

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MEXICALI**  
**MAESTRÍA EN PROCESOS INDUSTRIALES**



**TRABAJO DE TITULACIÓN QUE PRESENTA:**

**ALBERTO NAVARRO VALLE**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO  
EN INGENIERÍA DE PROCESOS  
INDUSTRIALES**

**TEMA**

**DESARROLLO DE UN INSTRUCTIVO DEL PROCESO DE  
CONSTRUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS EN LAS  
CASAS DE INTERÉS SOCIAL**

# INDICE

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Planteamiento del problema.....</b>                           | <b>4</b>  |
| 1.1 Problemática.....                                              | 9         |
| 1.2 objetivos y metas.....                                         | 9         |
| 1.3 Alcance.....                                                   | 11        |
| 1.3.1 Situación Inicial.....                                       | 12        |
| 1.3.2 Situación Esperada.....                                      | 12        |
| <b>2 Fundamentos teóricos.....</b>                                 | <b>13</b> |
| 2.1.- Definiciones.....                                            | 14        |
| 2.2 Pasos recomendados para el diseño de procesos.....             | 20        |
| 2.3Conocimientos necesarios del planeador de procesos.....         | 21        |
| 2.3.1 Lectura de planos.....                                       | 21        |
| 2.3.2 Materiales.....                                              | 22        |
| 2.3.3 Ingeniería mecánica.....                                     | 22        |
| 2.3.4 Procesos de producción.....                                  | 22        |
| 2.3.5 Maquinaria, (equipo de capital).....                         | 22        |
| 2.3.6 Herramental y diseño de herramientas.....                    | 23        |
| 2.3.7 Técnicas de automatización.....                              | 23        |
| 2.3.8 Técnicas de inspección.....                                  | 24        |
| 2.3.9 Control estadístico del proceso.....                         | 24        |
| 2.3.10 Ingeniería económica.....                                   | 24        |
| 2.3.11 Dibujo de planos y diseño asistido por computadora.....     | 25        |
| 2.4 Inicio de la planeación de un proceso.....                     | 32        |
| 2.5 Diagramación de procesos.....                                  | 32        |
| 2.5.1 Ventajas de la diagramación de procesos.....                 | 32        |
| 2.5.2 Aspectos importantes de la diagramación de procesos.....     | 33        |
| 2.5.3 Metodología para la preparación de un diagrama de flujo..... | 34        |
| 2.5.5 Simbología de los diagramas de flujo.....                    | 36        |
| 2.6 Actividades en operación.....                                  | 37        |

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.6.1 Adquisición de Información del proceso.....             | 38        |
| 2.7 Líneas de producción y de ensamble .....                  | 42        |
| 2.7.1 Distribución de una línea de ensamble. ....             | 43        |
| 2.8 Manufactura celular.....                                  | 44        |
| 2.9 La calidad y la industria de la construcción .....        | 45        |
| 2.9.1 Técnicas de calidad a emplear.....                      | 47        |
| 2.9.1.1 Antecedentes del poka-yoke.....                       | 48        |
| 2.9.1.2 Las categorías de dispositivos del poka-yoke.....     | 49        |
| 2.9.1.3 Características del buen dispositivo poka-yoke.....   | 49        |
| 2.9.1.4 Recomendaciones para la aplicación del poka-yoke..... | 50        |
| 2.9.1.5 Algunos ejemplos y aplicaciones.....                  | 51        |
| 2.10 Requerimientos de materiales .....                       | 53        |
| 2.10.1 Materiales o materias primas. ....                     | 53        |
| 2. 10.2 Objetivos del control de materiales.....              | 53        |
| 2.10.3 Necesidad de adquisición de materiales.....            | 55        |
| <b>3. Desarrollo del instructivo.....</b>                     | <b>58</b> |
| Pasos 1 y 2.....                                              | 58        |
| Paso 3.....                                                   | 59        |
| Paso 4.....                                                   | 64        |
| Aplicación del POKA-YOKE.....                                 | 64        |
| Paso 5.....                                                   | 70        |
| Cálculos de la máxima producción anual de las estaciones..... | 71        |
| Paso 6 al 15.....                                             | 93        |
| <b>Conclusiones.....</b>                                      | <b>95</b> |
| <b>Referencias .....</b>                                      | <b>97</b> |

## **CAPÍTULO 1**

# **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **INTRODUCCIÓN:**

Si se observa el entorno, se vera que se esta rodeado de una infinidad de cuerpos materiales que sirven para dar curso a vida de los seres humanos: utensilios, herramientas, máquinas, muebles, edificaciones, etc.

Estos cuerpos no se encuentran en la naturaleza con el orden, forma y características que se les exige. Vale decir, que ha sido necesario construirlos especialmente: Son, por lo tanto, cuerpos artificiales o artefactos.

Para su elaboración se emplean materiales de distinta índole que transformamos (modificamos su forma) y disponemos en el espacio según un orden que nos habíamos propuesto de antemano según un proyecto. Tales materiales de los que echamos mano los llamamos, hablando en términos generales, materia prima.

Cabe señalar que salvo cuando se trata de situaciones especialmente primitivas o aisladas, la materia prima con la que se construye, fabrica o elabora un cuerpo artificial no se encuentra en estado natural, sino que forma parte de un patrimonio de materiales que han sido preparados con anterioridad.

Esta preparación de la materia prima es realizada en diferentes procesos, y su utilización en la construcción implica también la realización de otro proceso denominado proceso constructivo.

Según la enciclopedia Wikipedia: un proceso (del latín processuss) es un conjunto de actividades o eventos que se realizan o suceden con un determinado fin. Este término tiene significados diferentes según la rama de la ciencia o la técnica en que se utilice.

Entonces desde el punto de vista industrial se puede entender por proceso al conjunto de actuaciones, decisiones, actividades y tareas que se encadenan de forma secuencial y ordenada para conseguir un resultado que satisfaga plenamente los requerimientos del cliente al que va dirigido. En otras palabras, un proceso no es más que la sucesión de pasos y decisiones que se siguen para realizar una determinada actividad o tarea que, cuando se trabaja desde el enfoque de la calidad total, deben ir orientados a satisfacer al cliente.

## En La industria de la Construcción

Los orígenes de la construcción se pierden junto con los del ser humano y sólo se conocen por las escasas huellas que resisten el paso del tiempo. Sin embargo, es indudable que el hombre prehistórico empleó las artes constructivas no sólo con fines funcionales, sino también simbólicos. Prueba de ello son los numerosos restos de monumentos funerarios, cavernas artificiales o recintos conmemorativos. Utilizando de nuevo el paralelismo con la historia de la humanidad, se podría considerar que la historia de la construcción se remonta a los restos conservados, asociados al desarrollo de las primeras ciudades Mesopotámicas.

El desarrollo alcanzado por las primeras ciudades está muy estrechamente ligado con la productividad alcanzada por su civilización.

La productividad es un factor que esta directamente ligado al nivel de vida .<sup>1</sup> Es decir, ambos interactúan de alguna manera, la productividad influye en parte en que tan alto o tan bajo (o bien que tan bueno o malo) es el nivel de vida, por ejemplo en un país, ciudad o población.

Actualmente una definición formal de Productividad en la construcción no existe, sin embargo en términos generales es definida como la salida dividida entre la entrada.

Normalmente la entrada es más fácil de definir y establecerlo en cantidades. Por el otro lado la salida ha sido un problema constante para los investigadores en definirlo aplicándolo a la construcción en términos precisos. Esto es debido a que en el área de la construcción existe una gran diversidad de salidas en relación con el contenido de la producción. Es decir, que tipos de procesos de construcción se usaron para obtener un determinado producto parcial (muro de carga) o producto final (biblioteca pública). La medición de la productividad de un sistema de producción, es una manera de saber como esta trabajando el sistema. La productividad es medida en base a la relación entre lo que fue introducido al sistema y lo que salio del sistema, Véase la siguiente figura.



**Sistema de producción en la construcción<sup>1</sup>**

En este diagrama podemos observar que toda organización de la construcción transforma el gasto en rendimiento a través de cierto proceso de transformación, el cual es su entidad principal. El propósito de ésta es satisfacer las necesidades del cliente.

<sup>1</sup> Lilia Patricia Agraz Rodríguez, Marcelo Díaz Meneses , 22 de Agosto de 2003

Para incrementar la productividad:

- Se puede reducir las entradas y mantener la misma salida.
- Mantener las entradas e incrementar las salidas.
- Usar una combinación de reducir las entradas e incrementar las salidas.

Independientemente del tipo de producto la productividad puede ser evaluada, por ejemplo, al evaluar que tan productivos fueron los diferentes grupos de trabajo para la instalación sanitaria en cada casa. Pudiéndose medir su productividad en horas-hombre invertidas en relación a lo producido.

Comúnmente se puede ver o escuchar que la productividad en el país X es mayor que la del país Y debido a que el país X invirtió menos horas hombre para la construcción del mismo tipo de casa. Sin embargo no existe un estándar que norme y generalice esto debido a que varias condiciones, como el clima, recursos disponibles, situaciones extraordinarias afectan la productividad.

