil ha de contener toda la información necesaria, organizada y ordenada. Además, dicha información responderá a unos criterios derivados de la metodología propia del A3, que en realidad, deriva a su vez de la sencilla pero eficaz herramienta denominada ciclo PDCE o de Deming. Gráfico 12, Contiene una hoja A3, sin rellenar con los apartados que las componen y el título de cada uno.

Efectivamente, el A3 viene encabezado por el título que se le dé al informe (el objetivo de estudio), el nombre de la organización (y departamentos, si ha lugar) y la fecha. Tras ello se observan unos recuadros que cubren los distintos apartados a contemplar:

- *Caso de estudio* (con los objetivos perseguidos bien definidos).
- *Situación actual* o de partida del mismo, con el detalle preciso para no dejar dudas acerca de lo que hay que analizar y resolver. Puede incluir información gráfica, diagramas, etc. Cuando más visual, mejor.
- *Propuesta* para discutir y, en su caso, aprobar. La propuesta debe hacerse después de a un análisis profundo del tema o problema y de las causas raíz del mismo (preguntar cinco veces por qué). Una vez más se recomienda que se utilice información visual para ilustrar la propuesta.
- *Acciones* a emprender, que deben venir acompañadas del nombre del responsable de cada una y las fechas límites para adoptarlas.

- *Indicadores* elegidos para monitorizar la marcha de la iniciativa o problema a resolver, una vez aprobadas la propuesta y las acciones.<sup>12</sup>

**Gráfico 5:** Formato de un informe A3

Informe A3 "FECHA"	"OBJETO DE ESTUDIO"	"ORGANIZACIÓN"
<u>CASO DE ESTUDIO</u> OBJETIVOS	<u>PROPUESTA</u>	
<u>SITUACIÓN ACTUAL- ANÁLISIS</u>	<u>ACCIONES</u>	
	<u>INDICADORES</u>	

Fuente: CUATRECASAS, Lluís, (2010). **Lean Management: La gestión competitiva por excelencia.** Editorial PROFIT. Barcelona. P.364

<sup>12</sup> CUATRECASAS, Lluís, (2010). **Lean Management: La gestión competitiva por excelencia.** Editorial PROFIT. Barcelona. P.364

### c) Las 5S

#### **Definición**

Las 5's constituyen una disciplina para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza. Esto se logra implementando cambios en los procesos en cinco etapas, cada una de las cuales servirá de Fundamento a la siguiente, para así mantener sus beneficios en el largo plazo.

#### **Objetivos**

La implantación de las 5S tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa:

- Aspecto sucio de la planta: maquinas, instalaciones, herramientas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, herramientas sueltas, cartones, etc.
- Elementos rotos: topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones y señales comprensibles por todos.
- No usar elementos de seguridad: gafas, botas, auriculares, guantes, etc.
- Averías más frecuentes de lo normal.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos innecesarios de personas, utillajes y materiales.
- Falta de espacio en la zona de los almacenes.

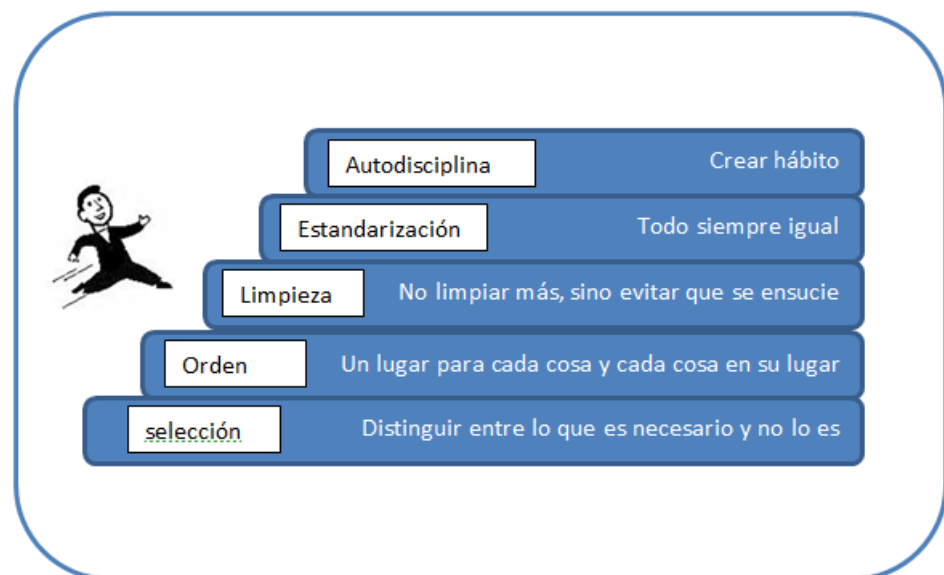
#### **Procedimiento para implementar las 5S**

La implantación de las 5S sigue normalmente un proceso de cinco pasos cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos.

Para empezar la implantación de las 5S, habrá que escoger un área piloto y concentrarse en ella, porque servirá como aprendizaje y punto de partida para el despliegue al resto de la organización. Esta área piloto debe ser

muy bien conocida, debe representar a priori una probabilidad alta de éxito de forma que permita obtener resultados significativos y rápidos. Los hábitos de comportamiento que se consiguen con las 5S logrará que las demás técnicas Lean se implanten con mayor facilidad. El principio de las 5S puede ser utilizado para romper con los viejos procedimientos existentes y adoptar una cultura nueva a efectos de incluir el mantenimiento del orden, la limpieza e higiene y la seguridad como un factor esencial dentro del proceso productivo, de la calidad y de los objetivos generales de la organización.<sup>13</sup> El gráfico resume los principios básicos y su implantación en cinco pasos o fases:

**Gráfico 6:** Esquema de la implementación de las 5S



Fuente: HERNÁNDEZ MATÍAS, Juan Carlos (2013). Lean manufacturing conceptos, técnicas e implantación. Editorial industria y energía. Madrid.p.37

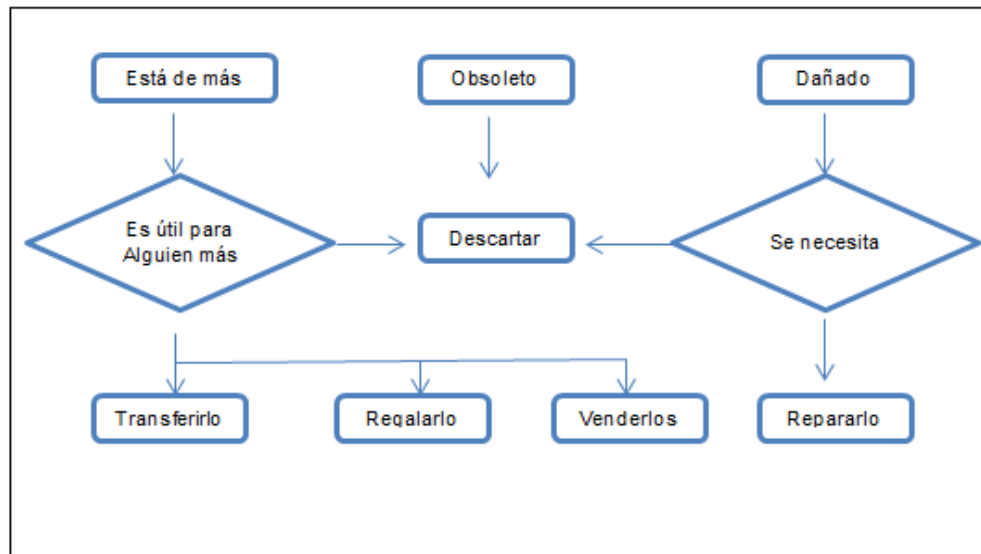
### **Etapa I. Implementación de la primera “S” Seleccionar (Seiri)**

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza. La pregunta clave es: “¿es esto es útil o inútil?”. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar

<sup>13</sup> HERNÁNDEZ MATÍAS, Juan Carlos (2013). Lean manufacturing conceptos, técnicas e implantación. Editorial industria y energía. Madrid.p.37

estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc. Establecer criterios de selección como se muestra en la siguiente figura.

**Gráfico 7:** Criterios de selección para la eliminación de objetos



Fuente: SOCCONINI, Luis (2008). Lean manufacturing paso a paso. Editorial Norma. México. p.152

En la práctica, el procedimiento es muy simple ya que consiste en usar unas tarjetas rojas para identificar elementos susceptibles de ser prescindibles y se decide si hay que considerarlos como un desecho. Ejemplos de la aplicación de Tarjeta Roja.

- Si en un periodo de 5 meses no se ha utilizado, se procede a llenar la tarjeta roja para que el objeto identificado se traslade a un lugar apartado de la empresa.
- Si a los 6 meses sigue sin ser utilizados puede proceder a su venta, eliminación o donación.



**Gráfico 8: Tarjeta roja**

TARJETA ROJA			
NOMBRE DEL ARTÍCULO			
CATEGORÍA	1. Maquinaria	6. Producto terminado	
	2. Accesorios y herramientas	7. Equipo de oficina	
	3. Equipo de medición	8. Limpieza	
	4. Materia Prima		
	5. Inventario en proceso		
FECHA	Localización	Cantidad	Valor
RAZÓN	1. No se necesita	5. Contaminante	
	2. Defectuoso	6. Otros	
	3. Material de desperdicio		
	4. Uso desconocido		
ELABORADA POR		Departamento	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar	5. Otros	
	2. Vender		
	3. Mover a otro almacén		
	4. Devolución proveedor		
FECHA DESCHECHO			

Fuente: HERNANDEZ, Juan C(2013). **Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación.** Editorial medio ambiente industria y energía. Madrid. p.38

### **Etapa II. Implementación de la segunda “S” Ordenar (Seiton)**

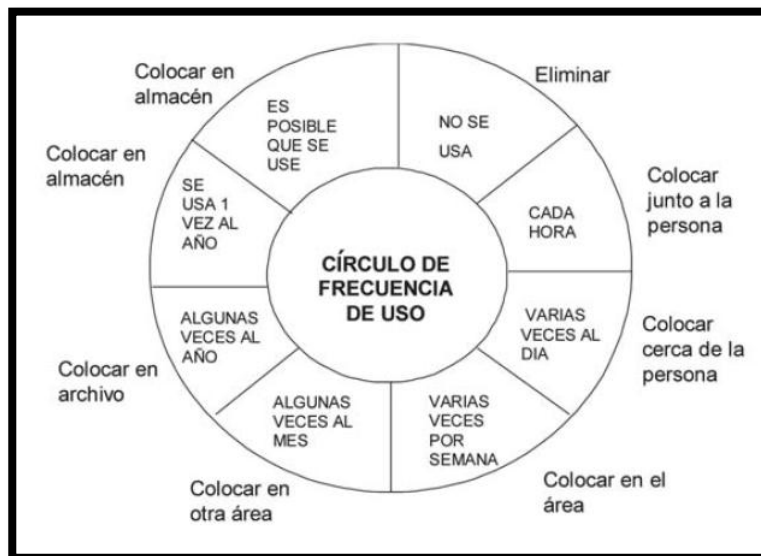
Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial.

La actitud que más se opone a lo que representa seiton, es la de “ya lo ordenaré mañana”, que acostumbra a convertirse en “dejar cualquier cosa en cualquier sitio”. La implantación del seiton comporta:

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- Disponer de un lugar adecuado, evitando duplicidades; cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa.

Para su puesta en práctica hay que decidir dónde colocar las cosas y cómo ordenarlas teniendo en cuenta la frecuencia de uso y bajo criterios de seguridad, calidad y eficacia. Se trata de alcanzar el nivel de orden preciso para producir con calidad y Eficiencia, dotando a los empleados de un ambiente laboral que favorezca la correcta ejecución del trabajo.

**Gráfico 9:** Reglas de sentido común para ordenar las cosas



Fuente: RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad.** Ediciones Díaz de Santos. España. p.55

### **Etapa III. Implementación de la tercera "S" Limpieza e inspección (Seiso)**

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación comporta:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan (tapas de máquinas, técnicas, documentos, etc.), adecuarlos para su uso más eficiente

(empalmes rápidos, reubicaciones, etc.), y recuperar aquellos que no funcionan (relojes, utillajes, etc.) o que están reparados “provisionalmente”.

- Se trata de dejar las cosas como “el primer día”.

La limpieza es el primer tipo de inspección que se hace de los equipos, de ahí su gran importancia. A través de la limpieza se aprecia si un motor pierde aceite, si existen fugas de cualquier tipo, si hay tornillos sin apretar, cables sueltos, etc. Se debe limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar, detectar para corregir.

Debe insistirse en el hecho de que, si durante el proceso de limpieza se detecta algún desorden, deben identificarse las causas principales para establecer las acciones correctoras que se estimen oportunas.

Otro punto clave a la hora de limpiar es identificar los focos de suciedad existentes (como los lugares donde se producen con frecuencia virutas, caídas de piezas, pérdidas de aceite, etc.) para poder así eliminarlos y no tener que hacerlo con tanta frecuencia, ya que se trata de mantener los equipos en buen estado, pero optimizando el tiempo dedicado a la limpieza.

### **Gráfico 10:** Limpieza en una empresa

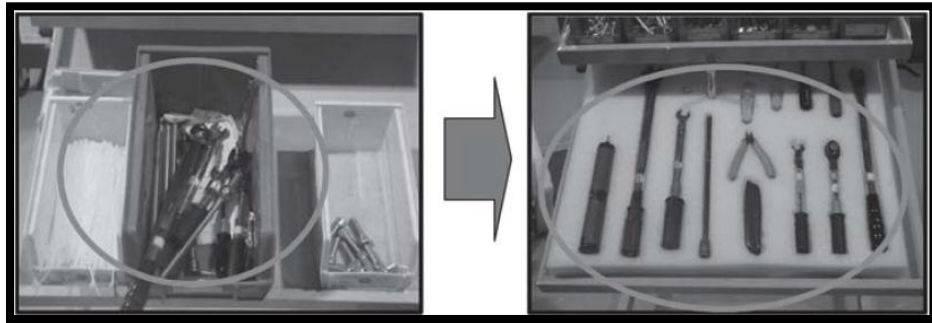


Fuente: RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad.** Ediciones Díaz de Santos. España. p.57

#### **Etapa IV. Implementación de la cuarta “S” Estandarizar (Seiketsu)**

La fase de seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil de trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo. El principal enemigo del seiketsu es una conducta errática, cuando se hace “hoy sí y mañana no”, lo más probable es que los días de incumplimiento se multipliquen. Su aplicación comporta las siguientes ventajas:

- Mantener los niveles conseguidos con las tres primeras “S”.
- Elaborar y cumplir estándar de limpieza y comprobar que éstos se aplican correctamente.
- Transmitir a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándar.
- Crear los hábitos de la organización, el orden y la limpieza.
- Evitar errores en la limpieza que a veces pueden provocar accidentes.
- Para implantar una limpieza estandarizada, el procediendo puede basarse en tres pasos:
- Asignar responsabilidades sobre las 3S primeras. Los operarios deben saber qué hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo.
- Integrar las actividades de las 5S dentro de los trabajos regulares.
- Chequear el nivel de mantenimiento de los tres pilares. Una vez se han aplicado las 3S y se han definido las responsabilidades y las tareas a hacer, hay que evaluar la eficiencia y el rigor con que se aplican.

**Gráfico 11: Ordenar**

Fuente: RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad.** Ediciones Díaz de Santos. España. p.60

### **Etapa V. Implementación de la quinta “S” Disciplina (Shitsuke)**

Shitsuke se puede traducir por disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligada al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S. Este objetivo la convierte en la fase más fácil y más difícil a la vez. La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas. La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación. El líder de la implantación lean establecerá diversos sistemas o mecanismos que permitan el control visual, como, por ejemplo: flechas de dirección, rótulos de ubicación, luces y alarmas para detectar fallos, tapas transparentes en las máquinas para ver su interior, utillajes de colores según el producto o la máquina, etc.

### **d) Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

#### **Definición**

El mantenimiento productivo total es una metodología de mejora que permite la continuidad de la operación, en los equipos y plantas, al introducir los conceptos de:

- Prevención.
- Cero defectos ocasionados por máquinas.

- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Participación total de las personas.

En las empresas de manufactura, el mantenimiento de las máquinas representa un problema si no es el adecuado, ya que impide la continuidad en la producción.

Además, es uno de los mayores generadores de desperdicio en productos y gastos operativos debidos a reparaciones. Esto resulta crítico si los procesos dependen en gran medida de la automatización o si se trata de procesos continuos.

### **Objetivos.**

El objetivo del TPM (mantenimiento productivo total) es asegurar que el equipo de fabricación se encuentre en perfectas condiciones y que continuamente produzca componentes de acuerdo con los estándares de calidad en un tiempo de ciclo adecuado. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. El lean manufacturing exige que cada máquina esté lista para empezar a trabajar en cualquier momento en respuesta a los requerimientos de los clientes. Conforme se aproxima al ideal de la producción sin stocks, se intenta asegurar que el equipo sea altamente fiable desde el arranque hasta la parada y con un funcionamiento perfecto y sin averías.

Desde una perspectiva estratégica, los objetivos más destacados del TPM son los siguientes:

- Implicar en la implantación del TPM a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos (ingeniería y diseño, producción, expedición y mantenimiento).

- Promover el TPM mediante actividades autónomas en pequeños grupos, fortaleciendo el trabajo en equipo, el incremento de la moral del trabajador y la creación de un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, con el fin de conseguir un entorno creativo de trabajo, seguro y agradable.
- Construir en la empresa capacidades competitivas sostenibles en el tiempo gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, la flexibilidad y la reducción de los costes operativos.

Desde una perspectiva operativa, los objetivos del TPM son:

- Maximizar la eficacia del equipo y de las instalaciones, eliminando o reduciendo los tiempos muertos debidos a averías, preparaciones y ajustes.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento idóneo para toda la vida útil del equipo de producción, que incluya la implicación activa y la participación de todas las personas (diseñadores, montadores, usuarios, etc.) para conseguir una mayor disponibilidad de las instalaciones.
- Mejorar la fiabilidad de máquinas, instalaciones y equipos industriales.

### **Procedimiento para implementar las técnicas TPM**

En estas condiciones, la implantación TPM requiere una metodología adecuada a las características de la empresa y sobre todo, formación de las personas. De una forma esquemática, el proceso de implantación TPM se puede desplegar en las siguientes fases:

#### **Fase preliminar**

En una fase preliminar es necesario modelizar la información relacionada con mantenimiento, identificando y codificando equipos, averías y tareas preventivas.

- **Paso 1.-** Volver a situar la línea en su estado inicial

El objetivo debe ser dejar la línea en las condiciones en las que fue entregada por parte del proveedor el día de su puesta en marcha: limpia, sin manchas de aceite, grasa, polvo, libre de residuos, etc.

- **Paso 2.-** Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso

Una fuente de suciedad (fugas de aire o de aceite, caídas de componentes, virutas de metal, etc.) es aquel lugar en el que, aunque se limpie continuamente, sigue generando suciedad. Estas fuentes de suciedad hay que considerarlas como causas de un mal funcionamiento o anomalías de los equipos, aunque está claro que unas repercutirán más que otras en el rendimiento de las instalaciones.

- **Paso 3.-** Aprender a inspeccionar el equipo

Para el proceso de implantación del TPM es fundamental que el personal de producción, poco a poco, se vaya encargando de más tareas propias de mantenimiento, hasta llegar a trabajar de forma casi autónoma. Para ello es imprescindible formación para transmitir los conocimientos necesarios a los operarios de la línea sobre el funcionamiento de las máquinas y los equipos. Esta formación cada vez será más detallada y abarcará más tareas multidisciplinarias.

- **Paso 4.-** Mejora continua

En este paso los operarios de producción realizan las tareas de TPM de forma autónoma, se hacen cargo de las técnicas necesarias y proponen mejoras en las máquinas que afecten a nuevos diseños de línea. Los responsables verifican los esfuerzos para mejorar los procedimientos de mantenimiento preventivo y supervisan sus actividades orientadas a elevar la rentabilidad económica de la planta.

Una vez iniciado un programa TPM, la calidad de su proceso de implantación debe ser auditada por el departamento de mantenimiento de cara a controlar los costes, comprobar que las actividades planificadas se han realizado y plantear objetivos para las siguientes fases.



En este punto conviene definir un sistema de indicadores accesible y fiable para capturar, medir, analizar y evaluar los resultados y desviaciones respecto al objetivo de manera metódica y fiable. Indicadores como el rendimiento de la mano de obra, las horas dedicadas a trabajos urgentes, los costes de reparación o la disponibilidad son válidos para estos sistemas aunque en el entorno Lean cobra vital importancia el indicador numérico natural para el TPM, denominado Índice de Eficiencia Global del Equipo, conocido como OEE (Overall Equipment Efficiency).

OEE es un indicador que se calcula diariamente para un equipo o grupos de máquinas y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido, si todo hubiera ido perfectamente, y las unidades sin defectos que realmente se han producido. Para la utilización de este indicador, se utilizan los índices de Disponibilidad, Eficiencia y Calidad. OEE es el producto de estos tres índices, de manera que:

$$\text{OEE (Eficiencia Global de Equipos Productivos)} = D \cdot E \cdot C$$

El coeficiente de disponibilidad (D) es la fracción de tiempo que el equipo está operando realmente, reflejando las pérdidas por averías y paradas. Para su cálculo se parte del tiempo disponible, también llamado tiempo de carga, que es el tiempo total de operación menos el tiempo muerto, planificado o necesario, tal como la interrupción del programa de producción, tiempos de descanso y reuniones diarias de taller. El tiempo operativo es el tiempo de carga menos el tiempo que la máquina está parada debido a averías, preparaciones, ajustes, cambio de técnicas y otras paradas.

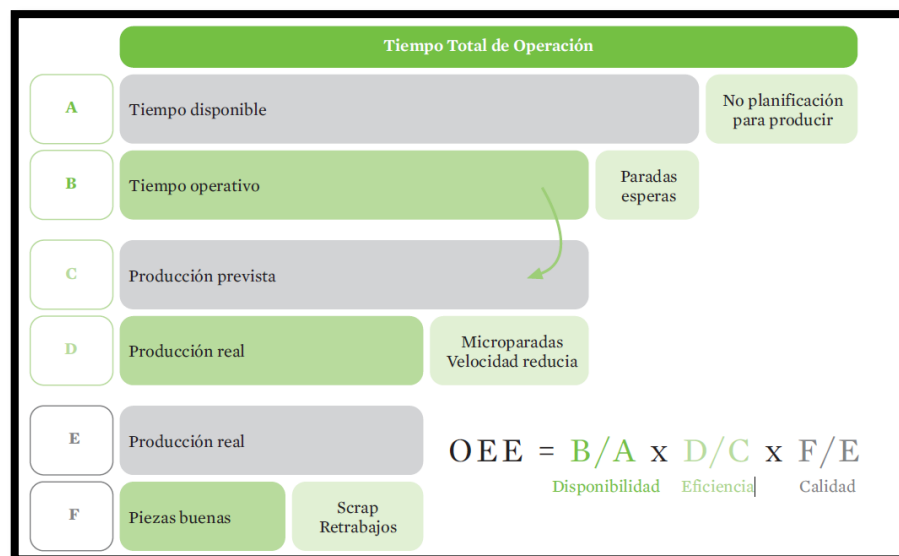
El coeficiente de eficiencia (E) mide el nivel de funcionamiento del equipo contemplando las pérdidas por tiempos muertos, paradas menores y pérdidas por una velocidad operativa más baja que la de diseño.

Por último, el coeficiente de calidad (C) mide la fracción de la producción obtenida que cumple los estándares de calidad reflejando

aquella parte del tiempo empleada en la producción de piezas defectuosas o con errores.

Disponer de un OEE de, por ejemplo, 60% significa que de cada 100 piezas buenas que la máquina podría haber fabricado, sólo ha producido 60. Este tipo de cálculo hace que el OEE se convierta en un examen severo. Por ejemplo, si los tres índices son del 90%, el OEE será 72,9%. En general, se considera que un muy buen OEE se situaría por encima del 85%. En la práctica, se acepta el establecimiento de objetivos distintos para cada índice, y así, por ejemplo, se podría plantear una disponibilidad del 90%, una eficiencia del 95% y un índice de calidad del 99,9%, lo que representa un OEE del 85%.

### Gráfico 12: Esquema de los componentes del OEE



Fuente: HERNANDEZ, Juan C(2013). **Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación**. Editorial medio ambiente industria y energía. Madrid. p.51

El cálculo del OEE es interesante porque en un único indicador se evalúan todos los parámetros fundamentales de la producción industrial y constituye una de las claves del Lean. De acuerdo con lo expuesto, la mejora de la eficacia con la que trabajan los equipos y las instalaciones permite el incremento de la eficiencia de todo el sistema productivo. El valor numérico de la eficiencia global es un porcentaje

que se determina con anterioridad a la introducción de mejoras para conocer el punto de partida del equipo cuya eficiencia se quiere incrementar. Este indicador permite valorar la progresión Lean a medida que se van introduciendo sucesivas mejoras. La importancia del indicador es tal que muchas consultoras/implantadoras Lean desarrollan toda su metodología alrededor de la explotación del OEE.

### **3.2.6 Indicadores de Gestión**

Se define un indicador como la relación entre las variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado, respecto de objetivos y metas previstos e influencias esperadas.

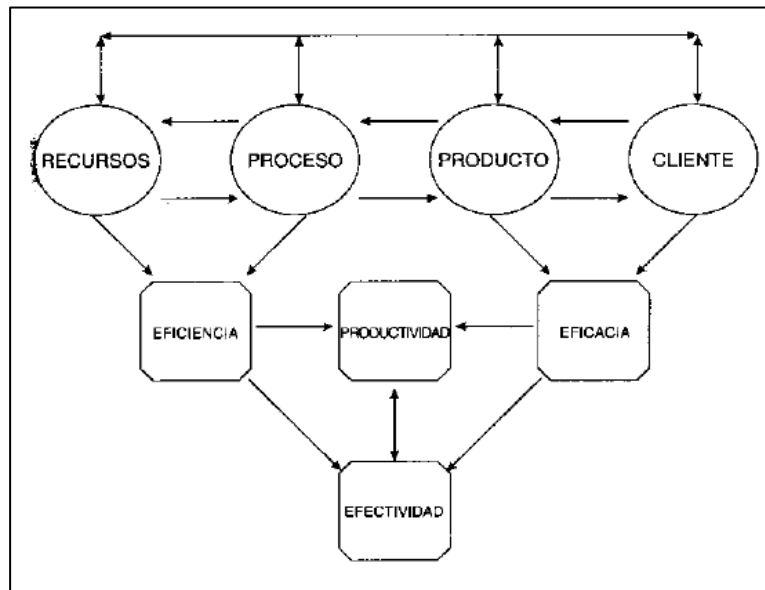
Esencialmente, medir es comparar una magnitud con un patrón preestablecido. Aunque existe la tendencia a “medirlo todo” con el fin de eliminar la incertidumbre, o, por lo menos de reducirla a su mínima expresión, la clave consiste en elegir las variables críticas para el éxito del proceso, y para ello es necesario seleccionar la más conveniente para medir y asegurar que esta última resuma lo mejor posible la actividad que se lleva a cabo en cada área funcional.<sup>14</sup>

Estos signos vitales o factores clave para el éxito, tal como se propone son la efectividad, la eficiencia, la eficacia y la productividad.

---

<sup>14</sup> BELTRÁN, Jesús (1998). Indicadores de gestión herramientas para lograr la competitividad. Ediciones 3R. Bogotá. P33

**Gráfico 13:** Sistema de la empresa con la localización de los factores clave de éxito de la gestión.



Fuente: BELTRAN, Jesus (1998). **Indicadores de Gestión Herramientas para lograr la competitividad**. 3R Editores. Bogotá. p. 23

**EFICACIA:** Es la relación entre los productos logrados y las metas que se tienen fijadas.

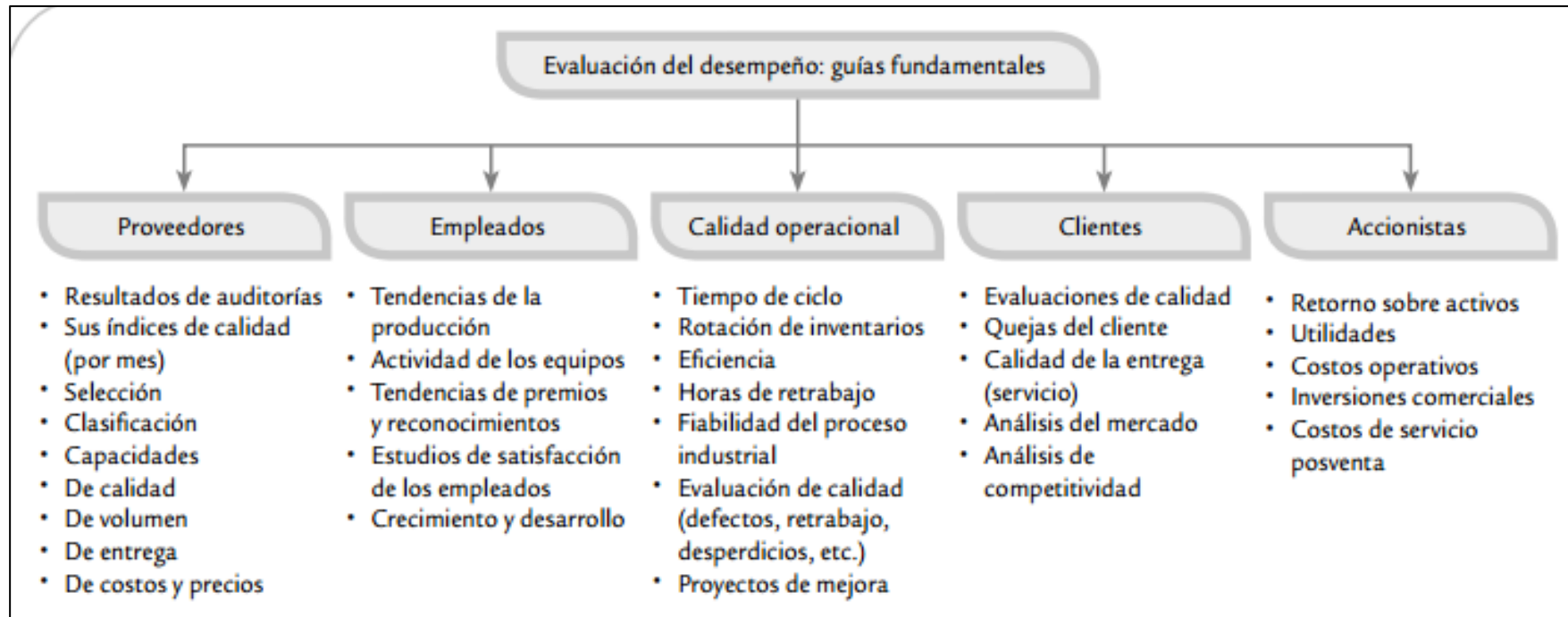
**EFICIENCIA:** Es la relación entre los recursos programados y los insumos utilizados realmente.

**EFECTIVIDAD:** Es la relación entre la eficacia y eficiencia.

**PRODUCTIVIDAD:** De manera que mejorar la productividad es optimizar el uso de los recursos y maximizar los resultados. De aquí que la productividad suele dividirse en dos componentes: eficiencia y eficacia<sup>15</sup>

<sup>15</sup> GUTIERREZ, Humberto (2013). **Control estadístico de la calidad y seis sigma**. Ediciones McGrawHill. Guanajuato. México. P.7

**Gráfico 14:** Se muestran algunos de los indicadores específicos que conforman cada una de las guías clave del negocio. Es importante que los datos de cualquier indicador clave sean realistas, mensurables, procesables, fiables, de rápida actualización y de fácil acceso a quienes lo requieren.



Fuente: GUTIERREZ, Humberto (2013). **Control estadístico de la calidad y seis sigma**. Ediciones MCGrawHill. Guanajuato. Mexico. p.9.

### 3.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS USADOS

**SMED:** Sistemas empleados para la disminución de los tiempos de preparación.

**Las 5S:** Técnica utilizada para el mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.

**Valor añadido:** Es una actividad que transforma la materia prima o información para satisfacer las necesidades del cliente.

**No valor añadido:** Tarea que no hace cambiar el estado del material.

**Despilfarro:** Actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente (no aportan valor al cliente).

**Estandarización:** Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas.

**Kaizen:** Significa “cambio para mejorar”, de manera que no se trata solamente de un programa de reducción de costes, si no que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas; es lo que se conoce comúnmente como “mejora continua”.

**Tarjeta roja:** Distintivo en forma de tarjeta de color rojo que se utiliza para señalar los objetos susceptibles de ser eliminados por obsolescencia o desuso.

**Tiempo de ciclo:** Es el tiempo que transcurre desde el inicio hasta el final de una operación.

**Tiempo de ciclo total:** Es la suma de todos los tiempos de ciclo de las operaciones individuales de un proceso.

**Tiempo de despilfarro:** Es el tiempo que incluye la búsqueda de plantillas y herramientas, esperas de carros o grúas y otras actividades no productivas no directamente relacionadas con los procedimientos de preparación.

**Tiempo de preparación:** Es la suma del tiempo de preparación interno y el tiempo de preparación externo.

**Tiempo de preparación externo:** Es el tiempo invertido por el operario realizando procedimientos de preparación independientes de la maquina mientras esta está en marcha.

**Tiempo de preparación interno.** Es el tiempo durante el cual la maquina no añade ningún valor a la pieza.

**TPM:** Es un conjunto de técnicas orientadas a realizar un mantenimiento preventivo de los equipos, por parte de todos los empleados, para minimizar los tiempos de parada por avería.

**PROCESO:** Secuencia [ordenada] de actividades [repetitivas] cuyo producto tiene valor intrínseco para su usuario o cliente.

**Equipos de mejora (equipos kaizen):** Equipos de seis personas a ocho miembros que abordan la resolución de problemas específicos o el despliegue de nuevas técnicas. Son equipos multidisciplinarios formados por personas de diferentes niveles de responsabilidad y departamentos.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1 HIPÓTESIS

Debido que la investigación es de tipo descriptivo (Sampieri, 2010) y no se está pronosticando un hecho o dato, el presente trabajo no plantea hipótesis.

#### 4.2 VARIABLE

Mejora de la efectividad de los Estudios de Mecánica de Suelos empleando Manufactura Esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L.

#### 4.3 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LA VARIABLE, DIMENSIONES E INDICADORES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Mejora de la efectividad de los procesos del laboratorio de suelos empleando manufactura esbelta	Identificación de procesos operativos	Procesos identificados
	Efectividad de los procesos	Eficacia
		Eficiencia
	Ineficiencia de los procesos	Causas de ineficiencia
	Manufactura esbelta	Herramientas de manufactura esbelta
	Propuesta de mejora	Informe
	Estimación de la efectividad	Reportes de estimación



#### 4.4. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

##### Nivel

El desarrollo de la presente investigación presenta un nivel descriptivo.<sup>16</sup>

##### Tipo

En el entendido que para la ejecución de ésta investigación utilizaremos conocimientos generados por la investigación básica, para solucionar un problema específico, la investigación que realizaremos será del tipo aplicada<sup>17</sup>.

#### 4.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación a desarrollar, es no experimental transversal y descriptivo.

##### **Esquema de investigación**

**E ← O**

Dónde:

**E:** Estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación humana que se realiza en la empresa LEMICONS S.R.L.

**O:** Propuesta de mejora de la efectividad empleando manufactura esbelta.

#### 4.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

Los Estudios de Mecánica de Suelos con fines de Habilidad urbana que se desarrolla en la empresa LEMICONS S.R.L.

---

<sup>16</sup>Según Héctor Martínez Ruiz y Elizabeth Ávila Reyes, en su libro Metodología de la investigación pág. 99, manifiesta que la investigación descriptiva es un nivel de investigación y no un tipo.

<sup>17</sup> Según Patricio Díaz Narváez, las investigaciones aplicadas tienen importancia práctica y científica, toda vez que permiten someter a confirmación empírica los resultados de las investigaciones teóricas. Además, las investigaciones impulsan el desarrollo de las investigaciones fundamentales al poner a la ciencia en relación directa con nuevos problemas prácticos que requieren, para su solución, nuevas explicaciones teóricas.

#### 4.7 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

- Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos e información.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	ITEMS
1. Observación no estructurada	1.1 Ficha de observación	Para la obtención de datos
2. Encuesta	2.1. Ficha de encuesta	Para la obtención de datos
3. Entrevistas	3.1 Ficha de entrevista	
4. Fichaje	4.1. Fichas Textuales	Para el desarrollo de la perspectiva teórica (Estado del arte)
	4.2. Resúmenes	Para el desarrollo del Marco teórico
5. Análisis documental	5.1 Fichas de resumen	Para el desarrollo de los objetivos y la obtención de información
	5.2. Fichas de análisis	
	5.3. Análisis de informes, etc.	
6. Estadística	6.1 Tablas y graficas	Para el desarrollo del análisis de datos

Procesamiento y presentación de datos. Para el procesamiento y análisis de los datos de usará estadística descriptiva y para la presentación de los datos se usaran cuadros, tablas, y gráficos de acuerdo a los resultados obtenidos luego de la aplicación de los instrumentos de investigación y mediante la utilización del paquete estadístico SPSS y Excel de Windows 2010.

También se empleó un aplicativo diseñado por mi persona, que permitió elaborar el VSM.

## CAPÍTULO V

### **5. RESULTADOS**

#### **5.1 ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO**

En esta etapa se realizó el estudio de la situación actual, para la elaboración de los estudios de mecánica de suelos (EMS), identificando todas las actividades que ocurren a lo largo de un flujo de valor, con el fin de conocer sus rendimientos mediante los indicadores, con esta finalidad se realizaron las siguientes actividades:

##### **5.1.1 Reunión de Planificación**

Se formó el grupo KAIZEN, integrado por los jefes de área que aportaron ideas para las mejoras que se puede realizar dentro de su espacio de influencia en el desarrollo de los EMS.

##### **5.1.2 Selección de la Línea de Producción a Estudiar**

La empresa LEMICONS brinda una gran gama de servicios al sector construcción, destacando dentro de ella la familia de productos de estudio de mecánica de suelos los cuales son:

- Estudio de mecánica de suelos con fines de Habilitación Urbana.
- Estudio de mecánica de suelos con fines de Cimentación.
- Estudio de mecánica de suelos con fines de Pavimentación.
- Estudio de mecánica de suelos con fines de Saneamiento.
- Estudio de mecánica de suelos con fines de Estructuras Apoyadas.

A continuación, se muestran los distintos tipos de estudios de mecánica de suelos con sus respectivos ensayos que se realizan en la empresa.

Tabla 1: Familia de productos elaborados por la empresa LEMICONS

PRODUCTOS DE LA EMPRESA LEMICONS		ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS						
		ESTANDAR			ESPECIALES			
		Cont. De Humedad	Granulometría x Tamizado	Limite Líquido y Plástico	CBR	Prodor	Corte directo	Compresión Simple
	Estudio de mecánica de suelos con fines de Habilitación Urbana	X	X	X	X	X	X	X
	Estudio de mecánica de suelos con fines de Cimentación	X	X	X	X	X	X	
	Estudio de mecánica de suelos con fines de Pavimento	X	X	X	X		X	
	Estudio de mecánica de suelos con fines de saneamiento.	X	X	X	X		X	
	Estudio de mecánica de suelos con fines de estructuras apoyadas	X	X	X		X	X	

Fuente: Empresa LEMICONS.

Como se observa en la tabla 1, del conjunto de informes de EMS, se eligió el “EMS con Fines de Habilitación Urbana”, por que comparten la mayor cantidad de ensayos estándar y especiales, aprovechando el estudio no sólo para el producto sino para toda la familia de productos, siendo este uno de los productos que genera mayor impacto económico a la empresa.

### 5.1.3 Toma de datos de la línea de producción a estudiar

- Identificado el producto a estudiar, “Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de Habilitación Urbana”, se obtuvo datos de la situación actual, se tomó datos durante tres meses, periodo de abril a junio del 2016, resultando seis estudios de mecánica de suelos de habilitación urbana (ver tabla 2).
- Este tipo de estudio se realiza en un plazo promedio de 15 días naturales, información recopilada al entrevistar al Gerente General y verificada con la recolección de información de los EMS en estudios (ver tabla 2).

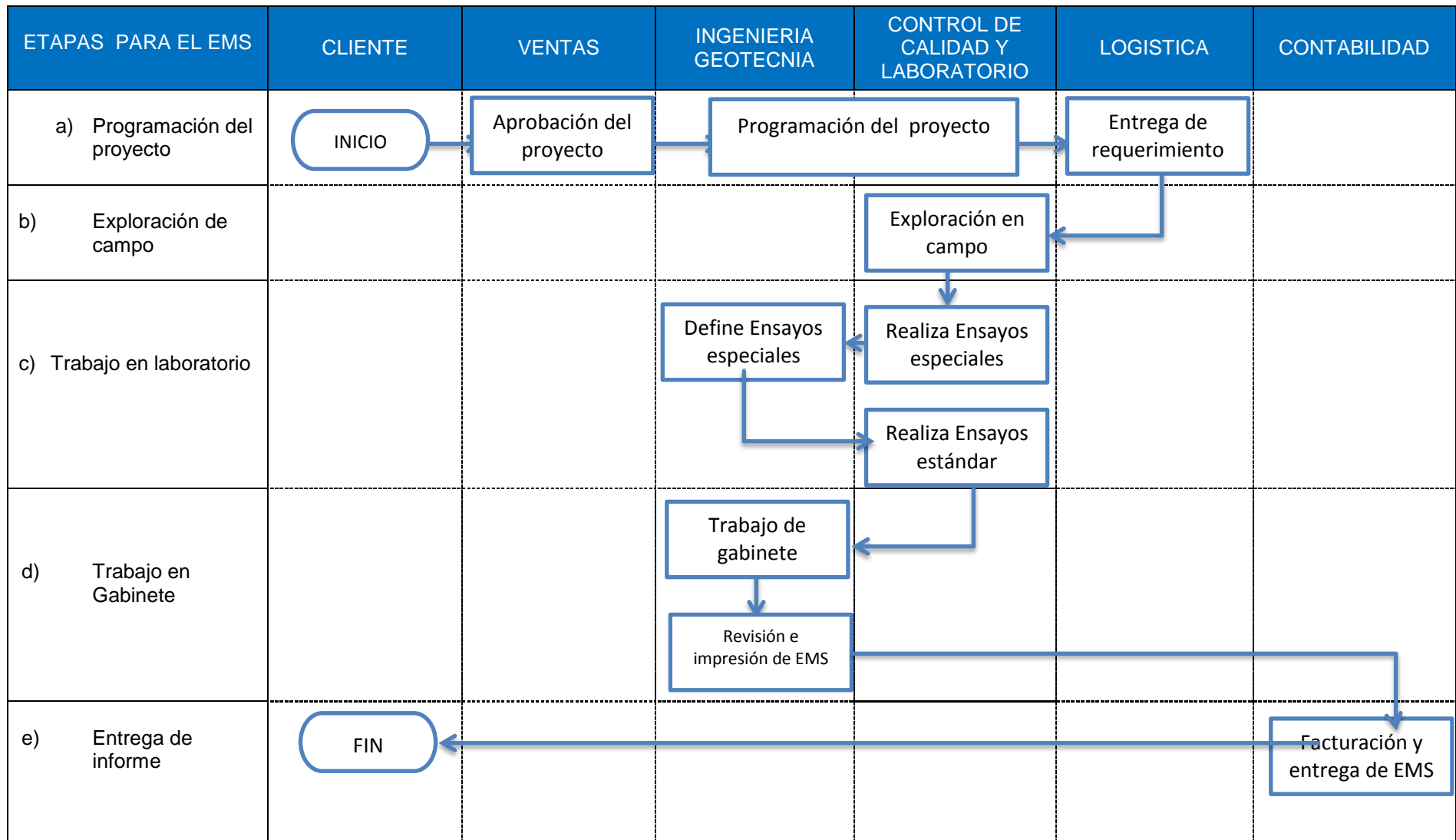
Tabla 2: Lista de informes realizados entre los meses de abril a junio.