Existe una relación entre la productividad en la industria de la construcción y los estándares de vida. El primer término, que es la construcción, esta ligado directamente al mundo técnico, cuyo impacto se refleja en la sociedad a través del nivel de vida. El segundo término que corresponde al nivel de vida, esta conectado (con la productividad) sobre nuestra capacidad para proveer a nosotros mismos y nuestras familias los servicios y productos necesarios para vivir y disfrutar de la vida, Como puede ser: comida, alojamiento y vestido y otros servicios que son recibidos por parte de la comunidad como son electricidad, servicios sanitarios, agua potable, transporte, educación, servicios de salud etc.

De alguna manera u otra todos los productos o servicios que cada individuo disfruta en la sociedad, ya sea particular (bien privado) o parte de la comunidad (bien común), son también financiados por el mismo individuo. Existen dos maneras de incrementar los productos y servicios producidos:

- ✓ Incrementando el empleo,
- ✓ Incrementando la productividad.
- ✓ O ambos.

Las dos maneras son importantes debido a que están ligados. Por ejemplo, si los que actualmente tienen empleo, se vuelven más productivos entonces podría existir la posibilidad de crear fuentes de empleo que regulen, promuevan o usen los productos.

Dependiendo de la productividad será el nivel de vida. Es decir, a una baja productividad, el nivel de vida tendra a disminuir. Sin embargo, con una alta productividad, el individuo puede adquirir bienes y productos que incrementan su nivel de vida. Al incrementar la productividad, la sociedad podrá tener mayores ingresos. Al incrementar la productividad

nacional en agricultura, industria, educación, seguridad y salud, los productos y servicios serán más abundantes y a un costo más bajo.

Un incremento en la producción o salida no refleja necesariamente un incremento en la productividad. Por ejemplo, si las entradas crecen en forma proporcional a las salidas entonces la productividad es la misma. Además por ejemplo, Si la entrada crece en un porcentaje mayor que la salida, se podrá tener una salida menor pero con una reducción en la productividad o también en los costos.

La construcción de casas es completamente una actividad de edificación, pero los trabajos de construcción son necesarios en muchos ámbitos como en la agricultura, minería, industria, investigación, educación y demás. En muchos países, la industria de la construcción es el termómetro de cómo se encuentra su economía.

Por esta razón, un incremento en la productividad en la industria de la construcción no sólo incrementará las ganancias y beneficios de los que directamente están involucrados, sino también para todos aquellos indirectamente ligados a los proyectos de construcción (Vendedores, industria, textil, restaurantes, proveedores, clientes, etc.). Es decir, el incremento del nivel de vida se convierte en un bien común. El análisis del proceso usa una serie de técnicas que pueden ser usadas para una evaluación e investigación sistemática para cada aspecto del trabajo humano y los factores que afectan la eficiencia y economía con el objetivo de traer beneficios.

A una escala global casi ningún país tiene ventajas referentes a los materiales de entrada, debido a que lo que el país no posea, puede ser transportado con eficiencia. Existe una única ventaja que un país puede ofrecer sobre otro, esta es la mano de obra debido a que la mano de obra no puede ser transportada tan fácilmente como los materiales. Además, de que en muchos casos la productividad de los trabajadores se ve muy afectada por condiciones del clima, distancia, etc.

En países desarrollados, los recursos necesarios para producir en la construcción son normalmente más elevados que en países en vías de desarrollo. Esto es debido a que los costos de los materiales, la mano de obra y la operación del equipo son muy especializados y de una excelente calidad; entonces el costo de la entrada dentro de la relación de productividad es mayor. Entonces para que su productividad sea igual o exceda a la de los países en vías de desarrollo, el sistema de producción tiene que ser más eficiente

Los métodos usados para elaborar los productos o servicios conforman lo que es un sistema de producción.

Como todo sistema, el sistema de producción posee elementos que están interrelacionados y a la vez también están trabajando independientemente como subsistemas. Un sistema de producción, es una manera organizada de transformar las entradas hasta las salidas. Por lo regular las entradas introducidas al sistema de producción se agrupan en 4 categorías de recursos en la construcción:

- Materiales.
- Mano de obra.
- Capital.
- Maquinaria y Equipo.

Al realizar un rápido recorrido en la historia de la Construcción, es posible observar la evolución que han venido teniendo hasta nuestros días los múltiples procesos que conforman esta disciplina del hombre. Por una relación de extremos, se puede establecer un inicio de carácter artesanal intuitivo, a un estado actual tecnológico de carácter racional, empírico y experimental. El alto grado de desarrollo que ha alcanzado esta disciplina en su nivel tecnológico, está evidenciando la existencia de principios, leyes y fenómenos, que constituyen un conjunto de elementos conceptuales, de conocimientos en definitiva, formador de un sistema científico completo en sí mismo y con una identidad propia.

Los procesos de la Construcción han sido analizados y aplicados fundamentalmente con el uso de metodologías empíricas y/o experimentales, conformándose con ello un sólido sistema tecnológico. Sin embargo, la evidencia ya señalada, junto con la posibilidad de dar a ese sistema una mayor base de sustentación, hacen necesario formular, estudiar y consolidar los modelos y procesos generalizadores que representen esos fenómenos y descubran las leyes y los principios fundamentales de la construcción, utilizando técnicas y procesos industriales.

Se postula así, establecer las bases de un sistema científico nuevo, formulando conceptos e ideas genéricas orientadoras de técnicas y procesos industriales para sensibilizar y cultivar actitudes y procesos, que puedan dar inicio sistemático e integrado al desarrollo de una ciencia de la construcción.

Se entiende el desarrollo, como un conjunto ordenado, integrado y sistemático de procesos que conducen a un crecimiento colectivo e individual, cualitativa y cuantitativamente comparable, y a un avance hacia la frontera del conocimiento para su posterior transferencia directa y reversible hacia el medio <sup>1</sup>.

La evidencia de fenómenos, principios y leyes que rigen y/o interpretan los procesos tecnológicos en la construcción manifiestan por sí solos, la existencia de una ciencia con características e identidad propia, que proponemos se comience con la estructuración de los procesos constructivos a través de la metodología de la elaboración de los procesos industriales.

Se puede decir entonces, que la existencia misma de esta ciencia queda demostrada por la naturaleza de los procesos tecnológicos involucrados en la construcción, y por las aplicaciones que de ellos se derivan, tanto en sus complejidades cualitativas y cuantitativas, como en sus interpretaciones.

1 Lilia Patricia Agraz Rodríguez, Marcelo Díaz Meneses , 22 de Agosto de 2003

## **1.1 PROBLEMÁTICA:**

Por observaciones realizadas se ha notado que en la ejecución de los diferentes trabajos de la construcción, especialmente en los de las instalaciones, se ejecuta por cada técnico de una forma metodológica diferente, y que provocan un descontrol en las diferentes actividades del proceso constructivo de las instalaciones hidráulicas de las casas de interés social.

La problemática expuesta es derivada de la falta de organización del trabajo por parte del contratista de instalaciones y de su personal debido al desconocimiento de la secuencia de actividades del contratista de obra civil.

## **1.2 OBJETIVOS Y METAS:**

Usando técnicas y metodologías de procesos industriales crear un instructivo del proceso constructivo de las instalaciones hidráulicas en la construcción de casas de interés social, que sea capaz de uniformizar los procedimientos constructivos en la edificación de las viviendas. Enfocándose en la planeación de los factores críticos que determinarán el éxito o fracaso de la realización de la obra en tiempo y forma, y diseñando un proceso realista. El proceso deberá de adaptarse al sistema constructivo requerido. Se enfatizará el análisis de las condiciones del entorno en que la obra se encuentre y en el análisis de sus características internas.

## **DIMENSIONANDO EL PROBLEMA**

Para empezar con el estudio primero se verá un esquema reducido para dimensionar el tamaño del problema y así ver que tan grande sería el beneficio de resultar exitoso este estudio.

En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se establece en su artículo 4:

“Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La ley establece los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo”.

Derivado de lo anterior el gobierno federal ha encomendado principalmente a varios organismos federales la promoción y/o construcción de casas de interés social, estos organismos son: Banco de México, INFONAVIT (Instituto Del Fondo Nacional Para La Vivienda De Los Trabajadores), FOVISSSTE (Fondo De La Vivienda Del Instituto De Seguridad Y Servicios Sociales Para Los Trabajadores Del Estado), FONHAPO (Fondo Nacional De Habitaciones Populares) , etc.