INFORME ENTREGADO			
Nº	CODIGO	NOBRE DEL PROYECTO	DÍAS PARA SU EJECUCIÓN
1	LEM-GI604056	EMS CON FINES DE HABILITACIÓN URBANA RISCO	14
2	LEM-GI604057	EMS CON FINES DE HABILITACIÓN URBANA CAICAY	15
3	LEM-GI605061	EMS CON FINES DE HABILITACIÓN URBANA – TERRENO GUTIERREZ	14
4	LEM-GI605069	EMS CON FINES DE HABILITACIÓN URBANA – TERRENO KANASHIRO	16
5	LEM-GI6106073	EMS CON FINES DE HABILITACIÓN URBANA – PUCUSANA	17
6	LEM-GI606074	EMS CON FINES DE HABILITACIÓN URBANA – MANUEL SCORZA	15
Promedio de entrega de los informes es de 15.2 días			

Fuente: Empresa LEMICONS.

- El laboratorio de suelos cuenta con una capacidad para procesar treinta ensayos estándar en dos días y los ensayos especiales en cuatro días, estudio que involucra 10 excavaciones en campo a una profundidad de 3 metros o hasta encontrar el nivel freático en una extensión de tres hectáreas.
- La empresa cuenta con 22 trabajadores distribuido por áreas de la siguiente manera:

Área de laboratorio	14 trabajadores.
Área de calidad	01 trabajadores.
Área de geotecnia	04 trabajadores.
Área de logística	01 trabajador.
Área de contabilidad	02 trabajadores.
- El presente estudio comprende como punto de inicio el área de ventas y culminando con la facturación y entrega del EMS al cliente, a continuación se muestra el diagrama de flujos para la elaboración del EMS con Fines de Habilitación Urbana.

**Gráfico 15:** Diagrama de flujo funcional para la elaboración de Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de Habilitación Urbana.

Fuente: Empresa LEMICONS

## DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

Como se aprecia en el flujo funcional de procesos Gráfico 15, existen cinco etapas bien definidas, denominadas:

- a. Etapa de Programación del Proyecto.
- b. Etapa de Exploración de Campo.
- c. Etapa de Trabajo en Laboratorio.
- d. Etapa de Trabajo en Gabinete.
- e. Etapa de la Entrega del EMS.

Se realizará una breve descripción de las principales actividades ejecutados en cada etapa.

### **a) Etapa de Programación del proyecto.**

Comienza, con el aviso del área de ventas sobre la aprobación de un proyecto de EMS a las áreas de:

- Ingeniería Geotecnia
- Control de Calidad y Laboratorio

Dichas áreas coordinan los trabajos a realizar, cada área entrega información detallada para el desarrollo, ejecución y monitoreo del proyecto.

### **b) Etapa de Exploración en campo.**

Se realizan las excavaciones de calicatas, realizando una clasificación de los estratos, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, compacidad, consistencia etc.

Es en esta etapa se extrae 3 kilos para ensayos estándar y 50 kilos para ensayos especiales para llevarlo al laboratorio.

Se realizan también algunos ensayos como Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL), Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y Densidad por cono de arena, todo in situ.

El trabajo en esta etapa termina con la entrega de muestras, entrega de registros y fotos panorámicas al área de Laboratorio de Suelos.



**c) Etapa de Trabajo en Laboratorio.**

En esta etapa se realizan los ensayos tanto estándar como especiales, siendo los estándares:

- Contenido de humedad,
- Granulometría por tamizado
- límite líquido y plástico.

Y los especiales:

- Densidades máximas y mínimas.
- Compresión simple.
- Corte directo.
- Proctor.
- California Bearing Ratio (CBR)

Asimismo los ensayos de análisis químicos se envía al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la “Universidad Nacional de Ingeniería”, para determinar el contenido de sulfatos y cloruros en muestras de suelos alterados y representativos.

Todos nuestros ensayos se realiza bajo las normas de la American Society for Testing and Material (ASTM).

Todos estos resultados se proporcionan al área de Ingeniería Geotecnia.

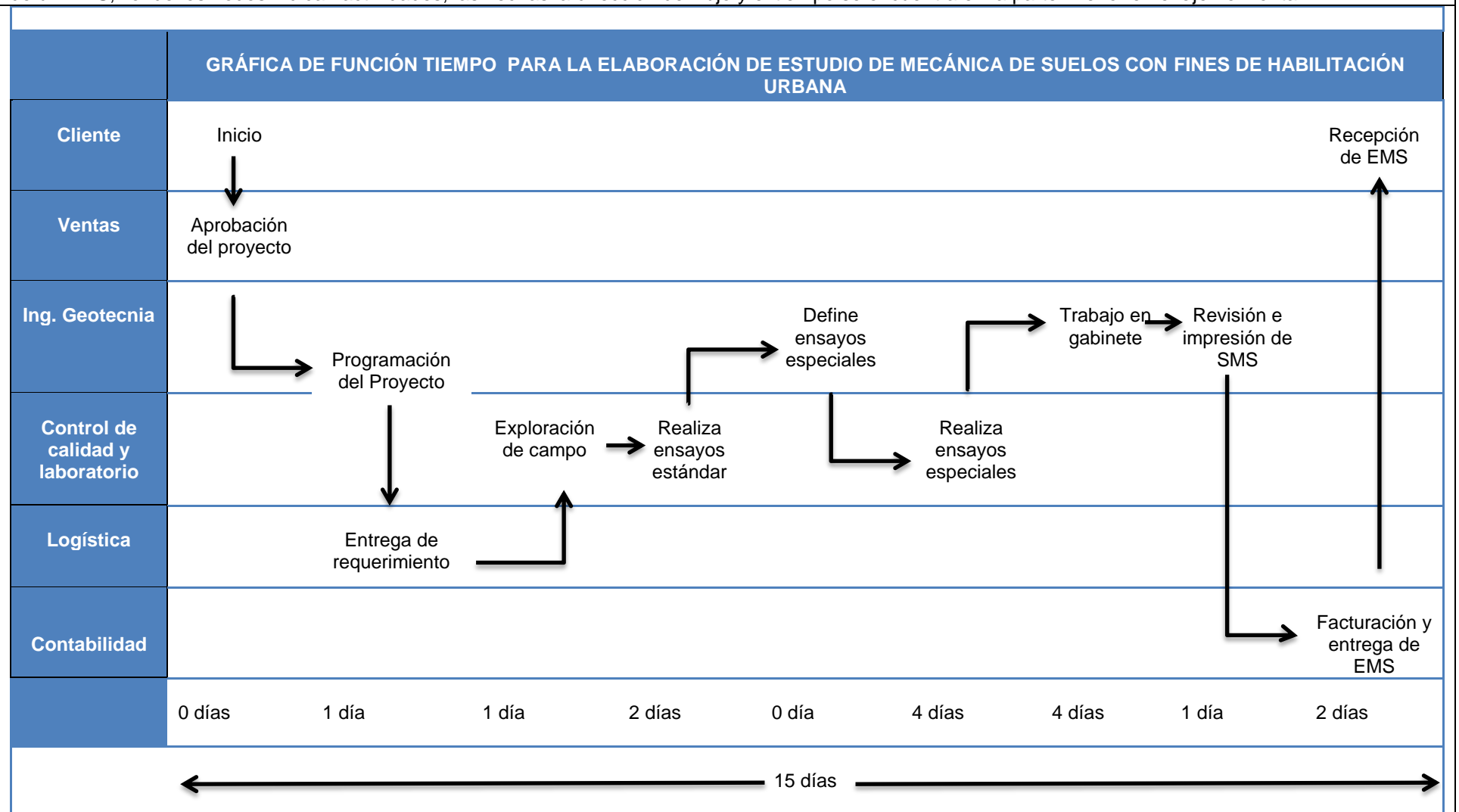
**d) Etapa de Trabajo en gabinete.**

Con la información proporcionada por el laboratorio de suelos se realiza los cálculos necesarios para la elaboración de los perfiles estratigráficos de cada calicata, análisis de cimentación, análisis químicos, aspectos sísmicos, empujes laterales y las especificaciones técnicas. Toda esta información se convierte en nuestro Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de Habilitación Urbana.

**e) Etapa de entrega de informes.**

En esta etapa se realiza la facturación y coordinación del envío de estudio de mecánica de suelo al cliente, esta función recae sobre el área de Contabilidad.

**Gráfico 16: GRÁFICA DE FUNCIÓN TIEMPO**, Permite visualizar la distribución del tiempo en función de las áreas que interactúan en el desarrollo de un EMS, Donde los nodos indican actividades, las flechas la dirección del flujo y el tiempo se encuentra en la parte inferior en el eje horizontal.



Fuente: Empresa LEMICONS

## **ADMINISTRACIÓN DE PROYECTO PERT Y CPM**

Para poder conocer y controlar las distintas actividades del proyecto se usó la herramienta PERT y CPM, hallando en promedio los tiempos de ciclos de cada etapa de trabajo y permitiendo conocer las tareas que se desarrollan en dicha etapa.

Se usó estas herramientas con el fin de hallar el camino crítico del proceso y buscar oportunidades de mejora.

### **a) ESTIMACIONES DE TIEMPO EN PERT.**

En el análisis PERT empleamos una distribución de probabilidad con base en tres estimaciones de tiempo para cada actividad siendo las siguientes:

- Tiempo optimista (a)
- Tiempo pesimista (b)
- Tiempo más probable (m)

La estimación del tiempo PERT del EMS en estudio lo vemos en el Gráfico 17.

### **b) ANÁLISIS DE LA RUTA CRÍTICA CPM.**

Se identificaron los tiempos más cercanos y lejanos, y la ruta crítica con el enfoque de CPM. La ruta crítica son aquellas actividades donde la holgura se encuentra de color rojo, siendo las tareas:

- A. Programación del proyecto
- B. Excavación de calicatas
- C. Realiza ensayos estándar
- D. Realizan ensayos especiales
  - I. Empuje lateral
- J. Revisión
- K. Impresión del informe de EMS
- L. Recepción del cliente

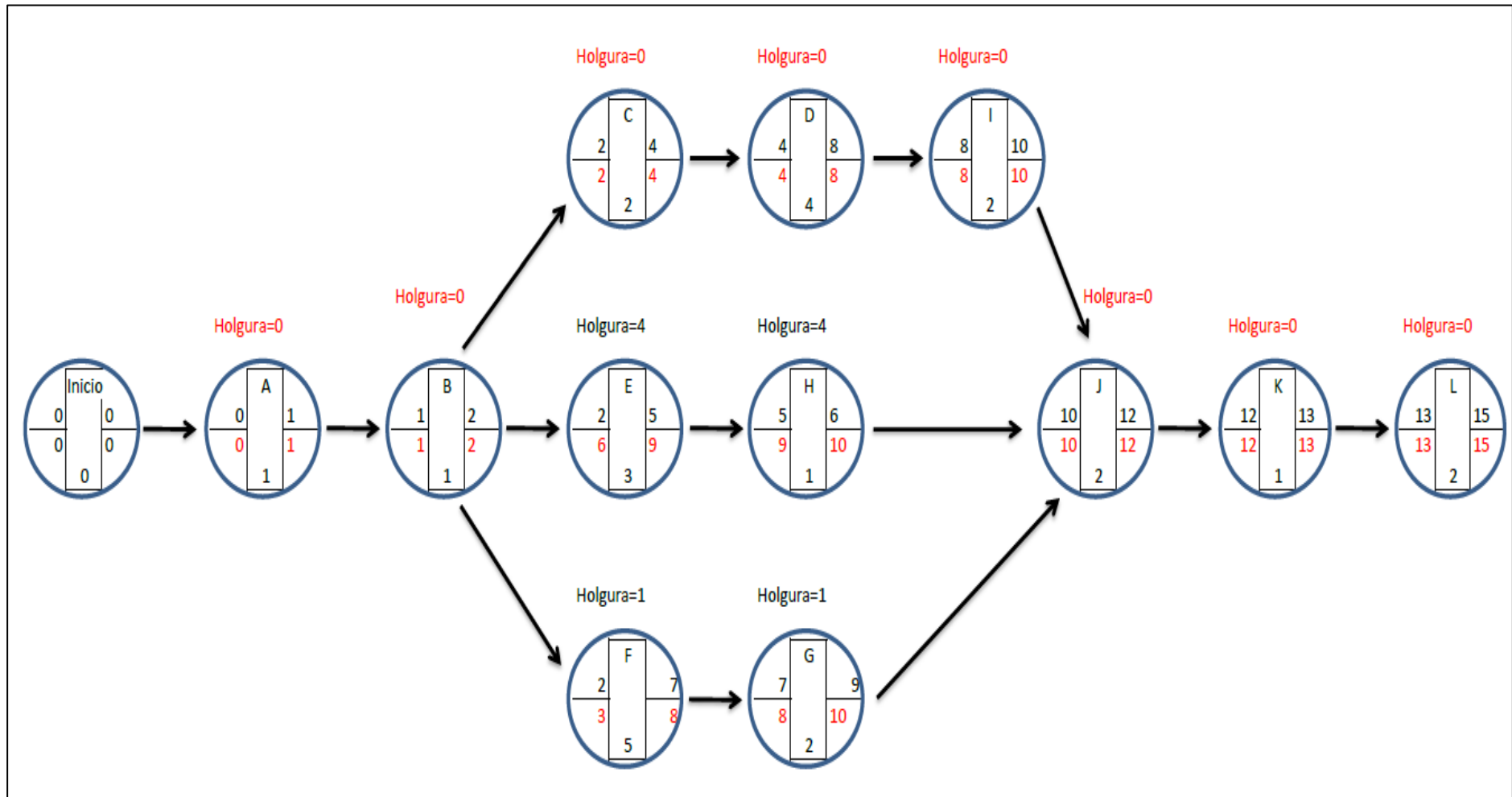
Como "L" es la última tarea del proyecto, esto implica que el tiempo en concluir el proyecto es de 15 días. Lo vemos en el Gráfico 18.

**Gráfico 17:** Análisis PERT

ETAPAS PARA LA ELABORACIÓN DE EMS CON FINES DE HABILITACIÓN URBANA								
ACTIVIDADES	TAREA	SÍMBOLO	PRECEDENTES INMEDIATOS	Tiempo en días			Tiempo esperado $T=(a+4m+b)/6$	Varianza $[(b-a)/6]^2$
				Optimista (a)	Más probable (m)	Pesimista (b)		
PLANIFICACIÓN	Programación del proyecto	A	---	0.5	1	1	1	0.00
EXPLORACIÓN DE CAMPO	Excavación de calicatas	B	A	1	1	1	1	0.00
TRABAJO EN LABORATORIO	Realiza ensayos estándar	C	B	1.8	2	3	2	0.04
	Realizan ensayos especiales	D	C	4	4	5	4	0.03
	Ensayos químicos	E	B	2	3	4	3	0.11
TRABAJO DE GABINETE	Generalidades del informe	F	B	4	5	6	5	0.11
	Análisis de cimentación.	G	F	1	2	3	2	0.11
	Análisis químico	H	E	0.5	1	2	1	0.06
	Empuje lateral	I	D	1	2	3	2	0.11
	Revisión	J	I,H,G	0.5	1	2	1	0.06
	Impresión del informe de EMS	K	J	0.8	1	1.5	1	0.01
ENTREGA DEL INFORME	Recepción del cliente	L	K	1	2	3	2	0.11

Fuente: Empresa LEMICONS

Gráfico 18: Análisis CPM.



Fuente: Empresa LEMICONS.

## VARIANZA GLOBAL DEL PROYECTO DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

La varianza del proyecto se calcula sumando las varianzas de las actividades críticas, datos que recopilamos del análisis CPM. (Ver Gráfico 18) Con dicha información desarrollamos la siguiente tabla.

Tabla 4: Tiempos de las tareas del proceso de elaboración de informes para hallar la varianza.

Actividad	Tiempo			Tiempo esperado $T=(a+4m+b)/6$	Varianza $[(b-a)/6]^2$
	Optimista (a)	Más probable (m)	Pesimista (b)		
A	1	1	2	1	0.00
B	1	1	2	1	0.00
C	2	2	3	2	0.04
D	4	4	5	4	0.03
I	2	2	3	2	0.11
J	0.5	1	2	1	0.06
K	0.5	1	2	1	0.01
L	1	2	3	2	0.11
Varianza del proyecto					0.76

Fuente: Empresa LEMICONS

Lo cual implica:

$$\text{Desviación estándar del proyecto} = \frac{\sqrt{0.76}}{1} = 0.87 \text{ días.}$$

Se desea conocer la probabilidad de terminación del proyecto en el periodo de 16 días útiles, usando la ecuación normal estándar:

$$z = \frac{(\text{fecha de entrega} - \text{fecha de terminación esperada})}{\sigma}$$

$$z = \frac{(16 - 15)}{0.87} = 1.1494$$

Dónde:

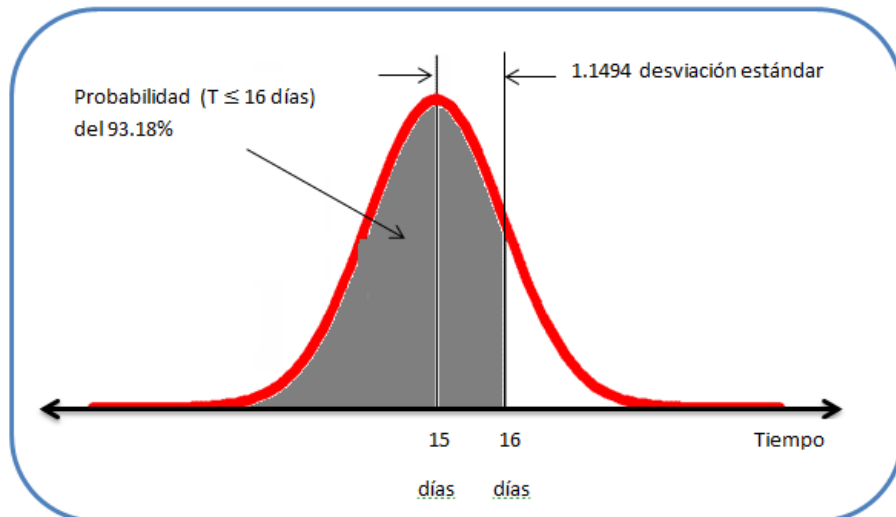
Z es el número de desviación estándar que se aleja de la fecha de entrega, o fecha meta.

Al consultar la tabla normal, encontramos un valor de Z de 1.1494 a la derecha de la media, lo que indica una probabilidad de **93.18%** de que el

proyecto de elaboración de EMS con fines de habilitación urbana pueda realizarse en 15 días útiles.

Lo anterior se muestra en la siguiente figura.

**Gráfico 19:** Probabilidad del término del proyecto.



Fuente: Empresa LEMICONS

Se desea saber la fecha de entrega del proyecto con una probabilidad de 99% ¿cuál es el valor exacto de esta nueva fecha de entrega?

Consultando la tabla normal, se identifica un valor Z de 2.33 como el valor más cercano a la probabilidad de 0.99

Remplazando en la fórmula:

$$2.33 = \frac{(fecha\ de\ entrega - 15)}{0.87}$$

$$fecha\ de\ entrega = \frac{(2.33 \times 0.87) + 15}{1}$$

$$fecha\ de\ entrega = 17\ dias$$

Podemos concluir que se entregara en EMS en 15 días útiles con una probabilidad de 93.18%. Y se entrega el EMS en 17 días útiles con una probabilidad de 99%.

#### **5.1.4 Elaboración del VSM actual**

Se realizó un aplicativo de la herramienta Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Maps) en Excel, aplicativo a través del cual se visualizará y analizará el proceso de elaboración de Estudios de Mecánica de Suelos con fines de Habilitación Urbana, realizando la mejor propuesta en un ambiente virtual, libre de riesgo, para determinar con precisión qué herramientas de Manufactura Esbelta se usará para la eliminación o disminución de los desperdicios hallados, midiendo mediante el aplicativo el impacto relativo de cada etapa de trabajo sobre el rendimiento global del sistema de producción, permitiendo suministrar la información necesaria para la toma de decisiones que permitirá aumentar la eficiencia del proceso en estudio y por consecuencia el aumento de las utilidades en la empresa.

Dicho simulador permite hallar:

- a) El tiempo lead time (plazo de entrega).
- b) El cuello de botella.
- c) El takt time
- d) La eficiencia de la línea de producción.

Estos datos lo visualizaremos al colocar los tiempos de ciclo en cada estación de trabajo proporcionados por la toma de tiempos mediante el uso del PER y CPM, los resultados serán presentados mediante gráficos dinámicos que facilitaran la interpretación.

Se diseñara el mapa de flujo de valor actual (Value Streaming Mapping) con el propósito de identificar los desperdicios que se encuentran en la línea de producción para la elaboración de EMS.



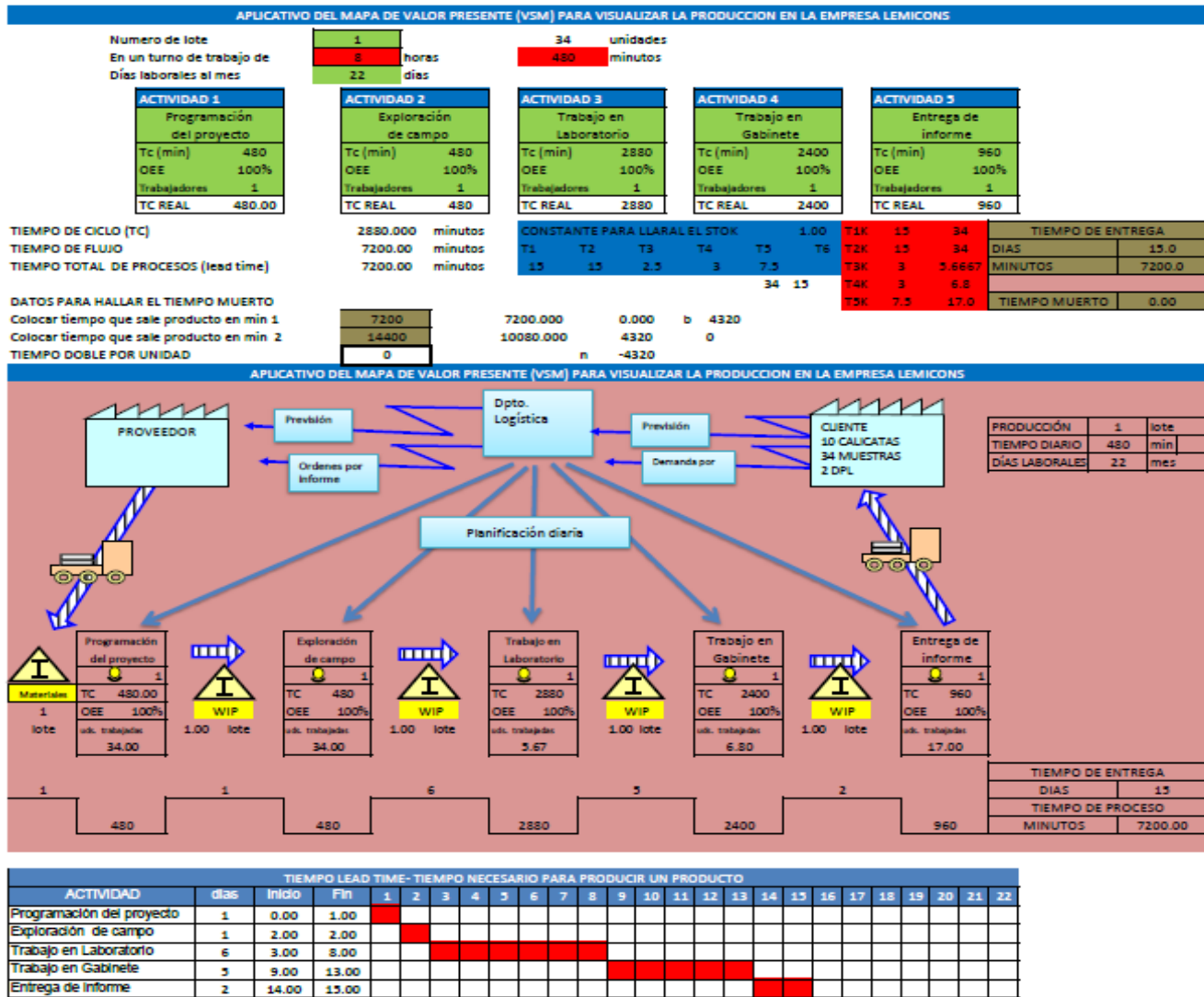
En el gráfico 20, se muestra el pantallazo del aplicativo desarrollado en Excel, visualizando las siguientes partes:

- En la parte superior encontramos las actividades que se realizan e introducimos los datos de tiempo de ciclo de cada etapa.
- En la parte central de color rosado se visualiza la herramienta de mapa del flujo de valor.
- En la parte derecha e inferior se encuentra, el tak time, cuello de botella, eficiencia de la línea de producción y el lead time.

En el Gráfico 21, se se aprecia que la capacidad para la elaboración de los informes de estudio de mecánica de suelos es de dos informes al mes.

En el grafico 22, se aprecia la situación actual de la empresa.

Gráfico 20: Imagen del simulador del VSM para los procesos de la empresa LEMICONS.



Fuente: Empresa LEMICONS

INDICADORES

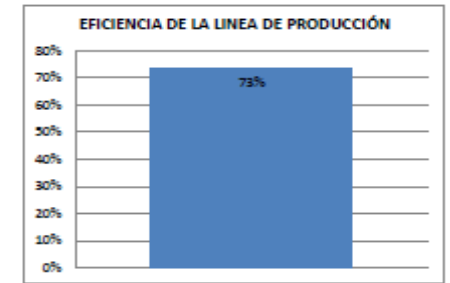
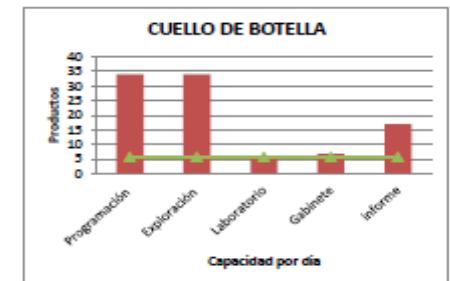
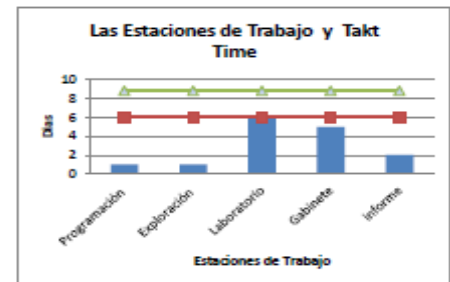
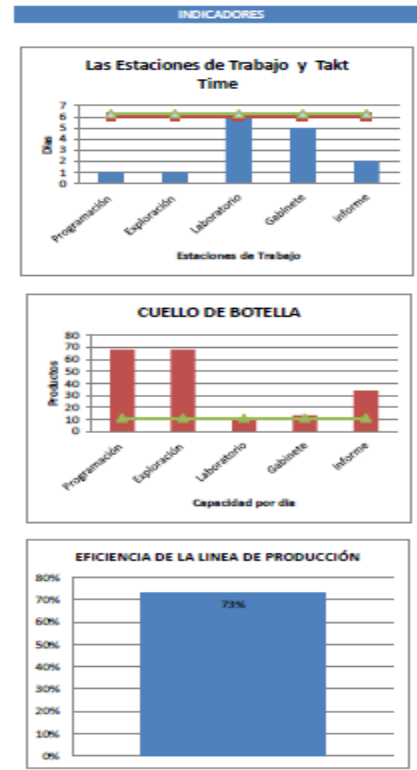
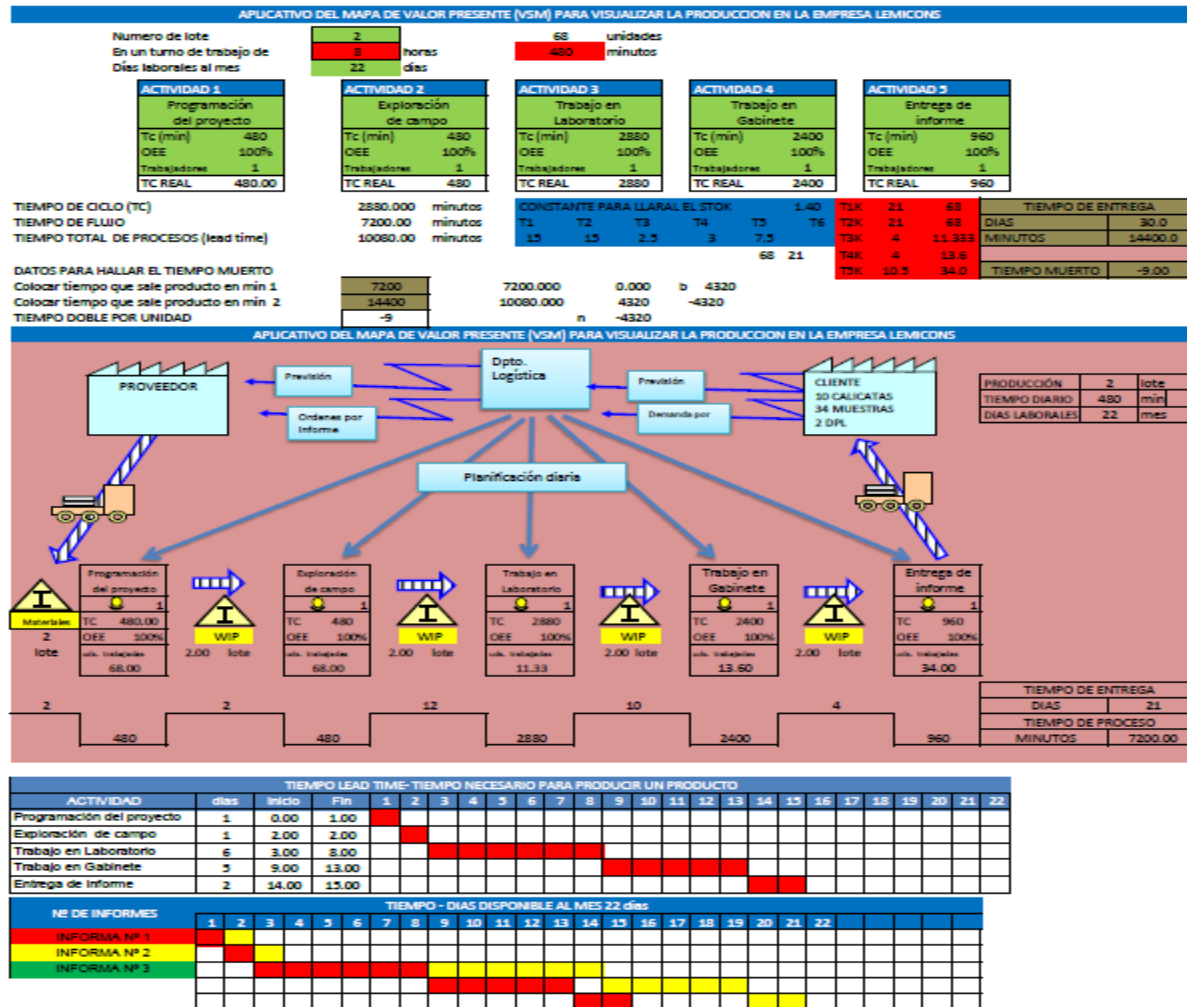
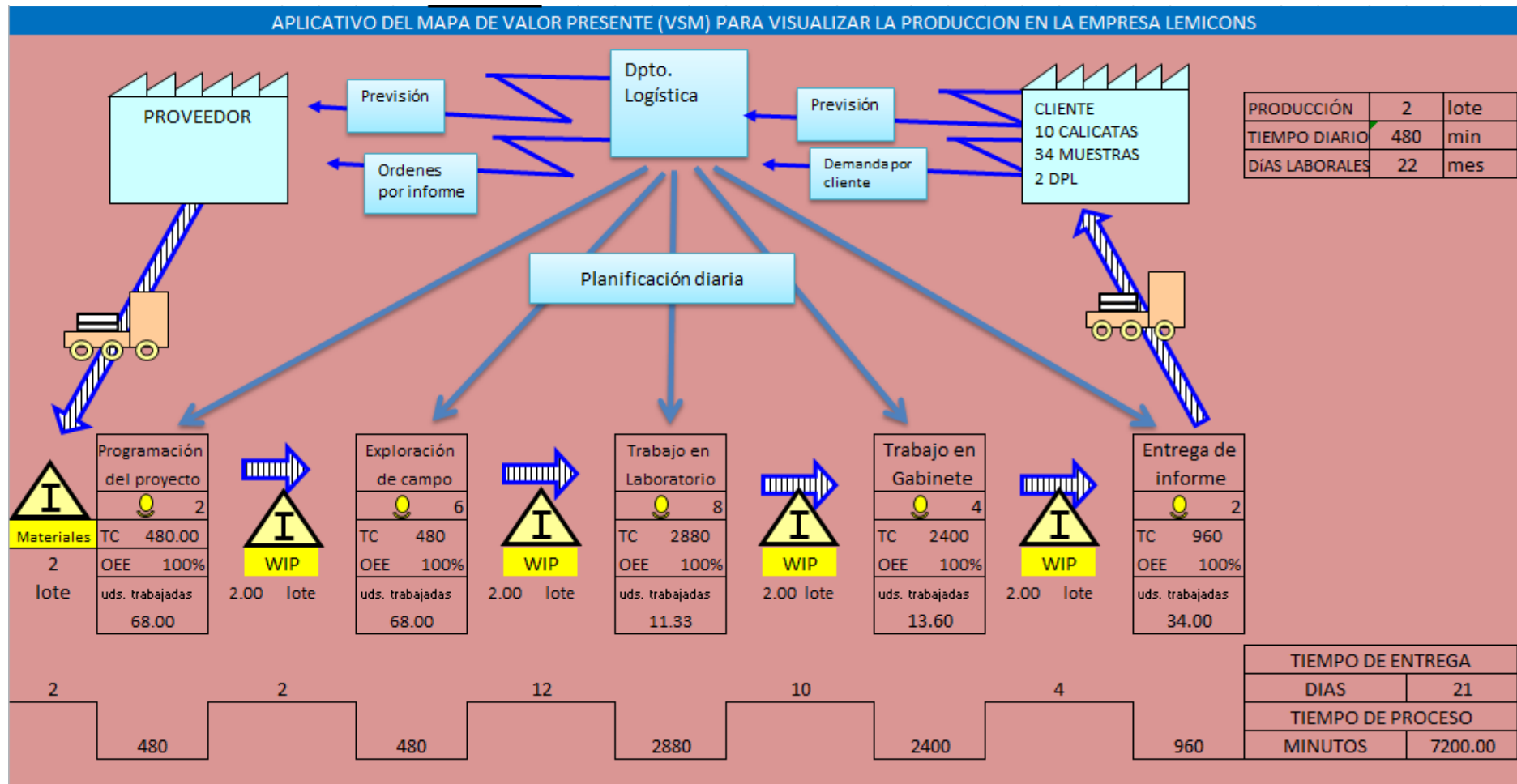


Gráfico 21: Mapa Del Valor Presente (VSM.)



Fuente: Empresa LEMICONS

Gráfico 22: VSM de la situación actual de la empresa



Fuente: Empresa LEMICONS

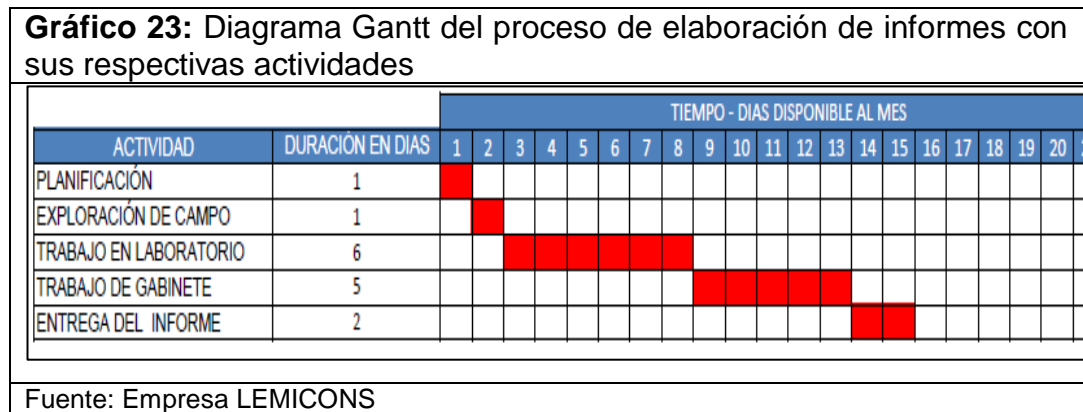
### ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DEL APLICATIVO

El aplicativo nos muestra los siguientes datos en un mes de trabajo en la elaboración de EMS con fines de habilitación urbana.

La capacidad que tiene el laboratorio de suelos en un mes, es procesar 30 ensayos estándares y 4 ensayos especiales.

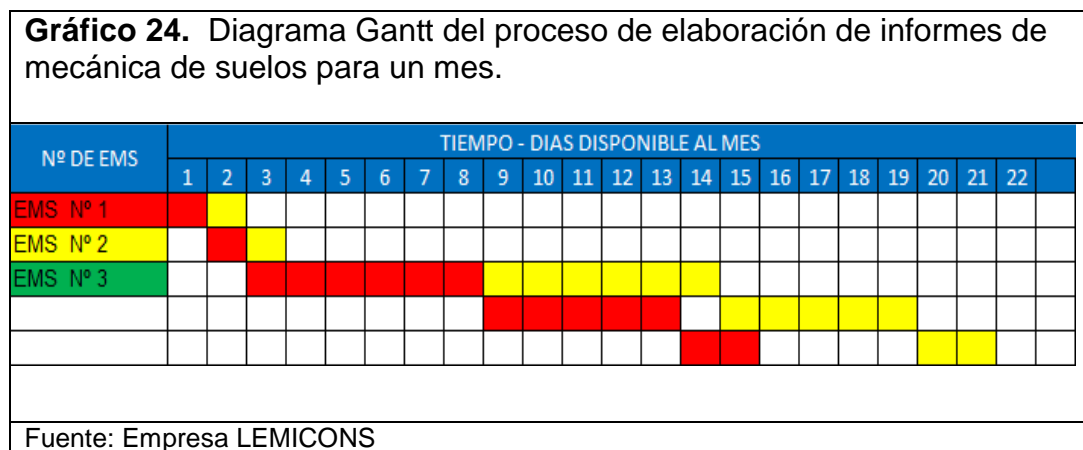
**a) El tiempo lead time (plazo de entrega).**

En el VSM actual se visualiza que a este ritmo de trabajo el tiempo de entrega del primer EMS es de 15 días útiles, como se ilustra en el Gráfico N° 23.



La empresa LEMICONS tiene una capacidad para elaborar dos estudios de mecánica de suelos al mes, laborando 22 días al mes.

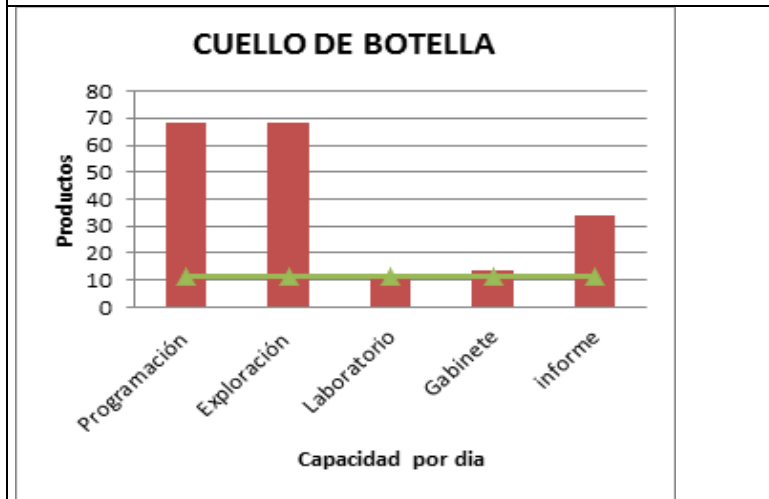
En el Gráfico 24, se observa los tiempos que demora el desarrollo de cada estudio de suelo, el número 1 se demora 15 días y está representado por el color rojo, el EMS número 2 se termina en el día 21 y está representada por el color amarillo.



### b) El cuello de botella

El cuello de botella se encuentra en la estación tres, llamado “Trabajo en Laboratorio”, siendo esta la restricción de la línea de producción para la elaboración del EMS, con una capacidad de procesamiento de 11 ensayos realizados al día de las 68 unidades que tiene que realizar en 12 días, como se ve el Gráfico N° 25.

**Gráfico 25.** Cuello de botella.

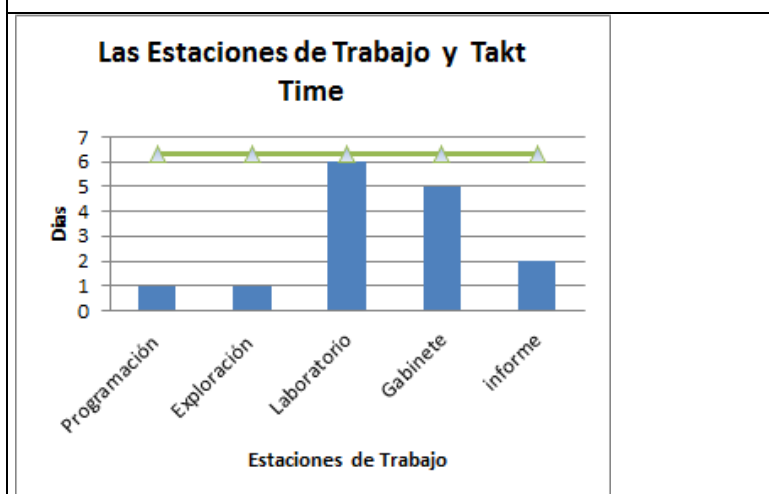


Fuente: Empresa LEMICONS

### c) El Takt Time.

La demanda es de dos EMS al mes, a nivel de cálculo se considera aceptable el takt time necesario para satisfacer a los clientes.

**Gráfico 26.** Tiempo takt time y el tiempo de ciclo



Fuente: Empresa LEMICONS

#### d) La eficiencia de la línea de producción.

La eficiencia con que está trabajando la línea de producción en la actualidad es de 73%.

Tabla 5: Eficiencia de la línea de producción.