En el marco de los objetivos y estrategias del Programa Sectorial de Vivienda 2001-2006, y con el propósito de inducir el abatimiento en el rezago de poco más de cuatro millones de viviendas en el país, el Gobierno Federal orientó sus acciones durante 2002 a promover la articulación de los distintos actores participantes en el sector habitacional, instituciones financieras, promotores y constructores, entre otros, para incrementar la oferta de este importante satisfactor social para atender, sobre todo, las demandas de los grupos de menores ingresos. Estas propuestas están basadas en los datos de los censos de población.

| <b>Características de las viviendas particulares, 1990 y 2000</b>                                                                                                                                           |         |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
| Concepto                                                                                                                                                                                                    | 1990    | 2000    |
| Total de viviendas particulares                                                                                                                                                                             | 16' 035 | 21' 955 |
| Con piso que no es de tierra                                                                                                                                                                                | 80.40%  | 86.70%  |
| Con agua entubada                                                                                                                                                                                           | 80      | 84.6    |
| Con drenaje                                                                                                                                                                                                 | 64.8    | 78.5    |
| Con energía eléctrica                                                                                                                                                                                       | 87.5    | 95.1    |
| Con área sólo para cocinar                                                                                                                                                                                  | 80.3    | 78.4    |
| Disponen de sanitario                                                                                                                                                                                       | 75.3    | 86.4    |
| FUENTES: -para 1990: INEGI, Resultados definitivos, XI Censo General de Población y Vivienda, 1990. México, 1992; para 2000: XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Tabulados básicos nacionales. |         |         |

## **INFONAVIT**

El 10 de noviembre de 1972 por mandato constitucional se fundó el INSTITUTO DEL FONDO NACIONAL DE LA VIVIENDA PARA LOS TRABAJADORES<sup>2</sup>, el cual tiene como principal objetivo: “Contribuir al desarrollo social y humano de los trabajadores”.

Créditos Otorgados  
 Desde 1972 al cierre del 2006:  
 4'037,324  
 Durante el 2007:  
 256,232  
 Total: 4'293,556  
 Avance durante el 2007: 51.25%

<sup>2</sup> <http://www.infonavit.gob.mx/>, 26 de Agosto del 2007

## FOVISSSTE

El Fondo de la Vivienda del ISSSTE (FOVISSSTE), es un órgano desconcentrado del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)<sup>3</sup>, encargado de administrar las aportaciones realizadas por las dependencias y entidades afiliadas al ISSSTE, constituidas para otorgarles créditos hipotecarios para la adquisición de viviendas.

| CONCEPTO   | NÚMERO DE TRABAJADORES | DEMANDA SATISFECHA DE CRÉDITOS OTORGADOS | DEMANDA POR SATISFACER |
|------------|------------------------|------------------------------------------|------------------------|
| NÚMERO     | 1,948,438              | 532,930                                  | 1,415,508              |
| PORCENTAJE | 100%                   | 27.35%                                   | 72.65%                 |

## 4) FONHAPO

Partiendo de reconocer a la vivienda como factor de desarrollo económico, social y urbano, en 1981 se crea el Fideicomiso Fondo Nacional de Habitaciones Populares, con el objetivo fundamental de otorgar financiamientos destinados a la población de menores ingresos, tanto del sector formal como informal, con el propósito de que este sector de la población contara con una vivienda digna.

FONHAPO es un Fideicomiso coordinado por la SEDESOL<sup>4</sup>, que financia la demanda nacional de crédito para vivienda de las familias de bajos recursos, operando un sistema de financiamiento acorde a su presupuesto y capacidad de crédito, contribuyendo a hacer realidad la ilusión de tener una casa digna.

## 1.3 ALCANCE

El alcance de lo anterior será limitado a realizar una propuesta de instructivo para el desarrollo del proceso constructivo de las instalaciones hidráulicas en la construcción de casas de interés social. En metodología de trabajo propuesta se establecerá el método de trabajo para lograr el objetivo propuesto.

Con el presente trabajo se pretende crear los procedimientos constructivos que sean del tipo de técnicas y procesos industriales que podrían emplear los contratistas de instalaciones, para asegurar el uso correcto de la cantidad de materiales en la obra.

<sup>3</sup> <http://www.issste.gob.mx/fovissste/>, 7 de octubre del 2003

<sup>4</sup> <http://www.fonhapo.gob.mx/pagina/somos1.htm>

### **1.3.1 Situación Inicial**

Hoy en día, la ejecución de las diferentes actividades de la construcción, especialmente de las instalaciones, se ejecuta en un desorden metodológico impresionante. Cada técnico cree en su modo de ejecutar una actividad de construcción, pues así la aprendió viendo a otros técnicos, sin que ninguna institución certificara sobre la idoneidad del método. En las obras existe casi un método particular para ejecutar una actividad por cada técnico que la ejecuta. Es imposible garantizar la calidad de los trabajos de esta manera. Se presentan altos costos extraordinarios por reparaciones y consumo excesivo de materiales y mano de obra.

### **1.3.2 Situación Esperada**

Se busca tener una metodología definida y estandarizada del tipo de técnicas y procesos industriales para la ejecución de las actividades de instalaciones hidráulicas. Estas deberán de cumplir con la normatividad existente y de garantizar el uso de la materia prima y la calidad de los trabajos,.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El desarrollo de la Ciencia de la Construcción requiere evidentemente de un impulso inicial a los esfuerzos que se vienen realizando en el estudio de nuevas tecnologías, sin perjuicio que de esos esfuerzos se esté ya insinuando y apareciendo como sistema propiamente tal, no obstante lo cual, pueda requerir de una estructura ordenadora y orientadora que la consolide y le confiera un carácter propio.

Este desarrollo lo empezaremos con la planeación de procesos, como si se tratara la industria de la construcción como una industria manufacturera.

El desarrollo del diseño de un proceso determinado comienza con la detección de un problema, cuya solución sea socialmente útil. La detección del problema puede -y suele- ser externa al desarrollo del proyecto, sin embargo, forma parte integral del proyecto y, por ende, debe formar parte de su fundamentación<sup>5</sup>.

Si la solución no existe, entonces la detección del problema llevará al desarrollo de fundamentos científicos, que no forman parte del proceso de diseño, sino que debe ser una etapa previa. El desarrollo de bases científicas adecuadas para resolver un problema mediante métodos de alta escala suele llamarse ciencia aplicada o investigación aplicada; es decir, con toda claridad no forma parte del proyecto de ingeniería, ni del diseño, sino que son etapas previas.

El desarrollo de procesos industriales sostenibles, constituye uno de los retos más fascinantes a los que se enfrenta la investigación en ingeniería en la actualidad. Este reto exige una colaboración intensa entre distintas disciplinas cada día más estrecha.

El estudio de los procesos y su administración ha reconocido su importancia en la priorización e identificación de las actividades que generan e integran valor al producto<sup>6</sup>.

Desde un punto de vista tradicional el uso de los procesos, los procesos tienen como principales características:

- . Su orientación es a que sean funcionales ya sean en forma operativos y/o administrativos.
- . La responsabilidad del proceso no recae en una persona.
- . Se miden para determinar su eficacia.
- . La mejora es continua y gradual.

5 [http://tamarugo.cec.uchile.cl/~cabierta/libros/l\\_herrera/iq54a/introduc.htm](http://tamarugo.cec.uchile.cl/~cabierta/libros/l_herrera/iq54a/introduc.htm), 20 de Octubre de 2003

6 <http://www.tecnologiaycalidad.galeon.com/calidad/14.htm>, 20 de Octubre de 2003

Sin embargo actualmente a partir de su estudio y en apoyo a la Administración estratégica se orientan a:

- . Procesos sustantivos de la organización, vista esta como un sistema.
- . Existe un responsable del proceso conocido como dueño o propietario del proceso.
- . Su medición, para mantenerlos bajo control y dar confiabilidad al sistema.
- . La mejora proactiva, gradual y radical de los diseños de transformación.

Los procesos son la célula básica del funcionamiento de cualquier organización y si estos operan adecuadamente es posible entonces: estandarizar operaciones, mantener el control y asegurar la calidad al cliente.

Diseñar adecuadamente, analizar, medir y controlar los procesos es la clave para el control y satisfacción total del cliente.

La planeación de procesos<sup>7</sup>, es la creación de un método particular de fabricación que generalmente comprende cierto número de pasos u operaciones. El plan del proceso es como un mapa de carreteras que se sigue para transformar materias primas en productos terminados.

La gestión por procesos busca reducir la variabilidad innecesaria que aparece habitualmente cuando se producen o prestan determinados servicios y trata de eliminar las ineficiencias asociadas a la repetitividad de las acciones o actividades, al consumo inapropiado de recursos, etc. Dicho de otra manera busca optimizar los recursos.

Todo proceso incluye una sucesión de actividades que, necesariamente, tienen cada una de ellas alguna actividad precedente y lógicamente tendrán otra a continuación hasta su final. Al espacio entre los límites establecidos para cada proceso, se le denomina ámbito del proceso.

La mayor parte de los procesos no solo de manufactura, sino también de servicios, evolucionan en el tiempo de manera natural y desordenada. La idea del diseño de procesos en la manufactura de productos, es planificar los mismos, de manera que evolucionen de manera eficiente y controlada.

## **2.1.- DEFINICIONES**

La construcción de casas de interés social se ha convertido con el pasar de los años en un proceso industrial, esto debido a que los desarrolladores inmobiliarios con el objeto de reducir costos han llevado la construcción de viviendas a un proceso de producción en serie al fabricar todas las casas del desarrollo con estilo, dimensiones, distribución y requerimientos de servicios iguales.

<sup>7</sup> Curtis, 1996

Primeramente debemos de definir algunos conceptos<sup>8</sup>, como son:

*Instalaciones:* Se denomina instalaciones al conjunto de tuberías, redes, cables y otras canalizaciones que, con sus respectivos accesorios, prestan servicios básicos para el funcionamiento de edificios, vía pública, etc.