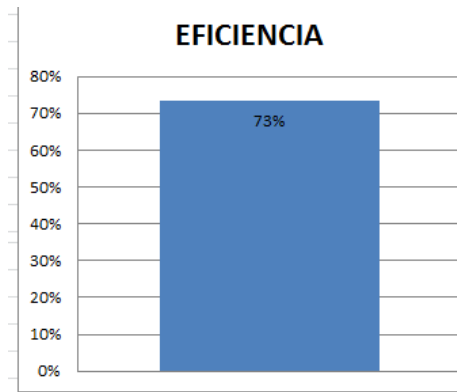
ESTACIÓN	ACTIVIDAD	DÍAS
K1	Planificación	1
K2	Exploración de campo	1
K3	Trabajo en laboratorio	6
K4	Trabajo de gabinete	5
K5	Entrega del informe	2

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{días disponibles al mes}}{(\text{número de estaciones de trabajo}) \times (\text{tiempo de ciclo})}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{22}{(5) \times (6)} (100) = 73 \%$$

Fuente: Empresa LEMICONS

Gráfico 27

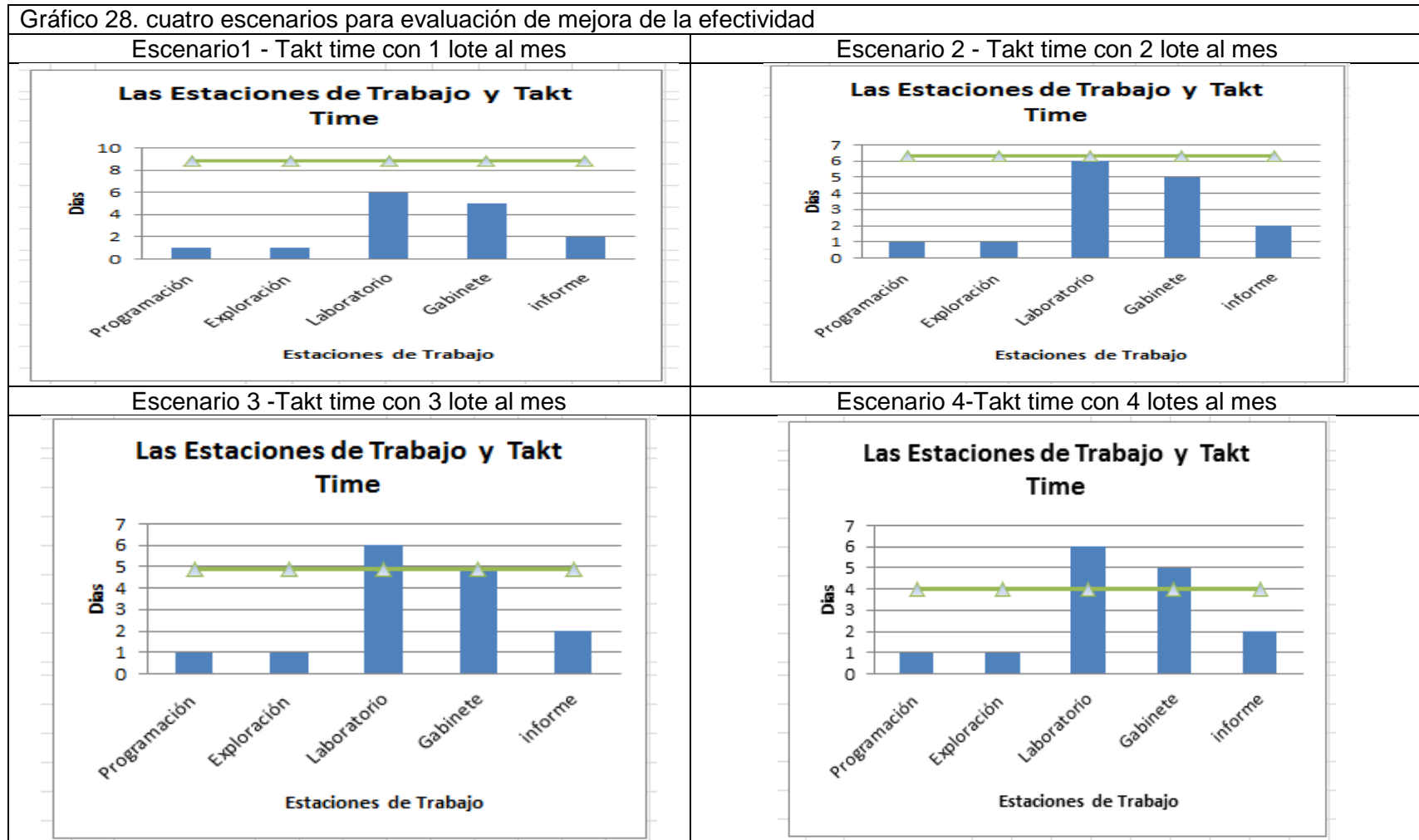


Fuente: Empresa LEMICONS

#### SIMULACIÓN DEL APLICATIVO VALUE STREAM MAPS (VSM)

Se realizó la simulación con el indicador del aplicativo Takt Time, donde se visualiza las mejoras que se puede hacer para mejorará la efectividad del EMS, realizando mayor a dos EMS al mes, ya que esta cantidad es la capacidad actual de la empresa. Para tener un mejor panorama se muestra 4 escenarios simulados con la herramienta Takt time.

### 5.1.5. Análisis para la mejora de la efectividad en los informes de mecánica de suelos empleando la herramienta Takt Time.



Fuente: Empresa LEMICONS



## INTERPRETACIÓN DE LOS ESCENARIOS SIMULADOS

Estudiamos los escenarios 3 y 4, debido a que quiero aumentar la capacidad para realizar informes de EMS.

En el escenario tres, nos dice que para presentar tres informes al mes, tenemos que disminuir el trabajo de laboratorio en un día, eso quiere decir, que debe realizar el procesamiento de 34 muestras en cinco días y no en seis días como se estaba trabajando.

En el escenario cuatro nos indican que tenemos que disminuir el tiempo en dos etapas de trabajo, en un día la etapa de trabajo de gabinete y en dos días la etapa de trabajo en laboratorio, para presentar 4 informes en 22 días.

De estos dos escenarios se escogió el escenario tres, dado que sólo se trabajará en una sola etapa, "trabajo de laboratorio".

### 5.1.6 Reporte situacional (Reporte A3)

El mérito de un buen A3 es que en una sola hoja debidamente organizada y ordenada, se halla contenida toda la información relativa a un problema o a una iniciativa cualquiera que deba analizarse y consecuentemente proponer acciones o soluciones.

Con toda la información recogida se desarrolló el reporte A3, en este reporte se presenta el problema, el análisis, la acción correctiva y el plan para llevarlo a cabo. En el Gráfico 29, se muestra el desarrollo de esta herramienta.

**Gráfico 29. Reporte A3**

Reporte A3

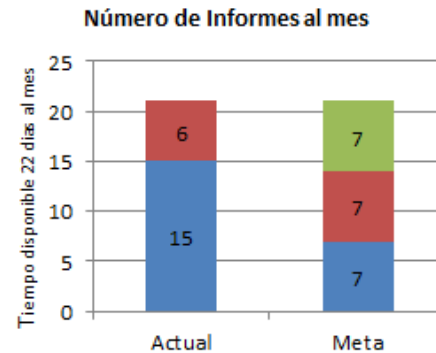
Organización: LEMICONS.

Fecha: Marzo 2016.

Objeto de estudio : Mejorar la efectividad en el estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana

**1. Caso de estudio.**

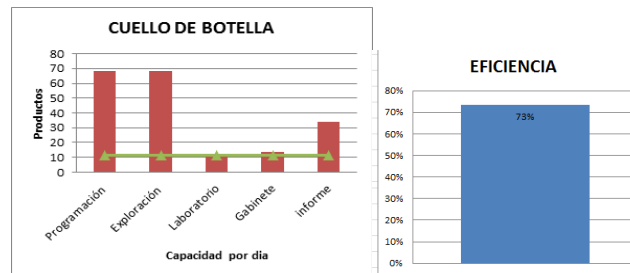
Aumentar la capacidad de elaboración de informes de EMS con fines de habilitación urbana en 3 unidades teniendo un tiempo disponible de 22 días al mes.

**2. Situación Actual.**

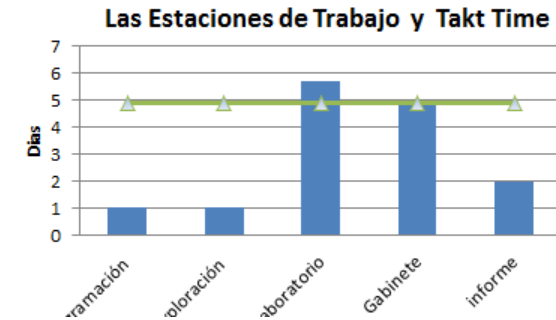
La entrega del primer EMS se realiza en 15 días y el segundo en 21 días en promedio.



El cuello de botella es la estación tres "Trabajos en laboratorio" y La eficiencia de la línea de producción es de 73%.

**3. Propuesta.**

Para realizar 3 informes al mes, se debe reducir en un día las operaciones realizadas en la actividad cuello de botella. "Trabajo en Laboratorio"

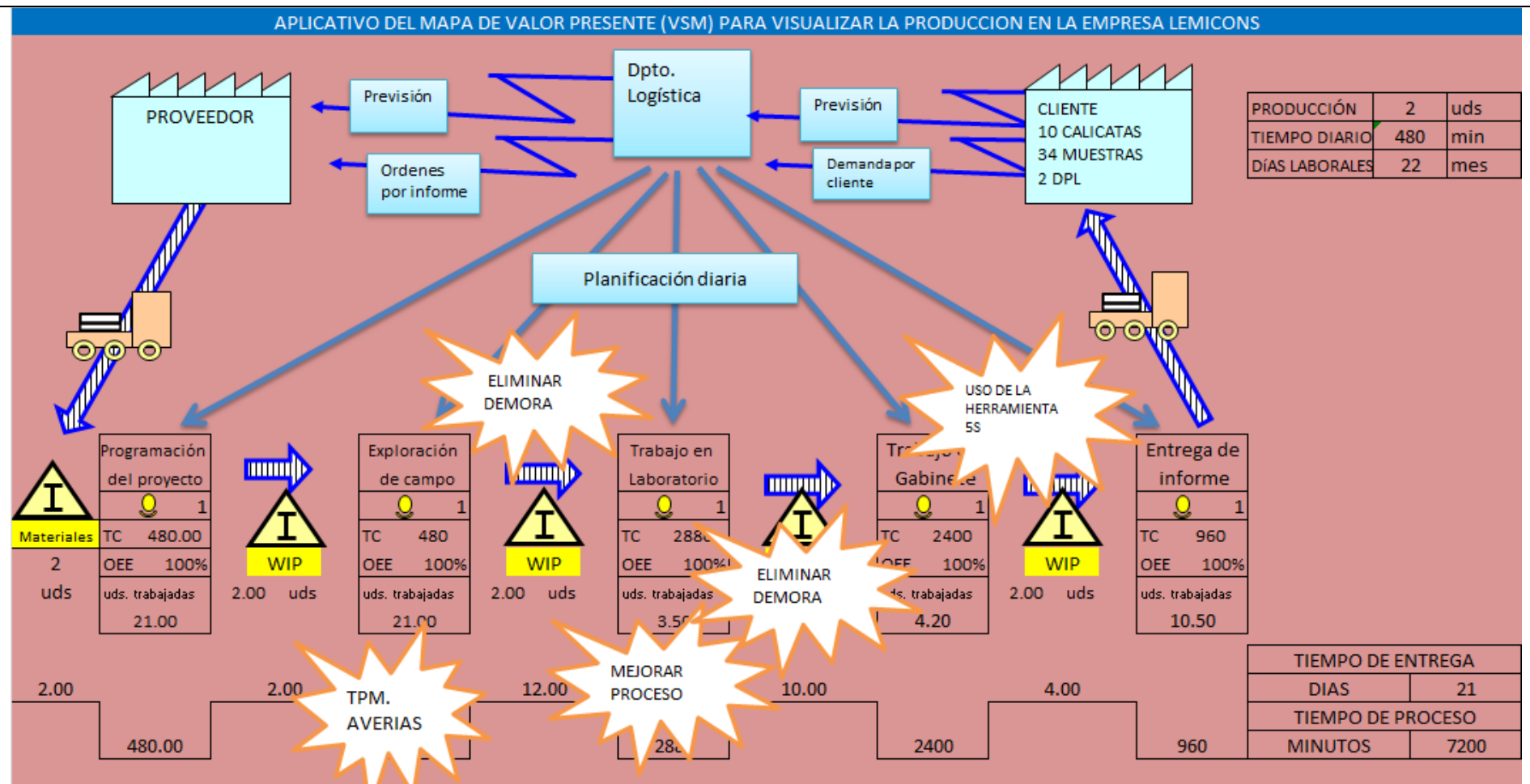
**4. Acciones.**

- Realizar medición de tiempo en la estación tres (trabajo en laboratorio)
- Identificar los desperdicios para su disminución o eliminación.
- Aplicar las herramientas 5S y TPM en la estación tres
- Identificar mejoras kaizen en la línea de elaboración de EMS.

**5. Indicadores.**

- Aumento de la eficiencia en la línea de producción en la elaboración de SMS.
- Lead Time tiempo de entrega del producto (3 unidades al mes)

**Gráfico 30. DIAGNOSTICO CON LA HERRAMIENTA VSM**



Fuente: Empresa LEMICONS

## 5.2 APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA

En esta etapa, lo primero que se hizo es la capacitación sobre la filosofía de “Manufactura Esbelta” a los trabajadores del área de “Laboratorio de Suelos”, dando a conocer las herramientas y metodología para la implementación del área.

Las capacitaciones y el proceso de preparación se realizaron en el mes de julio del 2016.



### 5.2.1 Aplicación de JUST IN TIME

Uno de los objetivos de esta filosofía **JUST IN TIME** es la reducción de tiempos de proceso (Lead Time) en los distintos ámbitos de la gestión productiva.

El objetivo es reducir en un día el trabajo realizado en la etapa “trabajo en laboratorio”, para eso estudiamos en forma general las actividades y tiempo en dicha etapa.

## DESCRIPCION DE LAS TAREAS REALIZADAS EN LA ACTIVIDAD “TRABAJO EN LABORATORIO”.

Las actividades que tenemos que estudiar detenidamente son las del inciso C Y D, Realización de ensayos estándar y especiales como muestra nuestro el análisis PERT Y CPM.

**Llamamos ensayos estándar**, a aquellos ensayos que se realizan habitualmente para todo tipo de estudio de mecánica de suelos, la muestra es de 3 kilos y la orden para realizar son los siguientes:

1. Contenido de Humedad 0.5 kilo dependiendo del tipo de suelo.
2. Granulometría por tamizado 1.5 kilos
3. Limite líquido y plástico 1 kilo

### **Contenido de Humedad**

La relación entre pesos de fases más empleada en suelos, es la humedad, que es el peso de agua dividido por el peso de las partículas sólidas de una muestra de suelo.

El agua total del suelo corresponde a la suma del agua libre, del agua capilar y del agua higroscópica de las partículas sólidas y se obtiene directamente por el siguiente método: se pesa el suelo natural; se seca en una estufa; se pesa el suelo seco y por último se calcula la humedad como diferencia entre los pesos inicial y seco, dividida por el peso seco.

Este método supone que el agua es el único producto evaporable del suelo, lo cual es razonable excepto cuando se trabaja con suelos orgánicos o suelos que contienen volátiles.

El objetivo del ensayo entonces es determinar el contenido de humedad de la muestra en observación.

La importancia de la humedad de un suelo radica en que junto a otras características, determina su comportamiento, por ejemplo, influye directamente en los cambios de volumen, estabilidad mecánica y cohesión, siendo particularmente influyente cuando se trata de suelos finos.

**Gráfico 32-A.** trabajador realizando el ensayo de contenido de humedad.



Fuente: Empresa LEMICONS

### **Granulometría por tamizado:**

El análisis granulométrico consiste en la separación de las partículas de suelo por rangos de tamaños, haciendo uso de mallas o tamices con aberturas cuadradas. Mediante procesos de agitado se lleva a cabo la separación de las partículas en porciones, las cuales se pesan expresando dicho retenido como porcentajes en peso de la muestra total y aunque se considera físicamente imposible determinar el tamaño exacto de cada partícula, la prueba de granulometría si permite agruparlas por rangos de tamaño. Universalmente se ha establecido la malla No. 200 (0,075mm) como medida divisoria en la clasificación de suelos; finos y gruesos.

Finalmente a través de una curva de distribución, donde el eje de la abscisa corresponde al diámetro de las partículas y el eje de las coordenadas corresponde al porcentaje retenido, se muestra con un alto porcentaje de aproximación a lo real, la variedad de tamaños de partículas que componen el suelo en estudio.

Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

- Coeficiente de uniformidad
- Coeficiente de curvatura
- Porcentaje de gravas
- Porcentaje de arenas
- Porcentaje de finos
- Clasificación del suelos según el SUCS
- Curva granulométrica

**Gráfico 32-B.** trabajador realizando el ensayo de Granulometría



Fuente: Empresa LEMICONS

### **Limite líquido y plástico:**

Se entiende por límite líquido, la humedad que tiene un suelo amasado con agua y colocado en una cuchara de Casagrande cuando el surco realizado con un acanalador que divide esta masa en dos mitades se junta a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm después de haber dejado caer 25 veces la cuchara desde una altura de 10 mm con una cadencia de 2 golpes por segundo. Para realizar este ensayo usamos muestra de tamaño inferior al tamiz 0,5 (básicamente arcillas) y la amasamos usando espátulas, después llenamos la cuchara y le hacemos un surco con el acanalador normalizado. Una vez hemos hecho el surco vamos contando los golpes que le damos a la cuchara mediante la manivela y no paramos de dar golpes hasta que las dos mitades separadas por el surco se toquen, o que el número de golpes

sea mayor de 40 (muestras casi secas). Este proceso lo repetiremos 3 veces, y en el primero deberemos obtener un valor de golpes cercano a 20, en el siguiente un valor cercano a 25, y en el último un valor alrededor de 30 golpes. Para cada cuchara llena tomaremos un poco de muestra y la introduciremos en una cápsula por tal de determinar su humedad. Después proyectamos en una gráfica el número de golpes respecto la humedad registrada cada vez y obtendremos una recta en cual interpolaremos los 25 golpes por tal de conocer el límite líquido.

Para calcular el límite plástico usamos el resto de la masa que hemos utilizado para calcular el límite líquido y con esta haremos unos cuantos fideos de barro sobre un cristal esmerilado por tal de secarlos a medida que los vamos amasando. Cuando vemos que el barro de los fideos se empieza a agrietar querrá decir que el barro ya empieza a estar seco y situamos los fideos dentro de una cápsula con el fin de determinar más tarde su humedad. Después de haber llenado las tres cápsulas de esta manera y de haber calculado sus respectivas humedades hacemos la media aritmética de los tres valores y obtendremos el límite de plasticidad.

**Gráfico 32-C.** trabajador realizando el ensayo de líquido y del límite plástico.



Fuente: Empresa LEMICONS



**Los ensayos especiales**, son ensayos específicos sacados de un área en particular y la muestra es de 50 kilos, Cada ensayo requiere una cantidad concreta de muestra:

- 4. Ensayo Proctor: 28 kg
- 5. Ensayo California Bearing Ratio (CBR): 19 kg
- 6. Corte Directo 3 Kg
- 7 Densidades máximas y mínimas 10 kg – 45 kg (dependiendo del tipo de suelos).
- 8. Compresión simple.

#### **Ensayo Proctor:**

El ensayo Proctor (Proctor en honor a quien lo desarrolló) es un ensayo de compactación de suelo que tiene como finalidad obtener la humedad óptima de compactación de un suelo para una determinada energía de compactación. La humedad óptima de compactación es aquella humedad (%de agua) para la cual la densidad del suelo es máxima, es decir que cantidad de agua le hemos de añadir a un suelo para poderlo compactar a la máximo con una energía concreta. Para encontrar este parámetro lo que hacemos es realizar 4 ensayos con un mismo suelo pero con diferentes humedades de forma que después de haber realizado las compactaciones obtendremos 4 densidades de este suelo para 4 humedades diferentes, no obstante estas no son las humedades óptimas, pero sí que podemos usarlas para obtener la humedad óptima mediante interpolación. Es decir que situando los 4 valores obtenidos en una gráfica Densidad respecto %Agua obtendremos 4 puntos que nos permitirán trazar una curva, de manera que el punto más alto de la curva será el de mayor densidad y por tanto el de la humedad óptima.

#### **Ensayo California Bearing Ratio (CBR):**

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) mide la carga necesaria para penetrar un pistón de dimensiones determinadas a una velocidad previamente fijada en una muestra compactada de suelo después de haberla sumergido en agua durante cuatro días y de haber medido su

hinchamiento. El hecho de sumergir la muestra se debe a que así podemos prever la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo después de la construcción. Por tanto después de haber compactado el suelo y de haberlo sumergido, lo penetramos con un pistón el cual va conectado a un pequeño "plotter" que nos genera una gráfica donde se nos representa la carga respecto la profundidad a la que ha penetrado el pistón dentro de la muestra. Esta gráfica suele ser una curva con el tramo inicial recto y el tramo final cóncavo hacia abajo (si el tramo inicial no es recto se corrige). Una vez tenemos la gráfica miramos los valores de la carga que soportaba el suelo cuando el pistón se había hundido 2.5 mm y 5mm y los expresamos en tanto por ciento, tomando como índice CBR el mayor de los porcentajes calculados.

**Gráfico 32-D.** trabajador realizando el ensayo CBR



Fuente: Empresa LEMICONS

**Ensayo de Corte Directo:**

El ensayo de corte directo tiene como objetivo determinar la resistencia al esfuerzo cortante de una muestra, valor que entre otras cosas nos será muy útil para el cálculo de la estabilidad de taludes. La resistencia al esfuerzo cortante en el suelo se debe a dos componentes: la cohesión, aportada por la fracción fina del suelo y responsable a su vez del comportamiento plástico de este, y el rozamiento interno entre las partículas granulares. Hay que decir que la resistencia al esfuerzo cortante, en obras de tierras para carreteras se puede hallar de forma indirecta mediante otros ensayos como el del índice C.B.R, o también, aunque se realiza con menos frecuencia, mediante el ensayo de rotura a compresión simple.

El ensayo de corte directo se realiza sobre una muestra de suelo situada dentro de una caja de metal dividida en dos piezas: la mitad superior y la mitad inferior. Simultáneamente la muestra es sometida a una carga normal constante y a un esfuerzo lateral que se va incrementando de forma progresiva. Mientras realizamos el ensayo vamos tomando nota del esfuerzo aplicado y el desplazamiento producido entre los dos bloques, datos que más tarde proyectaremos en una gráfica a partir de la cual podremos obtener la resistencia al corte de esa muestra para la carga normal aplicada. Repetiremos el ensayo un mínimo de dos veces con diferentes cargas normales, de forma que proyectando los diferentes valores en una gráfica esfuerzo normal respecto resistencia al corte podremos encontrar la envolvente de Mohr del material, con lo que ello implica: cohesión y ángulo de rozamiento interno.

**Gráfico 32-E. trabajador realizando el ensayo Corte Directo**

Fuente: Empresa LEMICONS

**Densidades máximas y mínimas**

En general se recomienda aplicar este método a aquellos suelos que además tengan un IP igual o menor que 5.

El método es aplicable a suelos en que la compactación por impacto no produce una curva bien definida de relación humedad – densidad y la densidad máxima por impacto resulta generalmente menor que la obtenida por métodos vibratorios

La densidad máxima se determina mediante compactación por vibrado y la densidad mínima mediante vaciado.

Karl Terzaghi expresó el grado de compacidad de estos suelos en términos de la densidad relativa también denominado índice de densidad (ID), la cual se encuentra en función de las densidades máxima y mínima obtenidas en laboratorio.

**Gráfico 32-F.** trabajador realizando el ensayo Densidades máximas y mínimas.



Fuente: Empresa LEMICONS

### TIEMPO QUE SE TARDA EN REALIZAR LOS ENSAYOS ESTANDARES Y ESPECIALES.

En promedio el tiempo que se tarda en realizar cada ensayo se presenta en el Gráfico siguiente.

**Gráfico 33:** Tiempo que se tarda en realizar los ensayos.

ENSAYOS ESTANDARES	Tiempo de procesamiento de 30 muestras
Contenido de Humedad	1 día
Granulometría por tamizado	1 día
Limite líquido y plástico	1 día

ENSAYOS ESPECIALES	Tiempo de procesamiento en días de 4 muestras
Ensayo Proctor	1 día
Ensayo CBR	4 día
Densidades máximas y mínimas	1 día
Corte Directo	1 día

Fuente: Empresa LEMICONS

Se usa el diagrama de Gantt para visualizar la secuencia en las actividades de un proyecto, así como su duración en días.

**Gráfico 34:** Diagrama GANTT para la realización de los ensayos.

ENSAYOS DE LABORATORIO	días					
	1	2	3	4	5	6
Contenido de Humedad	■					
Granulometría por tamizado	■					
Limite líquido y plástico		■				
Ensayo Proctor			■			
Ensayo CBR			■	■	■	■
Corte Directo				■		
Densidades máximas y mínimas					■	

Fuente: Empresa LEMICONS

Uno de los principales desperdicios detectados en la elaboración de los estudios de mecánica de suelos es el tiempo de espera, se puede visualizar en el Gráfico 34 que se realizan los ensayos especiales al tercer día.

Para disminuir este desperdicio se tiene que realizar un balance de trabajo en línea, tal como se visualiza en el gráfico 35.

Se puede ver que si los trabajos se realizarían a partir del primer día se ahorraría en dos días la entrega de informes, por lo tanto los trabajos de laboratorio se entregarían en cuatro días y no en seis días como se venía trabajando.

**Gráfico 35:** Diagrama GANTT al realizar los ensayos especiales el primer día

ENSAYOS DE LABORATORIO	días					
	1	2	3	4	5	6
Contenido de Humedad						
Granulometría por tamizado						
Limite líquido y plástico						
Ensayo Proctor						
Ensayo CBR						
Corte Directo						
Densidades máximas y mínimas						

Fuente: Empresa LEMICONS

### 5.2.2 Herramienta 5S

Mediante la implementación de las 5S se generó un ambiente de trabajo ordenado y limpio, para ello se concientizó a los trabajadores mediante las capacitaciones. Podemos observar en las imágenes algunas acciones resaltantes.

**Gráfico 36.** Recuperación de espacio en el área de almacén.



Fuente: Empresa LEMICONS

**Gráfico 36-A.** Recuperación de espacio en el bunker del laboratorio de suelos.



Fuente: Empresa LEMICONS

Se ve el desperdicio de movimiento innecesario, se aprecia en el “Gráfico 37-A”, que el trabajador identifica la muestra (el trabajador esta arrodillado), en el “Gráfico 37-B”, el trabajador pesa la muestra y en el “Gráfico 37-C”, el trabajador se desplaza al laboratorio a realizar el ensayo.

En estos tres gráficos se pretende visualizar el tiempo que se pierde al desplazarse de un punto a otro por que los equipos están mal distribuidos.

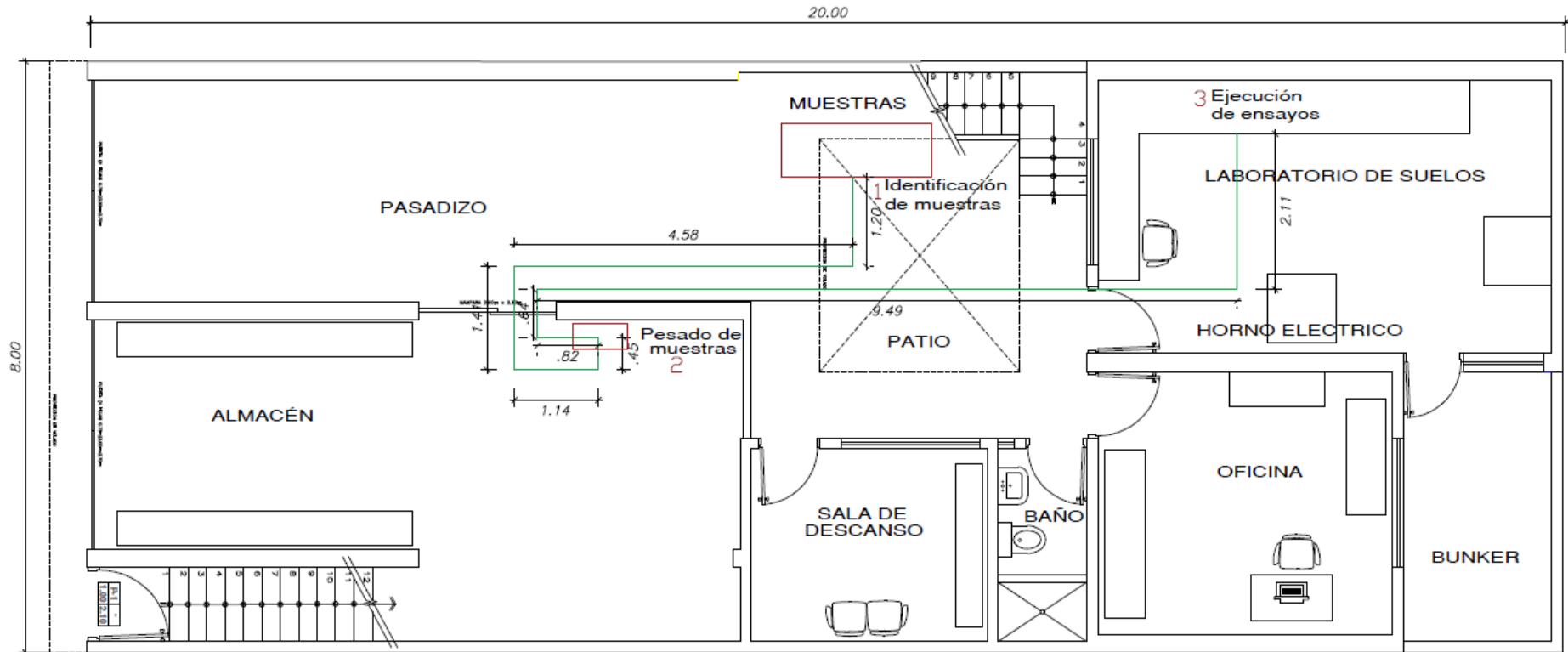
**Gráfico 37.** Desplazamiento del trabajador (desperdicio de movimiento)



Fuente: Empresa LEMICONS



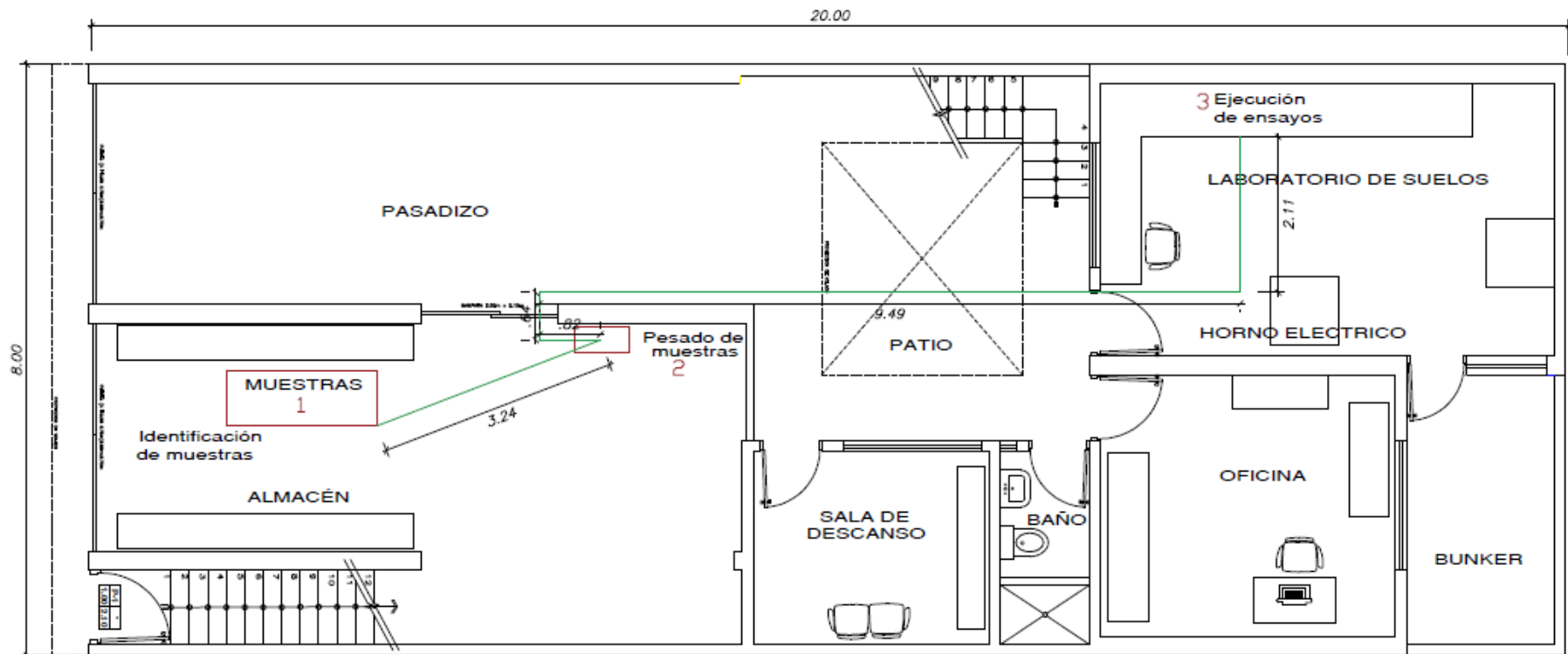
## PLANO DE ARQUITECTURA DE LA EMPRESA LEMICONS

PRIMER PISO

ESC. 1/50

DISTANCIA RECORRIDA: 21.39 metros

PLANO DE ARQUITECTURA DE LA EMPRESA LEMICONS



PRIMER PISO

ESC. 1/50

DISTANCIA RECORRIDA: 12.39 metros

A continuación se aprecia la implementación de la herramienta 5S, donde los trabajadores cuentan con todos los materiales necesarios para poder trabajar y de esta manera disminuir el desperdicio de movimientos innecesarios.

**Gráfico 38.** Aplicación de la herramienta 5S




Fuente: Empresa LEMICONS

### 5.2.3 Herramienta TPM

Es necesario llevar un control sobre las distintas actividades y paradas diariamente, por este motivo se deben contar con un formato de llenado, donde puedan identificar el tipo de parada, el tiempo de duración, la fecha de suceso y descripción del motivo. Donde el operario se hará responsable del llenado de formato cuando suceda una parada en su turno de trabajo, se propone el uso del formato siguiente.

**Gráfico 39:** Formato propuesto para controlar las paradas de máquina-TPM.

	TPM	Código:	LEM-TPM-F-01						
	FORMATO DE TIEMPO DE PARADA	Version:	00						
		Aprobado:	GG						
		Fecha:	05/07/2016						
		Páginas:	1 de 1						
ÁREA INVOLUCRADA: <input type="text"/> MAQUINA/EQUIPO: <input type="text"/> OPERADOR: <input type="text"/>									
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">FECHA</th> <th style="width: 33%;">INICIO DE PARADA</th> <th style="width: 33%;">FIN DE PARADA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				FECHA	INICIO DE PARADA	FIN DE PARADA			
FECHA	INICIO DE PARADA	FIN DE PARADA							
DESCRIPCIÓN DEL MOTIVO DE PARADA									
EMITIDO POR: .....		RECEPCIONADO POR: .....							
FECHA: .....		FECHA: .....							
FIRMA: .....		FIRMA: .....							

Fuente: Empresa LEMICONS.

El llenado de este formato proporcionará los registros para tener una base de datos, el cual permitirá tener unos indicadores de equipo.

**5.2.4. Realizar el procedimiento de trabajo.**

Se realizó un procedimiento de trabajo para disminuir los desperdicios, llevándose a la práctica en el mes de agosto.

A continuación se muestra dicho procedimiento con sus respectivos formatos para su monitoreo y control.

<b>LEMICONS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	Código	LEM-CC- P-01
	<b>ELABORACIÓN DE INFORMES DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Versión	00
		Aprobado	--
		Fecha	01/09/2016
		Página	1 de 07131

## ***Laboratorio de ensayo de materiales Ingeniería y construcción.***

PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE INFORMES DE MECÁNICA DE SUELOS		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
..... Miguel Pajuelo Rodriguez	..... Ing. Boris Sullon Reyes	..... Gerente General
	..... Ing. Ruddy Espejo Gómez	

**Dirección  
Cooperativa Huaytapallana  
Calle Tritoma Mza. "J" Lte. 27 Los Olivos.**

**LIMA - PERÚ**

<b>LEMICONS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	Código	LEM-CC- P-01
	<b>ELABORACIÓN DE INFORMES DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Versión	00
		Aprobado	--
		Fecha	01/09/2016
		Página	2 de 07

## PROCEDIMIENTO

### 1. OBJETIVOS:

- Establecer los lineamientos secuenciales para el desarrollo de Informes de Mecánica de Suelos.
- Conocer los registros para el monitoreo del presente procedimiento.

### 2. ALCANCE:

El presente documento aplica a todas las etapas comprendidas entre la planeación de trabajo y la entrega del informe al cliente.

### 3. COMPETENCIAS:

Es responsabilidad de las áreas:

- El área de Control de Calidad y Laboratorio
- El área de Ingeniería Geotecnia.

Realizar las actividades como a continuación se describen.

### 4. MATERIALES:

En el presente procedimiento se usarán formatos elaborados por el área de Control de Calidad e Ingeniería Geotecnia, para el monitoreo y control en las distintas etapas del proceso.

Para una visión integral del procedimiento se realizó el flujo de procesos para la "ELABORACIÓN DE INFORMES DE MECANICA DE SUELOS", que se encuentra en el anexo III del presente procedimiento.

### 5. DESARROLLO:

El procedimiento para la Elaboración de Estudio e Mecánica de Suelos se divide en cinco (5) etapas:

- Etapa de Planeación.
- Etapa de Campo.
- Etapa de Laboratorio.
- Etapa de Gabinete.
- Etapa de Entrega de Informe.

Las actividades comienzan en el área de venta, proporcionando los datos del cliente y la fecha de entrega del informe de mecánica de suelos.

#### 5.1. ETAPA DE PLANEACIÓN:

Esta etapa se inicia con la coordinación de los trabajos a realizar entre los jefes de las áreas de Control de Calidad y Laboratorio e Ingeniería Geotecnia.

**El jefe del área de Ingeniería Geotecnia**, tiene las siguientes actividades:

- Mencionar las cantidades de calicatas.
- Tipos y cantidad de ensayos especiales a realizar

Estos datos serán plasmados en el formato de código "LEM-GT-P-01".

<b>LEMICONS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	Código	LEM-CC- P-01
	<b>ELABORACIÓN DE INFORMES DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Versión	00
		Aprobado	--
		Fecha	01/09/2016
		Página	3 de 07

El área de Ingeniería Geotecnia proporcionará los siguientes materiales al jefe de laboratorio:

- a) Planos de ubicación, exploración y sondajes del terreno en estudio
- b) Paneles de ubicación e información del estudio
- c) Formatos de cuaderno de campo, incluyendo el cuadro de coordenadas de exploración y sondeo
- d) Entregar la cámara fotográfica con las baterías cargadas.
- e) Entregar el GPS, insertando las coordenadas del terreno en estudio.

Para cada día de trabajo se dejará los materiales descritos líneas arriba poniendo atención en dejar las cámaras y GPS con baterías cargadas función que recae en el área de Geotecnia.

***El jefe del área de Control de Calidad y Laboratorio***, tiene las siguientes actividades:

- a) Evaluar si los trabajos de excavación se realizarán manualmente o con maquina (retroexcavadora).
- b) Coordinará con el cliente fecha y hora para ingresar a trabajar.
- c) Designará el Técnico encargado previa coordinación con el área de Ingeniería Geotecnia.

Dicha información serán plasmados con una orden de trabajo al área de Laboratorio, el formato que se usara tiene el siguiente código "LEM-CC-P-01"

Designará previa coordinación con el área de Laboratorio, el número de trabajadores, vehículos, equipos y herramientas necesarias para cumplir con los plazos pactados por el cliente, toda esta información estará plasmado en una orden de SALIDA, mediante el formato de código "LEM-CC-F-01".

Con los datos mencionados líneas arriba el área de Control de Calidad elaborará un cronograma de avance de actividades. (Diagrama de Gantt).

**Técnico Encargado**, El técnico encargado conociendo el trabajo que realizará, deberá de ejecutar un checklist de:

- a) Nombre del proyecto.
- b) Nombre del cliente.
- c) Número de celular del cliente.
- d) Número de excavaciones.
- e) Lista de ensayos especiales (cantidad de muestra).
- f) Planos de ubicación, exploración y sondajes del terreno en estudio.
- g) Pizarras.
- f) Cuaderno de campo, incluyendo el cuadro de coordenadas de exploración y sondeo.
- h) Cámara fotográfica.
- i) GPS con las coordenadas del terreno en estudio.

<b>LEMICONS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	Código	LEM-CC- P-01
	<b>ELABORACIÓN DE INFORMES DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Versión	00
		Aprobado	--
		Fecha	01/09/2016
		Página	4 de 07

Materiales que proporcionara el jefe de laboratorio al no estar el jefe de laboratorio, los materiales se encontrará en la oficina administrativa de laboratorio.

Los materiales como bolsas, plumones, agua y viáticos serán proporcionados por el área de logística para su aprovisionamiento.

## 5.2. ETAPA DE CAMPO:

### Área de Laboratorio de Suelos

El técnico encargado ante cualquier eventualidad conciliará con los opositores de trabajo.

Una vez en campo el técnico encargado si no tiene indicaciones expresas de la cantidad de ensayos especiales y su ubicación desarrollará la siguiente metodología. El 10%, del total de calicatas "+" o "-1, será el total de ensayos especiales que se realizará.

Ejemplo. De 100 calicatas se realizará 10 ensayos especiales, ya que el 10% de 100 es 10.

Los ensayos especiales se distribuirán de forma homogénea en la totalidad del área en estudio.

El técnico encargado tendrá cuatro comunicaciones obligatorias con el área de Control de Calidad como se detalla a continuación:

a).- Comunicarse al inicio del trabajo, informar la hora que comienza el trabajo, se espera iniciar las actividades a las 8:00 am.

Si hubiera algún contra tiempo informar el motivo.

b).- Comunicarse a las 12:00 horas para:

- ✓ Desarrollará el cuadro de resumen de calicatas
- ✓ Informar el número de calicatas excavadas.
- ✓ Informar el número de calicatas logueadas.
- ✓ Tipo de suelo que predomina.
- ✓ Promedio de nivel freático y profundidad si hubiera.

c).- Comunicarse a las 16:30 horas para informar:

- ✓ Número de calicatas excavadas.
- ✓ Número de calicatas logueadas.
- ✓ Calicatas tapadas.
- ✓ Tipo de suelo que predomina.
- ✓ Promedio de nivel freático y profundidad si hubiera.

d).- Se llamará ante alguna duda o problema que suceda en campo.