Las instalaciones básicas mínimas que se requieren en una zona urbanizada son:

Instalación de agua potable.  
Instalación de alcantarillado.  
Instalación eléctrica.  
Instalación de gas.

También existen otras instalaciones adicionales para edificaciones, tales como: calefacción, aire acondicionado, ventilación, teléfono, ascensor, etc., las cuales no serán incluidas en este trabajo.

*Instalación de agua potable:* Agua potable es aquella que, por carecer de elementos nocivos para la salud y no tener mal olor ni mal sabor, puede servir como bebida y utilizarse en la elaboración de alimentos.

*Instalación de alcantarillado:* El alcantarillado es un sistema de evacuación de aguas. Existe en dos variedades:

- i) *Alcantarillado de aguas pluviales:* recolecta las aguas provenientes de lluvias evitando inundaciones.
- II) *Alcantarillado de aguas servidas:* recolecta las aguas jabonosas y las sanitarias. Este tipo de alcantarillado Puede subdividirse, además, en: sistema público y sistema particular, (privado).

Tanto en el sistema público como en el privado la instalación para aguas servidas debe satisfacer los siguientes requisitos:

- Debe permitir una rápida evacuación de dichas aguas.
- No debe permitir que se formen depósitos de materias putrefactas.
- Debe ser hermético al agua y a los gases.
- Debe resistir los ataques de ácidos y de gases.

*Instalación de gas:* El gas es uno de los combustibles más usados en una vivienda, principalmente para calefacción y preparación de alimentos. Este combustible puede llegar a una vivienda de dos maneras: desde la red pública, como gas corriente, o bien, como gas licuado, envasado en cilindros de acero.

*Instalación eléctrica:* Se llama instalación eléctrica al conjunto de aparatos, canalizaciones y accesorios destinados a la producción, distribución y utilización de la energía eléctrica.

Se distinguen instalaciones de obtención y generación de energía e instalaciones interiores: estas últimas son las construidas dentro de una propiedad particular y para uso exclusivo de sus ocupantes, y puede estar ubicada tanto en el interior de los edificios como a la intemperie.

Para lograr nuestro objetivo primeramente deberemos de llevar a cabo una planeación y programación de la obra.

Esta planeación y programación de las obras consistirá en ordenar la realización de todas las actividades que son parte del proceso de construcción. La planeación puede dictarnos pautas o poner restricciones a la organización del proyecto.

Los objetivos principales de nuestra planeación y programación serán racionalizar las actividades del proceso constructivo, evitando conflictos en el proceso y disminuyendo riesgos. Permitiéndonos racionalizar el empleo de recursos y establecer un control de los recursos si la planificación y programación le asociamos a su estructura una metodología de control de procesos.

Los beneficios que se obtienen de una buena planeación y programación son:

- ❖ Reducir incertidumbre en el control del tiempo y costos.
- ❖ Conocer los "Volúmenes" de necesidades para poder dimensionar las instalaciones a su capacidad optima.
- ❖ Programar los movimientos de la instalación de faenas y retiro de ellas. Optimizar la programación de área de la obra.
- ❖ Elaborar un programa de adquisición de materiales y arrendamiento de equipos.
- ❖ Definir los períodos de contratos y despidos.
- ❖ Establecer metodologías de control.

La planeación la plantearemos en tres niveles básicos:

*Planeación estratégica o de largo plazo:* aquella planeación que se hace a nivel de anteproyecto, se centra en los aspectos globales del proyecto sin llegar a un nivel de detalle muy grande. Sus objetivos serán determinar costos para propuestas o estudios de factibilidad y servir de base para la planeación del proyecto.

*Planeación táctica o de mediano plazo, (Plan de Producción):* planifica de forma concreta la materialización del proyecto, generalmente corresponde a un plan de construcción de la obra en sus etapas más gruesas.

*Planeación operacional o de corto plazo, (Plan Maestro De Producción):* comprende el detalle de cómo excitar las tareas necesarias para materializar las actividades definidas en el nivel anterior, evitando interferencias, falta de recursos, etc. Aquí se puede llegar a un nivel de detalle tal que exista una planeación semanal o, inclusive, diaria que contribuya a una mejor organización y cumplimiento en el trabajo. La planeación operacional de corto plazo es vital en la segunda mitad del desarrollo de la obra.

Antes de preparar la planeación operacional o de corto plazo, la obra deberá dividirse en sus respectivas operaciones al igual que en los procesos industriales. Deberá determinarse la cantidad de trabajo que tenga que llevarse a cabo, y deberá estimarse para cada operación su rapidez. Deberá descontarse una cantidad de tiempo apropiada debido; a lluvias, mal tiempo y otros imprevistos. Al estimar la rapidez con que deba llevarse a cabo el trabajo deberá tomarse en consideración la economía de la construcción. Deberá seleccionarse el número de obreros y las unidades de equipo que resulten en la construcción más económica consistentes con la operación en particular y con toda la obra en general<sup>9</sup>.

Esto es similar a la planeación de las líneas de producción que se hacen en las industrias para la fabricación de los productos industriales<sup>16</sup>. Todo tiene un principio y un final, y entre uno y otro siempre hay una serie de pasos que se realizan en un orden determinado que no puede ser alterado porque se pierde la línea lógica de producción. Cuando no se proyectan las obras, a veces se duplican trabajos o se origina que se construyan partes de la misma antes de tiempo. Esto puede dar por resultado que se tenga que destruir algo ya construido y con ello entorpecer y encarecer el desarrollo de la construcción. Para evitarlo se hace un calendario de trabajo y un presupuesto de tiempo, en los cuales se presupone lo que tardará en realizarse una obra. El calendario de trabajo es la mejor forma de controlar el avance de una construcción

El calendario de obra, (plan maestro de producción), no es más que el establecimiento de un camino o secuencia de pasos calendarizados para la realización de los trabajos de la construcción y su utilidad es evidente, porque da la posibilidad de programar las entregas de los materiales, de tal suerte que, por un lado, se garantiza la construcción de la obra sin problemas por falta de material, y por otro, no se tiene almacenado material que puede deteriorarse mientras se coloca en su lugar definitivo.

El procedimiento constructivo, (instrucciones de proceso), en cambio, es el modo de ejecutar la obra, por tanto, desde el punto de vista constructivo, es la sede de trabajos, que se deben hacer en un orden y método determinado, para la ejecución de una obra. Es decir el procedimiento constructivo dice cómo se va a hacer.

De los procedimientos constructivos depende el éxito de la construcción de cualquier obra. Cuando no se eligen los procedimientos constructivos adecuados, las obras se dificultan, no quedan bien, se encarecen, etc., porque muchas veces originan reprocesos que de otra manera no es necesario hacer.

<sup>9</sup> Peurifoy, 1963

<sup>16</sup> Esteva, 1996

Cuando una obra está bien realizada conviene analizar los procedimientos constructivos que fueron aplicados en ella para tomar experiencia y, posteriormente, aplicarlos en otras obras.

Considerando que la etapa de construcción equivale a la de fabricación en cualquier industria, es lógico pensar que se tiene que organizar al personal en forma similar a como se hace en una industria.

De los procedimientos constructivos que se seleccionen dependerá entonces la calidad de la construcción que hagamos.

El Instituto Mexicano de Control de Calidad dice: "La calidad de un producto es el grado en el que satisface los requerimientos propios del uso al que se le destina". Pero, el mismo Instituto establece diferentes puntos de vista para definir este concepto, los cuales son los siguientes:

a) *Calidad Intrínseca*

Es la calidad propia de los materiales usados para la elaboración del producto.

b) *Calidad de Uso*

Es el grado de apego que tiene un producto a los requerimientos del uso al que se le destina, independientemente de los materiales con los que esté elaborado.

c) *Calidad Económica*

Es el grado de satisfacción de los requerimientos a los que está destinado un producto en relación al costo que tuvo su fabricación. Se debe aclarar que en las gráficas costo-beneficio, siempre hay un punto en el cual los beneficios esperados del producto se pueden considerar suficientes y después del cual, no resulta económico tratar de incrementarlos. Este punto es el que se considera calidad óptima del producto.

d) *Calidad Total*

Es la multiplicación de las tres calidades anteriores, o sea:

$$\text{Calidad Total (D)} = A \times B \times C$$

Entonces preguntaríamos: ¿Cuales son los puntos o factores de demérito?, Dígase ¿por qué razón nuestra calidad en la obra sería pobre?

Son todos aquellos defectos o fallas que deprecian y demeritan la calidad de un producto terminado. Pueden incluso afectar directamente sus costos de calidad por los retrabajos y procesos que implican, y que pueden incrementarse hasta niveles muy elevados.