<b>LEMICONS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	Código	LEM-CC- P-01
	<b>ELABORACIÓN DE INFORMES DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Versión	00
		Aprobado	--
		Fecha	01/09/2016
		Página	5 de 07

Al finalizar el trabajo se recogerá los desechos generados por los trabajadores como caja de agua, botellas plásticas, vasos, platos descartables, bolsas del marcado de calicatas y cualquier residuo generado por la empresa en la ejecución de los trabajos.

El trabajo en campo termina con la entrega de muestras de ensayos estándar y especiales, entrega de cuaderno de campo, registro de DPLs y fotos.

Las muestras se dejan en el área de almacén y la cámara fotográfica, GPS, cuaderno de campo y demás registros se entrega al jefe de laboratorio.

**El área de Control de Calidad**, el asistente del área monitoreará el avance del trabajo en campo con la siguiente información:

- a) Número de DPL y otros ensayos realizados.
- b) Desarrollo de la hoja de resumen.
- c) Seleccionar las muestras para los ensayos especiales.

Desarrollará la hoja de resumen, cuando el Técnico encargado se comunica a las 12:00 horas con el área de Control de Calidad vía telefónica para informar el número de calicatas excavadas, profundidad y tipo de suelo.

Esta información se presenta al área de Ingeniería Geotecnia y está comunica los ensayos especiales a realizar especificando la cantidad de muestra y tipo de ensayo.

El área de Ingeniería Geotecnia mediante una solicitud de ensayos de código "LEM-ING-05" hace requerimiento de ensayos al laboratorio de suelos a través del área de Control de Calidad.

### 5.3. ETAPA DE LABORATORIO.

#### **Área de Laboratorio de Suelos:**

El área de Laboratorio de Suelos tiene las siguientes actividades:

- a) Recepción y verificación de registro de campo.
- b) Verificación de cuaderno de campo y fotos para enviarlo al área de Control de Calidad.
- c) Almacenamiento de fotos en la laptop de la oficina administrativa de laboratorio, para luego entregar la cámara fotográfica con las fotos al área de CAD junto con el GPS, Se realiza el ingreso y control de muestras.
- d) Se realiza el ingreso y control de muestras.
- e) Se solicita los ensayos especiales a realizar.
- f) Se ejecuta los ensayos especiales y estándar con las muestras recibidas.

<b>LEMICONS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	Código	LEM-CC- P-01
	<b>ELABORACIÓN DE INFORMES DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Versión	00
		Aprobado	--
		Fecha	01/09/2016
		Página	6 de 07

- g) Se entrega al área de Control de Calidad los resultados diariamente en digital con cargo.

**Área de control de calidad.**

El área de control de calidad tiene las siguientes actividades:

- a) El área de Control de Calidad revisará los cuadernos de campo actividad que desarrollará el asistente del área de Control de Calidad, para luego entregar el cuaderno al área de Ingeniería Geotecnia, debiendo de informar oportunamente la conformidad del cuaderno (en el momento), para empezar con la elaboración del informe y armado del CAD.
- b) El área de Control de Calidad revisara, verificara y entregará los resultados de los ensayos compilados en formato PDF al área de Ingeniería Geotecnia diariamente.
- c) Al concluir todos los ensayos de laboratorio el ingeniero responsable de Control de Calidad visará los resultados mediante su sello y firma para entregar estos documentos al área de Ingeniería Geotecnia.

**5.4. ETAPA DE GABINETE.**

**JEFE DEL ÁREA DE INGENIERIA GEOTECNIA:**

El jefe del área realiza las siguientes actividades

- a) Revisará el cuaderno de campo y dará su visto bueno para que el cadista realice los anexos del informe en CAD y el asistente el armado del informe.
- b) Realiza los cálculos para la elaboración del informe.
- c) Realiza el verificado y revisión del informe.
- d) Brinda la conformidad del informe para su impresión.

**AREA CAD:**

Una vez que lleguen las fotos esta será entregada al cadista que se encarga de realizar los anexos del informe y todos los dibujos correspondientes (CAD).

Velar por el ingreso de fotos (seguimiento) tal que este a primera hora del día siguiente de excavación.

Una vez terminado los dibujos, se entregara los compilados en formato PDF al asistente del área de Ingeniería Geotecnia.

<b>LEMICONS</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	Código	LEM-CC- P-01
	<b>ELABORACIÓN DE INFORMES DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	Versión	00
		Aprobado	--
		Fecha	01/09/2016
		Página	7 de 07

**AREA DE REDACCION:**

Se recopila datos del cuaderno de campo y resultados de laboratorio para la elaboración descriptiva del perfil estratigráfico detallado, cuadro de saneamiento y cuadro de parámetros.

**ASISTENDE DEL ÁREA DE INGENIERIA GEOTECNIA.**

El asistente del área tiene las siguientes actividades.

- a) Empezará la elaboración del informe cambiando el nombre del cliente, proyecto y ciudad de los informes pre establecidos.
- b) Recopilación de la información del área de Redacción y CAD, para el armado del informe.
- c) Se elabora el informe con los datos de los cuadernos y compila los anexos que le proporciona el área de CAD.
- d) Se enviará al jefe del área para la revisión y aprobación del informe para proceder a imprimir.
- e) Impresión de informe.
- f) Una vez impreso el informe se adjunta un CD, Datos para atención de entrega y cargo de entrega para enviar al área de contabilidad.

**5.5. ETAPA DE ENTREGA DE INFORME:****Área de contabilidad:**

Realizará la factura y coordinara el envío del informe al cliente.

**6. REGISTROS.**

Para controlar la ejecución de la elaboración del Informe de Mecánica de Suelos se usan los siguientes formatos:

- a) LEM-CC-F-01 Orden de trabajo para campo.
- b) LEM-CC-F-02 Orden de salida a campo.
- c) LEM-GT-P-01 Requerimiento y control de ejecución de proyectos
- d) LEM-GT-P-04/E Hoja de resumen de resultados de exploraciones.
- e) LEM-ING-05 Solicitud de ensayos
- f) LEM-CC-F-03 Control de ensayos estándar realizados al día.
- g) LEM-CC-F-04 Control de ensayos Especiales realizados al día.
- h) LEM-CC-F-05 Control de requerimiento de ensayos químicos
- i) LEM-CC-F-06 Control de proyectos.

En cualquier etapa del procedimiento si algún producto o servicio que no cuenta con la calidad que solicito el cliente interno, este hará uso del formato de no conformidad, que tiene el siguiente código:

LEM-SGC-P-06 – 01 Registro de Producto/servicio No conforme

LEM-SGC-P-06 Procedimiento de Producto / servicio No conforme

LEMICONS	FORMATOS	Código	00
	PARA ELABORACION DE INFORMES DE MECÁNICA DE SUELOS	Versión	-
		Aprobado	01/09/2016
		Fecha	1 de 1
		Página	

## ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD



### FORMATOS DE CONTROL PARA LOS INFORMES DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS.


NOMBRE DEL PROYECTO:


.....

PENDIENTE

EN PROCESO


TERMINADO

	FORMATO PARA LABORATORIO	Código:	LEM-CC-F-01
	ORDEN DE TRABAJO PARA CAMPO	Version:	00
		Aprobado:	GG
		Fecha:	05/07/2016
		Páginas:	1 de 1
<b>ORDEN DE TRABAJO N°</b>			
CLIENTE: _____			
Nombre de contacto: _____			
N° de ce celular: _____			
FECHA DE INICIO DEL PROYECTO: _____		FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO: _____	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO: _____			
OBSERVACIONES: _____			
EMITIDO POR: _____		RECEPCIONADO POR: _____	
FIRMA: _____		FIRMA: _____	
FECHA/HORA: _____		FECHA/ HORA: _____	

	FORMATO PARA LABORATORIO	Código:	LEM-CC-F-02
	ORDEN DE SALIDA A CAMPO	Version:	00
		Aprobado:	GG
		Fecha:	05/07/2016
		Páginas:	1 de 1
ORDEN DE SALIDA N°	ORDEN DE TRABAJO N°		
FECHA Y HORA PROGRAMADA PARA LA SALIDA: _____			
CLIENTE: _____			
NOMBRE DEL TÉCNICO ENCARGADO : _____			
INTEGRANTES DEL GRUPO DE TRABAJO: _____			
NOMBRE DEL CHOFER: _____		PLACA DEL VEH. _____	
TRABAJO A REALIZAR: _____			
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS _____			
OBSERVACIONES: _____			
AUTORIZADO POR: _____		NOMBRE DEL ENCARGADO: _____	
FIRMA: _____		FIRMA: _____	
FECHA/HORA: _____		FECHA/ HORA: _____	

<b>LEMICONS</b>	<b>FORMATO PARA LABORATORIO</b>						Código:	LEM-CC-F-03			
	<b>CONTROL DE ENSAYOS ESTANDAR REALIZADOS AL DÍA</b>						Versión:	00			
							Aprobado:	GG			
							Fecha:	05/07/2015			
							Páginas:	1 de 1			
PROYECTO: _____											
CÓDIGO DE LABORATORIO _____				NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS _____							
CÓDIGO DE GEOTECNIA _____											
ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE:											
HABILITACION URBANA <input type="checkbox"/>		CIMENTACIÓN <input type="checkbox"/>		PAVIMENTACIÓN <input type="checkbox"/>							
OTROS: _____											
FECHA DE ENSAYO : _____		HORA DE INICIO: _____		HORA DE FINALIZACIÓN: _____							
Nº de trabajadores involucrados en la realización del ensayo _____											
Nº	IDENTIFICACION DE CALICATA	CÓDIGO DE MUESTRA	ENSAYO ESTANDAR			Nº	IDENTIFICACION DE CALICATA	CÓDIGO DE MUESTRA	ENSAYO ESTANDAR		
			CONT. DE HUMEDAD	GRANULOM. X TAMIZADO	LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO				CONT. DE HUMEDAD	GRANULOM. X TAMIZADO	LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO
1						22					
2						23					
3						24					
4						25					
5						26					
6						27					
7						28					
8						29					
9						30					
10						31					
11						32					
12						33					
13						34					
14						35					
15						36					
16						37					
17						38					
18						39					
19						40					
20						41					
21						42					
OBSERVACIONES: _____ _____ _____											
EMITIDO POR: _____						RECEPCIONADO POR: _____					
FIRMA: _____						FIRMA: _____					
FECHA / HORA: _____						FECHA / HORA: _____					
PROHIBIDA LA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACION DE LEMICONS S.R.L.											

<b>LEMICONS</b>	<b>FORMATO PARA LABORATORIO</b>						Código:	LEM-CC-F-04	
	<b>CONTROL DE ENSAYOS ESPECIALES REALIZADOS AL DIA</b>						Versión:	00	
							Aprobado:	GG	
							Fecha:	05/07/2016	
						Páginas:	1 de 1		
PROYECTO: _____ CODIGO DE LABORATORIO _____ CODIGO DE GEOTECNIA _____									
ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE: CIMENTACIÓN <input type="checkbox"/> PAVIMENTACIÓN <input type="checkbox"/> HABILITACION URBANA <input type="checkbox"/> OTROS: _____ N° de trabajadores involucrados en la realización del ensayo _____									
<b>ENSAYOS ESPECIALES</b>									
N°	IDENTIFICACION DE CALICATA	CÓDIGO DE MUESTRA	PROCTOR	CBR	CORTE DIRECTO	COMPRESIÓN SIMPLE	DENSIDAD MAX. Y MIN	FECHA Y HORA DE INICIO Y FINAL DE ENSAYOS	
								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
1								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
2								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
3								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
4								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
5								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
6								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
7								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
8								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
9								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
10								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
11								FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FINAL
OBSERVACIONES:								_____	
OBSERVACIONES:								_____	
EMITIDO POR:				RECEPCIONADO POR:					
.....				.....					
FIRMA: .....				FIRMA: .....					
FECHA / HORA: .....				FECHA / HORA: .....					
PROHIBIDA LA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN DE LEMICONS S.R.L.									

	FORMATO PARA LABORATORIO				Código:	LEM-CC-F-05		
	REQUERIMIENTO DE ENSAYOS QUIMICOS				Versión:	00		
				Aprobado:	GG			
				Fecha:	05/07/2016			
				Páginas:	1 de 1			
SOLICITADO POR: _____								
PROYECTO: _____								
UBICACIÓN: _____								
MUESTRA: _____								
FECHA: _____								
N°	IDENTIFICACIÓN DE CALICATA	PROFUNDIDAD	CÓDIGO DE MUESTRA	REQUERIMIENTO				ENVIO A TERCEROS FECHA /HORA
				SST	CL	SO4	PH	
1								
2								
3								
4								
5								
SST: Sales solubles totales      CL: Cloruros      SO4: Sulfatos      PH: Medida de la acidez o de la alcalinidad								
OBSERVACIONES: _____								
_____								
_____								
_____								
AUTORIZADO POR EL ÁREA DE CALIDAD:				RECEPCIONADO POR EL ÁREA DE INGENIERÍA:				
.....				.....				
FIRMA: .....				FIRMA: .....				
FECHA / HORA:.....				FECHA / HORA:.....				
PROHIBIDA LA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN DE LEMICONS S.R.L.								



<b>LEMICONS</b>	<b>FORMATO DE CONTROL DE CALIDAD</b> <b>CONTROL DE PROYECTOS</b>	Código:	LEM-CC-F-06
		Versión:	00
		Aprobado:	GIS
		Fecha:	05/12/2015
		Páginas:	1 de 1

Proyecto: \_\_\_\_\_  
 Código de Laboratorio: \_\_\_\_\_  
 Código de Geotecnia: \_\_\_\_\_  
 Cantidad de calicatas: \_\_\_\_\_ Cantidad de muestras: \_\_\_\_\_

ACTIVIDADES		DIAS											
Planificación	Coordinación												
	Ubicación y Marcado												
Trabajo en campo	Excavación												
	DPL												
Trabajo en laboratorio	Ingreso de muestras												
	Ensayos cont. De humedad												
	Granulometria												
	Limites												
	CBR												
	Corte Directo												
	Químicos												
	Revisión y digitación de datos												
Trabajo Gabinete	Generalidades												
	Investigaciones Efectuadas												
	Descripción del perfil Estratigráfico												
	Análisis de la Cimentación												
	Análisis de la Cimentación Agua y Alcantarillado												
	Análisis químicos de Sales												
	Aspectos sísmicos												
	Empujes laterales												
	Diseño de pavimentos flexibles												
	Especificaciones Técnicas												
	Tratamiento de base para construcción												
	Conclusiones y recomendaciones												
	Revisión												
	Impresión de informe												
Contabilidad	Entrega de informe												

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

<b>LEMICONS</b>	<b>FORMATO PARA LABORATORIO</b>	Código:	LEM-CC-F-04
	<b>ACTIVIDADES PARA EL INFORME DE ESTUDIO DE SUELOS</b>	Versión:	00
		Aprobado:	GG
		Fecha:	05/05/2016
		Páginas:	1 de 2

ACTIVIDADES PARA LA ELABORACION DE INFORMES DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE HABILITACION URBANA

	DÍAS PROGRAMADOS						
<b>1. GENERALIDADES</b>							
1.1 Objeto del Estudio.							
1.2 Alcances del Proyecto.							
1.3 Características Generales.							
<b>2 INVESTIGACIONES EFECTUADAS</b>							
2.1 Evaluación Geológica							
2.2 Estudio Petrográfico							
2.3 Descripción General del Terreno							
2.4 Exploraciones Geotécnicas							
2.4.1 Calicatas Exploradas.							
2.4.2 Muestreo Disturbado.							
2.4.3 Registro de Excavaciones.							
2.4.4 Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL)							
2.4.5 Ensayo de Penetración Dinámica (SPT)							
2.4.6 Densidad de suelo en campo – método del cono de arena (densidad natural).							
2.5 Ensayos de Laboratorio							
2.5.1 Ensayos Estándar.							
2.5.1.1 Clasificación de Suelos.							
2.5.1.2 Densidad Máxima, Mínima y Relativa							
2.5.2 Ensayos Especiales							
2.5.2.1 Proctor Modificado							
2.5.2.2 CBR							
2.5.2.3 Corte Directo							
2.5.2.4 Compresión Simple							
2.5.3 Ensayos Químicos							
<b>3 DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO</b>							
<b>4 ANALISIS DE LA CIMENTACIÓN</b>							
4.1 Parámetros de Resistencia al Corte							
4.1.1 Ángulo de Fricción ( $\phi$ ).							
4.1.2 Cohesión (C).							
4.2 Tipo y Profundidad de los Cimientos.							
4.2.1 Cálculo de la Capacidad Admisible en suelo							
4.2.1.1 Capacidad Admisible por Resistencia.							
4.2.1.2 Capacidad Admisible por Asentamiento.							
<b>5 ANALISIS DE LA CIMENTACIÓN AGUA Y ALCANTARILLADO</b>							
5.1 Tipo y Profundidad de los Cimientos.							
5.2 Cálculo de la Capacidad Portante (Cámara de Inspección / Buzones).							
5.3 Determinación de Asentamientos.							
5.4 Cimentación de las Redes de Agua Potable y Alcantarillado.							
<b>7 ANÁLISIS QUÍMICOS DE SALES</b>							
<b>8 ASPECTOS SÍSMICOS</b>							
<b>9 EMPUJES LATERALES</b>							
<b>10 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>							
<b>11 ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>							
<b>12 TRATAMIENTO DE BASE PARA CONSTRUCCIONES DE PISOS Y VEREDAS</b>							
<b>13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>							

### 5.3. LANZAMIENTO PILOTO DE LAS ACTIVIDADES PARA MEJORAR LA EFECTIVIDAD EN EL EMS.

Una vez identificado el problema y eligiendo las herramientas de Manufactura Esbelta, se realizó el lanzamiento piloto de la propuesta de mejora de la efectividad en el EMS, durante el mes de agosto del 2016. Ver tabla 5.

Tabla 5: Datos que se obtuvieron de los siguientes informes.

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS REALIZADOS EN EL MES DE AGOSTO		
Nº	CÓDIGO	NOBRE DEL PROYECTO
1	LEM-GI608076	EMS CON FINES DE HABILITACIÓN URBANA CALVO PENZ
2	LEM-GI608077	EMS CON FINES DE HABILITACIÓN URBANA SCORZA
3	LEM-GI608078	EMS CON FINES DE HABILITACIÓN URBANA PUCUSANA

Fuente: Empresa Lemicons.

### 5.4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Se presentan los resultados obtenidos del lanzamiento piloto para la mejora en la efectividad en los estudios de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana, realizado en el mes de agosto del 2016, después de meses de trabajo e investigación se identificó y eliminó los desperdicios MUDAS y MURA.

A continuación se presentan cuadros y gráficos para su respectivo análisis e interpretación.

Se muestran los resultados donde:

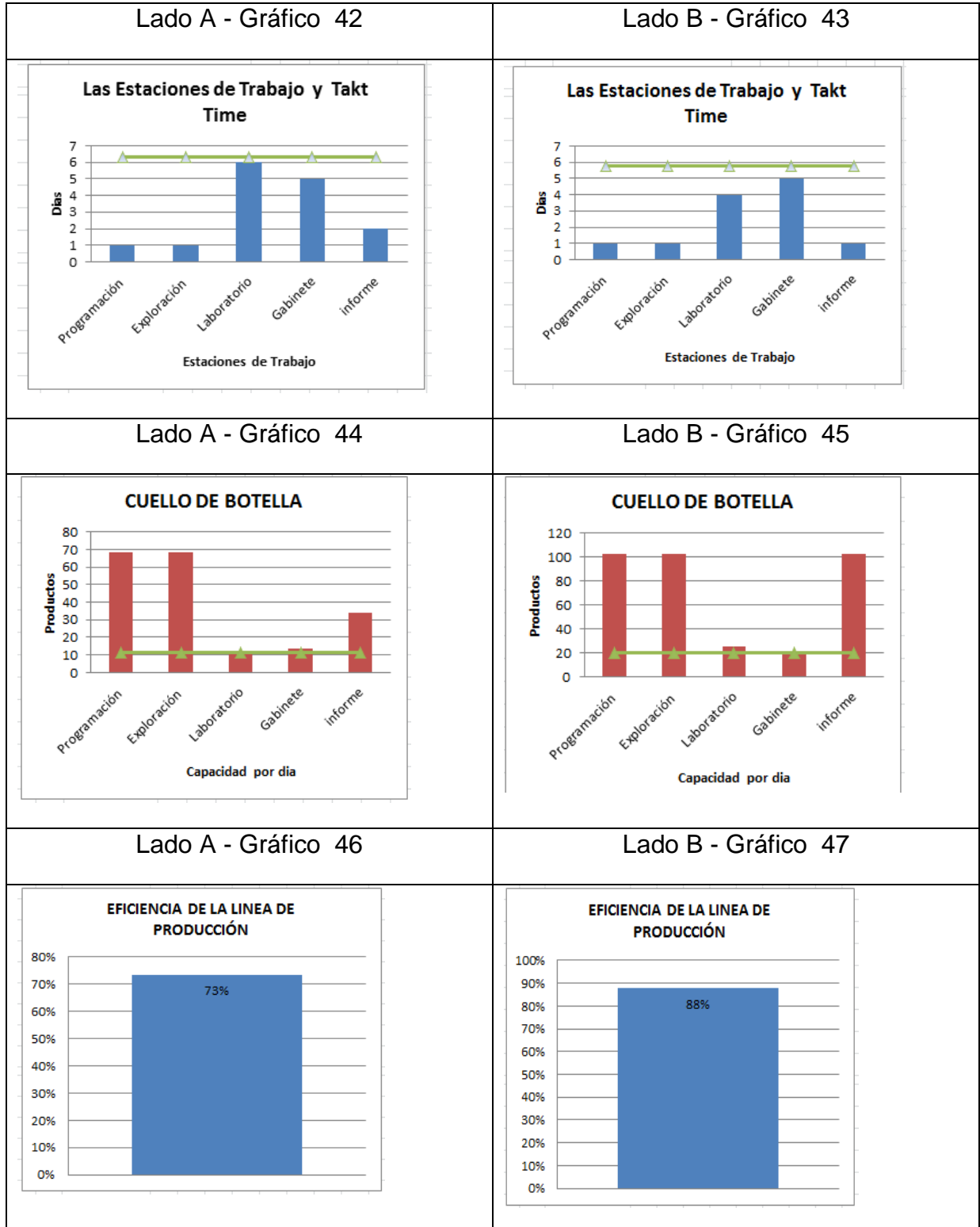
- Los gráficos representado por el Lado A, son datos como se encontró la empresa al procesar los EMS al mes.
- Los gráficos del Lado B, son datos después del lanzamiento piloto al procesar tres EMS al mes.