Lograr una buena calidad en cualquiera de los productos que se fabrican, incluyendo las viviendas de interés social, cuesta dinero. Tradicionalmente en la industria se ha considerado que estos costos pueden ser de tres tipos:

- ❑ Costos por fallas
- ❑ Costos por inspección
- ❑ Costos por prevención

Los primeros se deben a la condición propia del hombre susceptible de equivocarse y cometer errores, los segundos y terceros se originan por tratar de evitarlos. Cabe aclarar, que en todo proceso de fabricación hay lo que se llama el costo normal de calidad, ya que siempre se debe tener en cuenta que existe un porcentaje normal de fallas, por lo que los fabricantes consideran dentro de los costos totales de la obra, los costos por inspección y los costos por prevención; sin embargo, cuando estos costos son muy elevados pueden convertirse también en puntos o factores de demérito ya que afectan la calidad económica de la obra y la competitividad del constructor. En el caso de las viviendas de interés social, las fallas pueden deberse a :

- ⇒ Fallas en el origen, definición y justificación del proyecto
- ⇒ Fallas en la organización del proyecto
- ⇒ Fallas en el diseño del proyecto
- ⇒ Fallas en la construcción del proyecto
- ⇒ Fallas en el uso, servicio y mantenimiento

Las primeras cuatro fallas, afectan directamente la calidad intrínseca del proyecto; la quinta falla afectan la calidad de uso. La calidad económica, en cambio, tiene que ver con todas ellas. Es importante decir que en el caso de los edificios, al igual que en todo proceso de producción, las fallas que se cometen en cualquiera de las etapas de fabricación, penetran como insumos a las etapas siguientes. Así pues, errores en la definición del proyecto tiene repercusión en la justificación y en todas las etapas siguientes; de la misma manera, errores de justificación tienen repercusión en todo el resto del proceso incluso pueden ser tan graves que puede darse el caso de construirse una edificación que nunca se debió haberse hecho. Errores de organización pueden repercutir en el diseño; los de diseño pueden a su vez tener consecuencias funestas en la construcción, etc.

Por todas estas razones y al hecho de haber trabajado para una contratista de instalaciones en un desarrollo de esta índole, se piensa que es posible desarrollar por un instructivo de plan maestro de producción y otro del proceso constructivo para las instalaciones eléctricas, hidro-sanitarias y gas, que nos permita eficientizar los recursos humanos y materiales, ambos del tipo usados en los procesos industriales.

## 2.2 PASOS RECOMENDADOS PARA EL DISEÑO DE PROCESOS

Con el objeto de Diseñar los Procesos, se recomienda:

1. Adquirir todo el conocimiento necesario a cerca del producto a fabricar. Los diseños asistidos por computadora (CAD) serán de gran valor para identificar aspectos importantes del producto que luego nos servirán para el Diseño del Proceso.
2. Con el conocimiento adquirido a cerca del producto, estamos en capacidad de elaborar un diagrama de flujo tentativo del Proceso Productivo.
3. Estimar los parámetros del proceso, los mismos que nos servirán para su posterior simulación.
4. Elaborar un modelo de simulación (discreto o mixto) a fin de evaluar nuestro diseño tentativo del proceso. Ésto nos permitirá también estimar variables tales como: Tiempo de Ciclo del Proceso, Costo de Fabricación, Porcentaje de Utilización de los Recursos, etc. de manera que podemos procurar optimizar el Sistema en tiempo de diseño.
5. Documentar el proceso obtenido mediante Hojas de Tarea. Si el modelo de simulación lo permite, podemos emplear el mismo para registrar el proceso global, de lo contrario debemos elaborar / corregir los diagramas de flujo como parte de la documentación del proceso.
6. Una vez puesto en marcha el proyecto, podemos evaluar / corregir el modelo de simulación comparándolo con la realidad y analizar las causas de posibles discrepancias. Nuevamente "optimizamos" el sistema y documentamos los cambios tornándose en un proceso iterativo.

El trabajo de la planeación de un proceso se inicia típicamente con un análisis de los dibujos de ingeniería. Estos son planos detallados del producto que se piensa fabricar. Las especificaciones del diseño de la parte, incluyendo características, geométricas, dimensiones, tolerancias y requisitos de materiales, se deben evaluar en relación con el volumen de producción; es decir, el número total de partes que se va a producir. El plan del proceso que se obtiene de esta revisión preliminar se considera por lo general como un estimado de costo. El estimado de costos de fabricación lo usa la administración para determinar su rentabilidad y, a la vez, la posibilidad económica de producir el producto que se contempla. Sin embargo, en las etapas iniciales, la secuencia de las operaciones de fabricación, incluyendo las maquinas y herramientas necesarias, es sólo tentativa.

Si el estimado de costo, que es el resultado del plan del proceso preliminar, esta dentro de los lineamientos económicos y presupuestarios aprobados, se generará un plan formal y

muy detallado del proceso. En el proceso detallado se debe especificar toda la información necesaria para fabricar cada pieza individual; comúnmente se denomina detalle. También debe contener información similar para cada ensamble y subensamble que se va a producir. Algunos de estos detalles, por mencionar algunos, son: dimensiones y tolerancias del proceso, avance y velocidad de maquina, herramental durable y perecedero, inspección con calibradores y métodos de manejo de materiales. El resultado puede ser un estimado de costo más detallado, un trazo de rutas, una serie de hojas de operación o instrucciones codificadas para el equipo.

Por lo tanto, la buena planeación de procesos es el corazón económico y el alma de cualquier empresa. Su importancia no será nunca sobreenfatizada. Es por esto que los investigadores trabajan diligentemente para desarrollar métodos que permitan mejorar y automatizar ciertos elementos de la planeación de procesos relacionados con la fabricación.

La planeación de procesos representa el vínculo principal entre el diseño del producto y la productividad en el taller.

## **2.3 CONOCIMIENTOS NECESARIOS DEL PLANEADOR DE PROCESOS**

El planeador de procesos es un especialista en fabricación e ingeniería de procesos encargado de la concepción, planeación e implantación de procesos de producción económicamente justificables, diseñados para producir una variedad de artículos industriales y de consumo. Con sólo los planos del producto y de un estimado del número de partes requeridas, el planeador de procesos debe poder visualizar varios métodos posibles para convertir la materia prima en un producto terminado.

Para realizarse como planeador de procesos se necesita aplicar muchos conocimientos. Aunque diversos, estos conocimientos caen generalmente en una de las siguientes categorías.

### **2.3.1 LECTURA DE PLANOS**

El trabajo del planeador de procesos empieza típicamente con un análisis profundo del producto cuya fabricación se está considerando. El producto se define normalmente mediante uno o más planos. Estos planos pueden ser sumamente complejos y por tanto la interpretación apropiada de la información contenida en ellos es de la mayor importancia. El planeador de procesos examina estos dibujos y los usa como base para los cálculos. También los usa para localizar puntos, dimensiones, tolerancias, especificaciones de materiales, acabados de superficies y todos los otros datos pertinentes. La mayoría de las decisiones subsecuentes que toma el planeador de procesos dependen directamente de la información extraída de esos planos.

### **2.3.2 MATERIALES**

Fabricar un producto requiere de materiales, los que en la mayoría de los casos están especificados en los planos del producto. Las especificaciones deben decir: "Hacer de acero SAE 1018" o "hacer de aluminio fundido núm. 3003". Así, el planeador de procesos debe conocer más acerca del material especificado que lo que usualmente se expresa en el plano del producto. Por ejemplo: ¿En qué presentaciones vienen las materias primas? ¿Qué tolerancias tienen? ¿Cuales son los costos? ¿Que tipo de trabajo de acabado necesitan? ¿Como se embarca y recibe el material? Las respuestas a estas preguntas influyen, si no es que rigen, las elecciones que se hacen para los métodos de procesamiento y el herramental requerido.

### **2.3.3 INGENIERÍA MECÁNICA**

Materias como estática y resistencia de materiales, metalurgia, cinemática, mecánica de fluidos y termodinámica son aspectos de la ingeniería mecánica, pero también forman la base sobre la cual se construye la ingeniería de producción. Los ingenieros de producto, que también reciben el nombre de ingenieros de diseño. Conforme el planeador de procesos empieza a evaluar el diseño del producto en función de la productividad, debe prever los posibles problemas. Es importante que sugiera soluciones o cambios de diseño derivados de un razonamiento y criterios sensibles de ingeniería. Si el planeador de procesos no logra descubrir los problemas de ingeniería de diseño que tengan las especificaciones del producto, el resultado final será una pérdida de ingresos.

### **2.3.4 PROCESOS DE PRODUCCIÓN**

La planeación de procesos requiere que se conozcan los procesos de producción y se tenga la capacidad para especificarlos. Esto implica mucho más que saber qué es una fundición o lo que se hace en un torno. Por ejemplo, hay más de una docena de procesos principales de fundición y siete tipos importantes de tornos. El planeador de procesos debe conocer todos. También necesita conocer toda la gama de procesos de producción existentes y sus capacidades. Es normal que tome años el dominio de estos conocimientos.

### **2.3.5 MAQUINARIA, (EQUIPO DE CAPITAL).**

En la planeación de procesos, la capacidad para ejecutar una tarea determinada. Los aspectos que influyen en la economía de la selección de maquinaria son precisión dimensional y repetibilidad, tiempo del ciclo, flexibilidad, costo y relación costo-herramienta. También en este aspecto, el planeador de procesos

debe tener, o poder usar, una amplia base de conocimientos. Dicha base debe incluir información acerca de la mayoría de las máquinas herramienta existentes. Estos datos le ayudarán a especificar con seguridad la mejor máquina para cada operación planeada.

### **2.3.6 HERRAMENTAL Y DISEÑO DE HERRAMIENTAS**

Técnicamente hay una diferencia entre una máquina herramienta y su herramental. La típica máquina herramienta (por ejemplo, prensa taladradora, torno, fresadora, rectificadora, etc.) se diseña para poder hacer cierto tipo de trabajo, en una amplia gama de tamaños. Las herramientas, a su vez, permiten que la máquina ejecute operaciones especializadas en partes específicas. El herramental también se clasifica en durable o perecedero. Las herramientas durables son la parte de la preparación que durará años en condiciones normales de operación en la industria. Las herramientas perecederas son la parte de la preparación que se desgastará y necesitará reemplazarse una y otra vez. La descripción de tres procesos industriales típicos aclara las diferencias entre máquinas herramienta, herramientas durables y herramientas perecederas:

1. En un proceso de taladrado se necesita una prensa taladradora (máquina herramienta), una plantilla de taladro (herramienta durable) y una broca (herramienta perecedera).
2. En un proceso de torneado se necesita un torno (máquina herramienta), un mandril (herramienta durable) y una herramienta de corte (perecedera).
3. En un proceso de rectificado se necesita una rectificadora (máquina herramienta), un accesorio de sujeción de la parte (herramienta durable) y una rueda de esmeril (herramienta perecedera).

El planeador de procesos debe comprender las diferencias entre las herramientas y familiarizarse con las disponibles comercialmente. Las herramientas que se necesiten y no pueden comprarse se tienen que diseñar y construir. El planeador de procesos es quien especifica todo el herramental necesario, ya sea comprado en formato estándar o hecho especialmente por diseñadores de herramientas.

### **2.3.7 TÉCNICAS DE AUTOMATIZACIÓN**

Como se mencionó anteriormente el planeador de procesos debe especificar las máquinas y herramientas necesarias para fabricar una parte determinada. Sin embargo, más allá de las necesidades de la operación, el grado en que esté automatizado un proceso es decisión de la gerencia y que el planeador de procesos recomienda y justifica desde el punto de vista técnico/económico primero.

La disponibilidad de mano de obra no especializada y de bajo costo siempre ha ofrecido a la administración una opción de bajo riesgo, comparada con la opción de automatización, ya la mano de obra no especializada requiere de poca o ninguna inversión de capital. Por lo tanto, el planeador de procesos debe capacitarse para conocer y justificar la automatización de un proceso, reduciendo al mínimo el riesgo que implica para la productividad.

### **2.3.8 TÉCNICAS DE INSPECCIÓN**

La variabilidad de todos los procesos de fabricación y la demanda de partes dimensionalmente correctas crean la necesidad de las técnicas de manufactura e inspección y calibrado de la producción. Además de especificar un método de fabricación, el planeador de procesos debe indicar la forma de inspeccionar las dimensiones y especificaciones de cada parte. Asimismo, es importante indicar cuáles medios se usarán para hacer tales inspecciones.

### **2.3.9 CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO**

El control estadístico del proceso se basa en la premisa de que hay variabilidad en cada proceso. Mediante métodos estadísticos se pueden hacer predicciones precisas sobre el margen de esta variabilidad. Por medio de la inspección de un pequeño número de partes, denominada muestra, el planeador de procesos obtiene conclusiones estadísticas sobre un mayor número de partes o sobre la capacidad de una máquina y su herramental. También este concepto de control estadístico del proceso se puede usar para probar maquinaria nueva. También se usa para vigilar y controlar la calidad del trabajo del taller a un costo mínimo. Por tanto, el conocimiento de control estadístico de procesos va de la mano con el de las técnicas de inspección.

### **2.3.10 INGENIERÍA ECONÓMICA**

Hay muchas maneras de producir una parte determinada, pero el plan del proceso seleccionado debe dar el costo más bajo por unidad. Los costos de materia prima, de mano de obra directa e indirecta, los gastos generales, los volúmenes de producción y la estabilidad del producto influyen en la decisión final. No obstante, estos factores son solamente una parte del todo.

Un buen planeador de procesos debe tener presente el dicho: "Se necesita dinero para hacer dinero". En su sentido amplio, esto significa que se debe gastar dinero hoy con la esperanza de recuperar la inversión en el futuro. Para predecir con precisión la recuperación futura del dinero gastado en ingeniería, diseño, maquinaria y herramientas se necesita la ingeniería económica.

El fundamento de la ingeniería económica es un concepto llamado valor del dinero en el tiempo. Por ejemplo, si hoy se gastan \$500,000 para empezar a

fabricar un producto, ¿Cuánto dinero se debe recuperar dentro de dos años para hacer una buena inversión? Antes de apresurarse a responder, hay que tomar en consideración la inflación, la pérdida de intereses, riesgo, depreciación del equipo, leyes sobre impuestos y el método de recuperación de la inversión. Estos factores complican el asunto. Por tanto, un buen plan de procesos tiene que servir para fabricar la parte, así como para generar ganancias, y eso requiere tener conocimientos tanto de ingeniería como de economía.

### **2.3.11 DIBUJO DE PLANOS Y DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA**

El dibujo de planos, que es la capacidad para desarrollar y trazar un plano legible conforme a los símbolos y prácticas aceptados industrialmente, es una capacidad fundamental que debe tener el planeador de procesos. Esta habilidad incluye el dibujo de hojas de procesos, una responsabilidad que a menudo se le da al planeador. Con el tiempo, el diseño mediante la ayuda de la computadora hará obsoletas las técnicas tradicionales de dibujo sobre papel, pero este cambio en el medio será gradual. Por tanto, un buen planeador de procesos necesita conocer las dos técnicas de dibujo, manuales y computarizadas.

## **2.4 INICIO DE LA PLANEACIÓN DE UN PROCESO**

En la empresa manufacturera típica, la planeación de un proceso empieza con un profundo análisis de los planos del producto, (Francisco Aguayo González, Víctor M. Soltero Sánchez, 2003), que a menudo se denominan dibujos de partes. Éstos pueden incluir una lista de las partes y planos de conjunto, subensamble y detallado según se requieren.

Normalmente este análisis se inicia con una petición formal para un estimado de costo. La comunicación de estimado de costo (CEC) proporciona al planeador del proceso datos de ventas estimadas, nombre del cliente, números de partes o planos y otra información pertinente relacionada con la precisión requerida y la urgencia del estimado.

Cuando el planeador del proceso cuenta con la CEC y sus planos del producto correspondientes, debe iniciar una compleja ruta de toma de decisiones. Si se aplican apropiadamente, los pasos a lo largo de esta ruta conducirán a un plan del proceso fácil de trabajar y de costo altamente efectivo.

Fundamentalmente la decisión de una empresa está entre hacer algunos componentes y comprar otros, la cuál es de naturaleza económica. El planeador de procesos toma esta decisión, que es el resultado de una investigación y un análisis de cada dibujo de las partes. Con esta investigación se evita el desperdicio de trabajo de ingeniería en componentes que en última instancia pueden comprarse.

Una vez tomada la decisión entre hacer o comprar, el planeador del proceso de tener dos archivos impresos: una marcada con Hacer y otra con Comprar.

La de comprar se debe enviar al departamento de compras junto con información de los estimados de costos, calidad de la parte, cantidad y requisitos de entrega; en esta pila se debe incluir también una lista de proveedores potenciales. El departamento de compras empieza en este punto a solicitar cotizaciones de los proveedores apropiados y a colocar pedidos formales de compra.

El archivo marcado con “hacer” lo conserva el planeador del proceso, quien ahora puede proseguir al siguiente paso en el procedimiento del análisis de los dibujos de las partes.

En este punto del análisis del dibujo de partes, se deben saber dos cosas:

- I.- La forma final de las partes o ensambles; es decir, dimensiones, tolerancias, etc.
- 2.- Si las partes se van a fabricar o comprar.

Puesto que la planeación de procesos es la creación de un plan paso por paso para convertir materias primas en productos terminados, la selección de las materias primas para todas las partes que se fabricarán es el siguiente paso en la ruta de la planeación del proceso.

En algunos casos, tanto la composición como el tamaño de la materia prima están ya establecidos por el diseño del producto. Estos datos aparecen en el dibujo de las partes como especificación de material y una especificación hacer de (o fabricar de). Por ejemplo, durante el proceso de fabricación de la mayoría de los productos, una compañía puede probar el desempeño y uso de una variedad de materiales. Estas pruebas dan comúnmente información acerca de si los materiales son aceptables desde el punto de vista de la durabilidad y la confiabilidad. Se consideran otros aspectos adicionales como costo y apariencia del material, costo del procesamiento y disponibilidad para llegar a una especificación de material.

Las especificaciones del material y las de "hacer de" permiten al ingeniero de procesos empezar la formulación del plan del proceso. Sin embargo, en muchas situaciones de fabricación, la especificación de las materias primas se deja en gran medida al grupo de procesamiento.