## COMPARACIÓN DE DATOS ANTERIORES Y ACTUALES

Se muestran los resultados:

- Lado A, datos como se encontró la empresa al procesar los EMS al mes.
- Lado B, datos después del lanzamiento piloto al procesar los EMS al mes.



## 5.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Se interpretará los cuatro indicadores del aplicativo que se realizó en la presente investigación que son:

- Lead Time
- Takt Time
- Cuello de Botella
- Eficiencia en la línea de producción.

Que se visualiza a partir del gráfico 40.

### **Lead Time**

Se aprecia en el gráfico 40 lado A, dos imágenes, la primera que lleva como título “Lead time tiempo necesario para producir un producto”, nos ilustra un diagrama Gantt, donde el primer EMS se realiza en 15 días, apreciando los tiempos que se tarda cada etapa del proyecto.

La imagen inferior del gráfico 40 lado A, que lleva como título “Tiempo- días disponibles”, se representan en el diagrama Gantt los dos informes de EMS que se realiza al mes, la primera es representado por el color rojo y la segunda por el color amarillo en un total de 21 días al mes, teniendo en cuenta que la empresa trabaja 22 días al mes, por lo tanto la capacidad actual es la realización de dos EMS al mes.

En el gráfico 41 lado B, se ilustra los resultados obtenidos después de lanzar la metodología de trabajo piloto o de prueba, donde se aprecia que el primer producto se realiza en un tiempo de 12 días, en el gráfico inferior se ilustra que en 22 días se realiza tres EMS, el primero con una duración de 12 días representado por el color rojo, el segundo EMS en 17 días representado por el color amarillo y el tercero en 22 días representado por el color verde, por lo tanto realizando las mejoras se hace tres EMS al mes.

### **Takt Time**

Como se aprecia en el lado A gráfico 40, la capacidad de la empresa es la producción de dos EMS al mes, al introducir dichos datos al aplicativo nos arroja la imagen del lado A gráfico 42, donde apreciamos la línea horizontal de color verde que representa el takt time,

como vemos ningún tiempo de ciclo sobrepasa a la línea verde lo que significa que se puede realizar dos EMS al mes sin ningún problema.

Cuando introducimos al aplicativo a tres EMS al mes nos muestra el lado B gráfico 45, se visualiza que la línea verde del takt time se encuentra por encima de los tiempos de ciclo, que significa que se puede realizar tres EMS al mes.

### **Cuello de Botella**

En el lado A-Gráfico 44, se muestra que el cuello de botella es la etapa “trabajo en laboratorio” con 6 días.

En el lado B-Gráfico 45 se muestra que el nuevo cuello de botella después de usar las herramientas de manufactura esbelta se encuentra en la etapa “trabajo de gabinete” con 5 días.

### **Eficiencia en la línea de producción**

En el lado A-Gráfico 46, representa la eficiencia con la que trabajaba la empresa en esa línea de producción con un 73% de eficiencia.

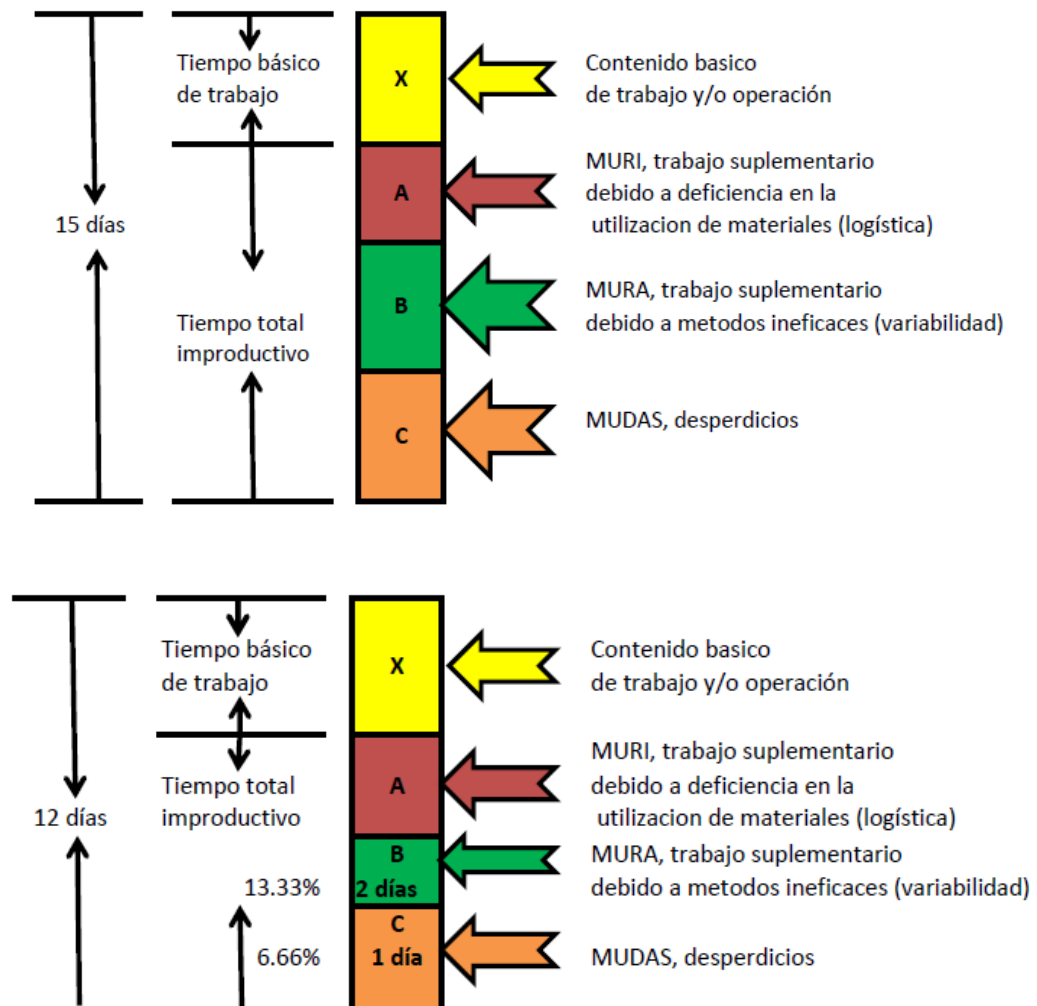
En el lado B-Gráfico 47, representa la eficiencia con la que trabaja la empresa después de implementar la metodología de trabajo con un 88% de eficiencia, reflejándose un incremento del 15 % de eficiencia en la línea de elaboración de EMS.

## RESUMEN DE LOS RESULTADOS

En resumen los resultados obtenidos después de la eliminación de los desperdicios y las mejoras kaizen realizados son:

	ANTES	DESPUES	AHORRO
Preparación de EMS realizados al mes	2	3	
Eficiencia de la línea de producción	73%	88%	
Lead Time para el primer producto	15 (días)	12(días)	3 (días)
Distancia recorrida por el trabajador para el pesado de muestras	21.39 metros	12.39 metros	9 metros

### Representación porcentual de los desperdicios hallados en la elaboración de un EMS.



Como se aprecia en los gráficos para el desarrollo del estudio de mecánica de suelos se detectó los desperdicios de MURA y MUDAS, que viene hacer el 20% del tiempo total que no agrega valor, con un tiempo desperdiciado de 3 días por producto.



## CAPÍTULO VI

### 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Estefanía Giraldo Sánchez, y otros, en su investigación titulada: “Diseño de una metodología de implementación de lean manufacturing en una PYME (MOMENTOS CLASSIC)”, llegó a la conclusión de que “Una metodología lean manufacturing es una herramienta que ayuda a mejorar la calidad y a reducir costos, además de que brinda una ventaja competitividad a la empresa frente a otras empresas del mercado”, mientras que en nuestra investigación titulada “Propuesta de mejora de la efectividad en el estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana empleando manufactura esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L.” llegamos a la conclusión de que “Luego de los estudios efectuados y los resultados obtenidos se puede observar que la propuesta para la mejora de la efectividad en al estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana es factible y viable, considerando que el resultado de la prueba piloto cumplió con el objetivo (aumentar la capacidad de elaboración de EMS en un mes)”, pudiendo apreciarse de que la aplicación del lean manufacturing permite lograr mejores resultados, expresados finalmente en una mayor cantidad de ingresos económicos por la mejora de la eficacia, eficiencia, efectividad y productividad, eso independientemente del sector en el que se aplique la herramienta.

José Miguel Ramos Flores en su investigación titulada : “Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de Manufactura Esbelta”,

llegó a la conclusión que: “la implementación de las 5S’s es fundamental, como se pudo ver en este trabajo de investigación, para la implementación del mantenimiento autónomo y la posible implementación de otras herramientas de Manufactura Esbelta, ya que sin ella sería imposible obtener los beneficios esperados de esta propuesta de mejora”. Mientras que en nuestra investigación titulada “Propuesta de mejora de la efectividad en el estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana empleando manufactura esbelta en la empresa LEMICONS S.R.L.” llegamos a la conclusión de que “la aplicación de las herramientas de Manufactura Esbelta aumenta la efectividad en el estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana, como: VSM, 5S, TPM, REPORTE A3 y JUST IN TIME”. Pudiendo reflexionar que efectivamente el desarrollo de la herramienta 5S es la base para la implementación de las demás herramientas.

## CONCLUSIÓN

- Se diseñó la propuesta para la mejora de la efectividad en el estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana, empleando Manufactura Esbelta, quedando materializada la metodología de trabajo mediante un procedimiento que tiene el siguiente cogido **“LEM-CC-P-01”**, identificado con el nombre de **“Procedimiento de Elaboración de Informes de Mecánica de Suelos”**.
  
- Se determinó cinco etapas para el desarrollo de los estudios de mecánica de suelos: Etapa de programación del proyecto, etapa de exploración de campo, etapa de trabajo en laboratorio, etapa de trabajo de gabinete y etapa de la entrega del EMS.  
Las actividades que se realizaron para la mejora en el estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana, se encuentra plasmado en el reporte A3, en este reporte se presenta el problema, el análisis, la acción correctiva y el plan que se llevó a cabo.
  
- Se determinó la eficiencia del desarrollo de los estudios de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana, con un 73% de eficiencia antes del lanzamiento piloto de la metodología de trabajo y después del lanzamiento piloto fue de 88%, reflejándose un incremento del 15 %.
  
- En la etapa tres, llamado “etapa de trabajo en laboratorio”, se identificó tres desperdicios o “MUDAS” que son: tiempo de espera, movimientos e inventarios. Y así como una situación entorno al trabajo “MURA”, que se dio por la mala planeación en el método de trabajo generando un cuello de botella.
  
- Se aplicó las herramientas de Manufactura Esbelta para aumentar la efectividad en el estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana, como: VSM, 5S, TPM, REPORTE A3 y JUST IN TIME.

Luego de los estudios efectuados y los resultados obtenidos se puede observar que la propuesta para la mejora de la efectividad en el estudio de mecánica de suelos con fines de habilitación urbana es factible y viable, considerando que el resultado de la prueba piloto cumplió con el objetivo (aumentar la capacidad de elaboración de EMS en un mes).

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda utilizar las herramientas de Manufactura Esbelta, en la etapa “Trabajo en Gabinete”, dado que esta etapa es el nuevo cuello de botella, de esta manera se podrá incrementar a un periodo corto la eficiencia en la línea de producción para la elaboración de EMS.
- Continuar estandarizando los métodos de trabajo mediante procedimientos, para los restantes productos que la empresa realiza.
- Capacitar y sensibilizar a los trabajadores sobre la filosofía de Manufactura Esbelta, con el fin de aumentar la productividad de la empresa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto (2003). **Metodología de la Investigación**. Editorial McGrawHill. México, D.F.
2. GUTIERREZ PULIDO, Humberto (2013). **Control estadístico de la Calidad y seis sigma**. Editorial McGrawHill. México, D.F.
3. RAJADELL, Manuel (2010). **Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad**. Ediciones Diaz de Santos. España.
4. SOCCONINI, Luis (2008). **Lean manufacturing paso a paso**. Editorial Norma. México.
5. AGUSTIN CRUELLES, José (2013). **Despilfarro cero: la mejora continua de la medición y la reducción del despilfarro**. Editorial Alfaomega. México.
6. VILLASEÑOR CONTRERAS, Alberto (2008). **Conceptos y reglas de lean manufacturing**. Editorial LIMUSA. México, D.F.
7. HERNÁNDEZ MATÍAS, Juan Carlos (2013). **Lean manufacturing conceptos, técnicas e implantación**. Editorial industria y energía. Madrid.
8. CUATRECASAS, Lluís (2009). **Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible**. Editorial PROFIT. Barcelona.
9. CUATRECASAS, Lluís (2010). **TPM en un entorno Lean Management**. Editorial PROFIT. Barcelona.
10. CHOQUE LARRAURI, Raúl (2015). **Planeamiento Estratégico utilizando el cuadro de Mando Integral (Balanced Scorecard)**. Editorial Macro. Perú.
11. KANAWATY George (1996). **Introducción al Estudio del Trabajo**. Editorial LIMUSA. Ginebra.
12. HEIZER, Jay (2009). **Principios de ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES**. Editorial PERSON. Mexico
13. PEREZ FERNANDEZ DE VELASCO, José Antonio (2012). **Gestión por procesos**. Editorial ESIC. España.
14. Ramos, José. "Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta". Pontificia Universidad Católica del Perú; Lima, Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. 2012.

## FUENTES ELECTRÓNICAS

1. NIÑO LUNA, Luis Fernando. **“Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta en pymes industriales Mexicanas”**. (Pagina consultada el 28 de julio del 2016) en [http://concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/65042010\\_METODOLOGIA\\_I\\_MPLEM\\_SIST\\_MANUFAC\\_ESBELTA\\_PYMES.pdf](http://concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/65042010_METODOLOGIA_I_MPLEM_SIST_MANUFAC_ESBELTA_PYMES.pdf)
2. PÉREZ VELÁZQUEZ, Raúl. **“Desarrollo de un simulador conductual para la formación en gestión empresarial basada en LEAN”**. (Pagina consultada el 28 de julio del 2016) en [http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/12316/1/PFC\\_Raul\\_Perez\\_Velazquez.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/12316/1/PFC_Raul_Perez_Velazquez.pdf)
3. CISNEROS, Juan. **“Los 7 desperdicios mortales de LEAN y la Teoría de las restricciones”**. (pagina consultada el 29 de julio del 2016) en [http://www.mejoracontinua.biz/Articulos/7\\_desperdicios\\_y\\_TOC.pdf](http://www.mejoracontinua.biz/Articulos/7_desperdicios_y_TOC.pdf)
4. ORTEGA, Fabian. **“lean manufacturing y mayor productividad en la industria”**.(pagina consultada el 28 de julio del 2016) en [http://www.revista-mm.com/ediciones/rev61/adminis\\_manufactura.pdf](http://www.revista-mm.com/ediciones/rev61/adminis_manufactura.pdf)

# **ANEXO**



## ANEXO I

### PANEL FOTOGRÁFICOS



Sensibilizando a los trabajadores sobre Manufactura esbelta en los trabajos en campo.



Toma de tiempos en el área de Laboratorio de suelos

## ANEXO II

### CÁLCULOS MATEMATICOS DEL APLICATIVO.

Lead Time (LT).- Periodo de tiempo que se da entre el pedido del cliente y la entrega del producto final.

Tiempo de Flujo (TF).- Es el tiempo que transcurre para llevar a cabo todas las operaciones en el proceso del flujo de trabajo (suma de todos los tiempos de ciclos de las actividades)

Tiempo de Ciclo (TC).- Es el ritmo de la producción, o el tiempo que transcurre entre la producción de cada pieza.

Formula de Lead time:

$$LT = TF + TC \times (\text{número de productos} - 1)$$

Formula que se halló en el libro “**Lean Magement: la gestión competitiva por excelencia**”. CUATRE CASAS, Lluís (2010). Editorial PROFIT. Barcelona p. 178.

#### Determinación del nivel de stock

Ahora podemos relacionar el stock en proceso con el lead time, de forma que se evidencie que la duración total de un proceso incide directamente en el nivel de producto en proceso o WIP.

Formula de stock en proceso (WIP):

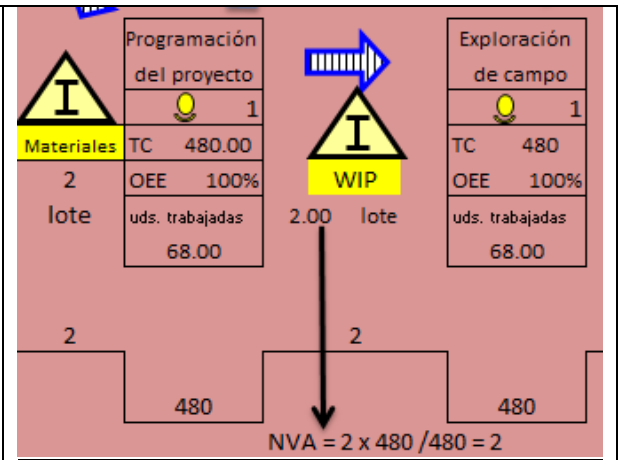
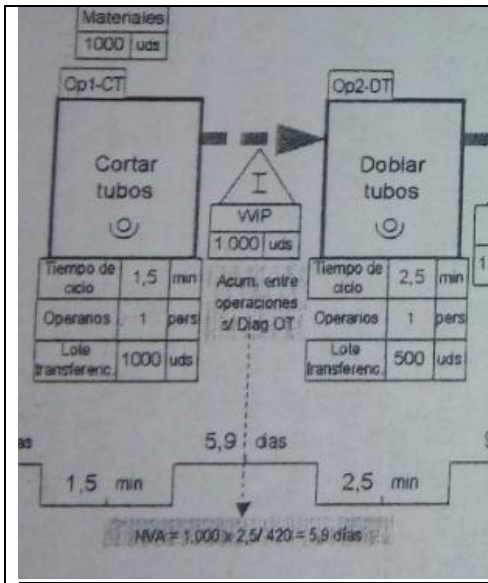
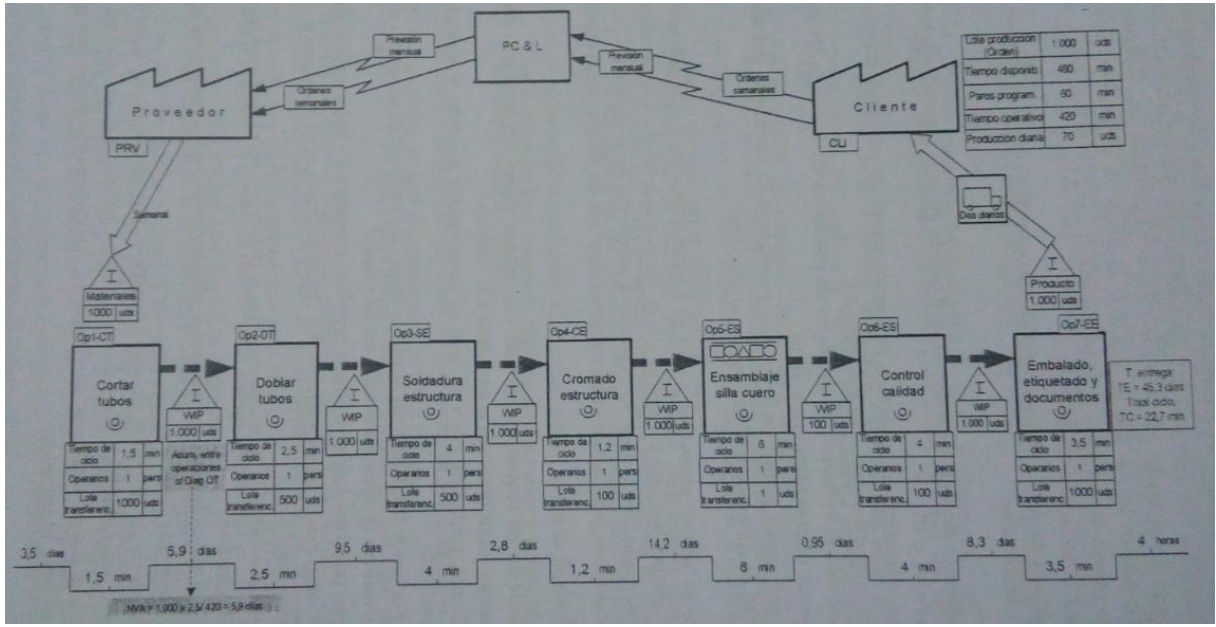
$$WIP = LT / TC$$

Formula que se halló en el libro “**Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible.**”. CUATRE CASAS, Lluís (2009). Editorial PROFIT. Barcelona p. 259.

#### Hallar el Takt Time (TT)

$$TT = (\text{Tiempo disponible} / \text{Lead Time}) \times \text{cuello de botella}$$

**Hallar el valor del tiempo de entrega del VSM**



Formula que se halló en el libro **“Lean Magement: la gestión competitiva por excelencia”**. CUATRECASAS, Lluís (2010). Editorial PROFIT. Barcelona p. 350.