Así, el buen funcionamiento y la economía son los factores esenciales que influyen en la decisión sobre la selección del material.

Ya sea que las especificaciones de materiales provengan del diseño del producto o de ingeniería de procesos, la materia prima se debe especificar antes de proseguir la planeación del proceso de fabricación.

Una vez terminado un análisis a fondo de todos los planos de una parte, el planeador del proceso debe tener identificados los siguientes puntos para todas las partes que se fabricarán en sus instalaciones:

1. Forma y estructura de la materia prima.

2. Dimensiones críticas.
3. Puntos de sujeción y localización.
4. Procesos exigidos específicamente.
5. Otras selecciones de procesos necesarios.

Esta información permitirá empezar a trabajar para establecer una secuencia formal de operaciones (denominada plan del proceso).

Después de completar el análisis del dibujo de las partes, el planeador de procesos debe organizar toda la información en un método lógico y económico de fabricación. Aunque las operaciones necesarias pueden haber estado especificadas o seleccionadas previamente, el planeador del proceso debe distribuir estas operaciones conforme a una secuencia apropiada. Este es ahora el interés central del planeador de procesos.

Mediante la distribución meticulosa de los procesos necesarios en la producción de cualquier parte dada, el planeador de procesos puede obtener una o más de las siguientes ventajas económicas:

1. Uso apropiado o maximización de todas las tolerancias dimensionales dadas en los planos del producto
2. Eliminación de procesos.
3. Utilización de operaciones durante el proceso, lo cual, en efecto, da lugar a procesamiento adicional sin incrementos en el contenido de mano de obra directa de la parte.

Se ha vuelto tarea difícil permanecer competitivo en el mercado actual de la fabricación. Los clientes demandan calidad cada vez más alta, precios más bajos y más opciones individuales. Debido a las altas tasas de interés, muchos inversionistas han colocado su capital en empresas más seguras y lucrativas. Estos factores han obligado a todos los fabricantes a meditar la forma en que hacen los negocios.

Durante años las empresas han desarrollado planes de procesos precipitados para hacer mas expedita su entrada a los diversos mercados<sup>10</sup>. Esta práctica se basó en la idea de producir primero y refinar después el plan del proceso. Por supuesto, el trabajo de refinamiento dio lugar a ahorros de costo a través del mejoramiento de los métodos de fabricación, la eliminación de procedimientos que producían muchos desperdicios y la combinación de procesos. Sin embargo, este plan de “hacerlo correctamente la próxima vez”, es muy costoso en términos de equipo capital, herramental durable, mano de obra directa y gastos generales. De hecho, financieramente el actual clima de la fabricación competitiva ha tornado obsoleto este criterio. Por lo tanto, el moderno planeador de procesos debe hacerlo correctamente desde la primera vez. Esto significa que el planeador debe analizar desde el principio todos los procesos necesarios para hacer las combinaciones o eliminaciones posibles.

10 Elíseo Gómez, Senent Martínez, 2001

En este punto el planeador de procesos debe saber qué procesos se necesitan producir una parte determinada y cómo se puede ordenar mejor la secuencia de estos procesos. La hoja de ruta formal debe estar próxima a su terminación. Ahora el planeador está preparado para afrontar una variedad de cuestiones económicas derivadas de este plan de proceso tentativo y factible.

La hoja de ruta formal es en sí misma el diseño conceptual del proceso, el cual consiste en una actividad creativa para la generación de sistemas de producción industrial. Los sistemas industriales se representan a través de un diagrama de flujos, el que corresponde a un conjunto de operaciones unitarias interconectadas a través de un circuito de corrientes de materia y energía, de acuerdo a una estructura y organización definida. Un proceso industrial corresponde a la transformación ó modificación de las propiedades de una corriente en un producto comercial ó corriente efluente de interés.

La estrategia de diseño de procesos consiste en:

- a) obtener la información de las características del producto de interés.
- b) elegir y seleccionar los recursos humanos, materiales y suministros energéticos junto con las tecnologías de procesamiento.
- c) integrar toda esta información en un diagrama de flujos que especifique los equipos, interconexiones y corrientes de entrada y salida del proceso productivo. También se deben especificar las condiciones de operación y los valores de flujo y composición de las principales corrientes del proceso.

Un proyecto de diseño conceptual de procesos es una actividad preliminar de definición de un sistema productivo a partir del cual se cuenta con los antecedentes y fundamentos para realizar posteriormente evaluaciones técnicas, económicas y de impacto ambiental. Además un proyecto de diseño conceptual permite generar el diagrama de flujos de procesos que se utiliza posteriormente para realizar el diseño del sistema instrumentación y control, diseño de equipos, y diseño y operación de la planta industrial.

Los problemas de diseño para nuevos procesos son indefinidos. Muy pocas ideas y nuevos diseños se logran implementar a escala comercial. Es por ello, que una estrategia adecuada para desarrollar un proyecto de diseño conceptual es comenzar con la creación de un diagrama de flujos simplificado y realizar cálculos simples para eliminar rápidamente varias alternativas de diseño que no son factibles de realizar. Posteriormente una vez completado el diseño preliminar y demostrada su prefactibilidad se realizan un diseño más riguroso y cálculos más detallados para determinar la factibilidad de implementación del proceso.

**DISEÑO:** resultado de una actividad recursiva de síntesis-análisis para definir la transformación de recursos e insumos en productos, operaciones y procesos productivos que resuelven necesidades humanas.

- Aplicación de una metodología, conocida ó a desarrollar, que permita resolver un problema práctico, por ejemplo: tratar un efluente, dimensionar un equipo, bombear agua, crear un proceso.

**PROCESO:** Sistema formado por equipos (unidades componentes) interconectados en forma organizada para transformar (modificar las propiedades físicas y/o químicas) los insumos en productos de interés.

**OPERACIÓN UNITARIA:** Etapa de un proceso, donde se realiza una modificación específica de un insumo.

En las organizaciones se dan cita diferentes tipos de procesos:

- Procesos clave, los que representan la razón de ser de nuestra unidad o departamento, nuestro objeto principal de actividad, de los que fundamentalmente se va a hablar aquí
- Procesos de soporte que tienen como misión apoyar a uno o más procesos clave
- Aquellos que crean y gestionan infraestructuras y posibilitan los anteriores
- Aquellos otros procesos de gobierno que orientan y dirigen todos los procesos, marcando la estrategia de la organización.

Una forma de representar gráficamente un proceso clave puede empezar por delimitar su “salida” su “entrada”, su marco estratégico y sus procesos de soporte<sup>15</sup>.



Para describir un proceso se recomienda seguir este orden:

1. Definirlo, especificar de qué se trata, sus límites y responsabilidades. Definir su misión y objetivos.
2. Identificar quién es el beneficiario (cliente) del proceso, describir sus expectativas y sus necesidades como “salidas” del proceso, e identificar los estándares de calidad aceptables para nuestros clientes.

<sup>15</sup> <http://calidad.umh.es/curso/procesos.htm#1>, 17 de Noviembre de 2007

3. Relacionar las actividades que se incluyen en el proceso, sus elementos, diagrama, secuencia, “entradas” y requisitos de calidad

4. Especificar el método de evaluación y de revisión que se adopte para introducir mejoras en el proceso, lo que incluye determinar indicadores del proceso.

La metodología de gestión de procesos permite diseñar el proceso de acuerdo con el entorno y los recursos disponibles, normalizando la actuación y la transferencia de información de todas las personas que participan en el mismo, garantizando eficiencia, efectividad y calidad del servicio<sup>15</sup>.

La metodología de gestión por procesos aporta una forma estructurada de:

- a) identificar los destinatarios del proceso,
- b) conocer sus expectativas,
- c) definir el nivel de calidad del servicio que se desea prestar,
- d) coordinar las actividades de las diferentes unidades funcionales que intervienen en el proceso,
- e) eliminar las actuaciones innecesarias o erróneas que no aporten ningún valor añadido al servicio,
- f) conocer el consumo de recursos –costo medio y marginal- y
- g) definir una estructura de indicadores que permita verificar la eficacia y eficiencia conseguidas y detectar las oportunidades de mejora.



Contenidos de un Proyecto de Diseño Conceptual de Procesos

1- Requerimiento (objetivo): Antecedentes técnicos, económicos, ambientales y sociales para diseñar un proceso, de “X” unidades/año.

2- Definición Conceptual de Proceso

- Operaciones unitarias principales

<sup>15</sup> <http://calidad.umh.es/curso/procesos.htm#1>, 17 de Noviembre de 2007

- Fortalezas y debilidades ambientales
  - Recuperación de subproductos
  - Confinamiento de desechos
- 3- Fundamentos del Proceso
- Actividades principales
  - Técnicas de fabricación
  - Antecedentes constructivos
- 4- Resultados Experimentales Etapas Principales
- Criterios de diseño de las etapas
  - Criterios de escalamiento
  - Consumos específicos de principales insumos
- 5- Planos del Proceso - Diagramas de bloques.
- Diagrama de Flujos.
  - Diagrama de Instrumentación.
- 6- Memoria de Cálculo - Métodos de cálculo
- Tablas de balance



El diseño conceptual de procesos consiste en una actividad creativa para la generación de sistemas de producción industrial. Los sistemas industriales se representan a través de un diagrama de flujo, el que corresponde a un conjunto de operaciones unitarias interconectadas a través de un circuito de corrientes de materia y energía, de acuerdo a una estructura y organización definida. Un proceso industrial corresponde a la transformación ó modificación de las propiedades de una corriente en un producto comercial ó corriente efluente de interés.

La estrategia de diseño de procesos consiste en: a) obtener la información de las características del producto de interés, b) elegir y seleccionar los recursos: humanos, materiales y suministros energéticos junto con las tecnologías de procesamiento, c) integrar toda esta información en un diagrama de flujos que especifique los equipos, interconexiones y corrientes de entrada y salida del proceso productivo. También se deben especificar las condiciones de operación y los valores de flujo y composición de las principales corrientes del proceso.

Un proyecto de diseño conceptual de procesos es una actividad preliminar de definición de un sistema productivo a partir del cual se cuenta con los antecedentes y fundamentos para realizar posteriormente evaluaciones técnicas, económicas y de impacto ambiental. Además un proyecto de diseño conceptual permite generar el diagrama de flujos de procesos que se utiliza posteriormente para realizar el diseño del sistema de instrumentación y control, diseño de equipos, y diseño y operación de la planta industrial.

Los problemas de diseño para nuevos procesos son indefinidos y muy pocas ideas y nuevos diseños se logran implementar a escala comercial. Es por ello, que una estrategia adecuada para desarrollar un proyecto de diseño conceptual es comenzar con la creación de un diagrama de flujos simplificado y realizar cálculos simples para eliminar rápidamente varias alternativas de diseño que no son factibles de realizar. Posteriormente una vez completado el diseño preliminar y demostrada su prefactibilidad se realizan un diseño más riguroso y cálculos más detallados para determinar la factibilidad de implementación del proceso.

## **2.5 DIAGRAMACIÓN DE PROCESOS**

Para representar gráficamente un proceso se recurre, habitualmente a la diagramación de procesos.

La diagramación es una herramienta que permite representar en forma gráfica los procesos de una empresa y observar las actividades en conjunto, sus relaciones y cualquier incompatibilidad, cuello de botella o fuente de posibles ineficiencias.

La época moderna se caracteriza por la creciente preocupación por obtener soluciones completas, que tomen en cuenta todos los ángulos de una situación. El proceso permite observar la realidad tal cual es: integral, continua y orgánica.

### **2.5.1 VENTAJAS DE LA DIAGRAMACIÓN DE PROCESOS**

Capacitación de personal de nuevo ingreso en la empresa o en el puesto. Verificación del proceso real respecto del proceso diseñado. Detección de actividades o grupos de actividades que reducen la calidad y la productividad. Facilitan la coordinación y la comunicación. Facilitan el análisis de opciones de mejoramiento.

## 2.5.2 ASPECTOS IMPORTANTES DE LA DIAGRAMACIÓN DE PROCESOS

Es indispensable estandarizar la elaboración de diagramas, para que todos puedan leer lo mismo e igualar las interpretaciones. Los diagramas más útiles contienen palabras y frases entendibles por cualquier persona.

El primer paso en la diagramación, es determinar los límites del proceso que se analizará. Luego se deben de establecer los productos que salen del proceso y los insumos que entran. Resulta muy importante no tratar de detallar demasiado conservando el mismo nivel de detalle en todo el diagrama; mezclar actividades detalladas con actividades resumidas, normalmente conduce a confusiones.

Una vez que se tiene un diagrama con un nivel de detalle uniforme, cada uno de los cuadros de actividad puede ser considerado un proceso; los diagramas de dichos cuadros constituyen el siguiente nivel de detalle. De esta forma se puede ir penetrando en el detalle hasta donde resulte conveniente.

Es obligatorio verificar los diagramas respecto de la realidad, con el propósito de corregir cualquier mala interpretación u omisión que pudieran contener.

Es muy difícil hacer un diagrama perfecto desde la primera vez, frecuentemente es necesario realizar algunas modificaciones conforme se logra un mayor conocimiento de las situaciones. Es muy sano estar preparado para modificar el diagrama, basta lograr que represente de la mejor manera al proceso que se está estudiando, es una labor de ensayo.

El diagrama más usado para la representación de un proceso es el diagrama de flujo. Un Diagrama de Flujo es una representación pictórica de los pasos en un proceso, útil para determinar cómo funciona realmente el proceso para producir un resultado. El resultado puede ser un producto, un servicio, información o una combinación de los tres. Al examinar cómo los diferentes pasos en un proceso se relacionan entre sí, se puede descubrir con frecuencia las fuentes de problemas potenciales. Los Diagramas de Flujo se pueden aplicar a cualquier aspecto del proceso desde el flujo de materiales hasta los pasos para hacer la venta u ofrecer un producto. Los Diagramas de Flujo detallados describen la mayoría de los pasos en un proceso. Con frecuencia este nivel de detalle no es necesario, pero cuando se necesita, el equipo completo normalmente desarrollará una versión de arriba hacia abajo; luego grupos de trabajo más pequeños pueden agregar niveles de detalle según sea necesario durante el proyecto.

¿Cuándo se utiliza un diagrama de flujo?

Cuando un equipo necesita ver cómo funciona realmente un proceso completo. Este esfuerzo con frecuencia revela problemas potenciales tales como cuellos de botella en el sistema, pasos innecesarios y círculos de duplicación de trabajo.

### **2.5.3 METODOLOGÍA PARA LA PREPARACIÓN DE UN DIAGRAMA DE FLUJO**

La metodología para preparar un Diagrama de Flujo es:

1. PROPÓSITO - Analizar cómo se pretende utilizar el Diagrama de Flujo. Exhibir esta hoja en el pared y consultarla en cualquier momento para verificar que su Diagrama de Flujo es apropiado para las aplicaciones que se pretenden.

2. DETERMINAR EL NIVEL DE DETALLE REQUERIDO.

3. DEFINIR LOS LÍMITES - Después de establecer los límites del proceso, enumerar los resultados y los clientes en el extremo derecho del diagrama.

4. UTILIZAR SÍMBOLOS APROPIADOS - Utilizando los símbolos apropiados para el Diagrama de Flujo, presentar las respuestas como los primeros pasos en el diagrama.

5. HACER PREGUNTAS - Para cada entrada, haga preguntas como:

¿Quién recibe la entrada.?

¿Qué es lo primero que se hace con la entrada?

6. DOCUMENTAR - Documentar cada paso en la secuencia, empezando con el primer (o último) paso. Para cada paso, hacer preguntas como:

- ¿Qué produce este paso?
- ¿Quién recibe este resultado?
- ¿Qué pasa después?
- ¿Alguno de los pasos requieren de las entradas que actualmente no se muestran?

7. COMPLETAR - Continuar la construcción del diagrama hasta que se conecten todos los resultados (salidas) definidos en el extremo derecho del diagrama. Si se encuentra un segmento del proceso que es extraño para todos, se deberá tomar nota y continuar haciendo el diagrama.

8. REVISIÓN - Preguntar:

¿Todos los flujos de información encajan en las entradas y salidas del proceso?

¿El diagrama muestra la naturaleza serial y recursiva de los pasos?

¿El diagrama capta de forma exacta lo que realmente ocurrió - a diferencia de la forma cómo se piensa que las cosas deberían pasar o cómo fueron diseñadas originalmente.

## 9. DETERMINAR OPORTUNIDADES.

### Consejos para la construcción / interpretación:

Si un Diagrama de Flujo se construye de forma apropiada y refleja el proceso de la forma que realmente opera, todos los miembros del equipo poseerán un conocimiento común, exacto del funcionamiento del proceso. Adicionalmente, el equipo no necesita invertir el tiempo y la energía en observar el proceso físicamente cada vez que se quiera identificar problemas para trabajar, discutir teorías sobre las causas principales, examinar el impacto de las soluciones propuestas o discutir las formas para mantener las mejoras.

Los Diagramas de Flujo pueden ayudar a un equipo en su tarea de diagnóstico para lograr mejoras. Uno de sus usos es el de ayudar a un equipo a generar teorías sobre las posibles causas principales de un problema. El Diagrama de Flujo se dibuja en una pared de la sala de reuniones. El equipo que investiga un problema redacta una descripción del problema en un pedazo pequeño de papel y lo pega en el Diagrama de Flujo en el punto en el proceso donde el problema se ha detectado. El equipo luego discute cada uno de los pasos en el proceso antes del punto donde el problema se ha detectado, y produce teorías sobre las cosas que podrían salir mal en el paso que causa el problema. El Diagrama de Flujo le ayuda al equipo a examinar cada paso del proceso de forma sistemática a medida que producen teorías sobre las posibles causas principales del problema.

Otro uso de un Diagrama de Flujo es el de ayudar a un equipo a identificar las formas apropiadas para separar los datos para su análisis. Por ejemplo, considérese el problema de analizar los tiempos de reparación. Una rápida revisión de] Diagrama de Flujo puede sugerir un número de grupos posibles que pueden explicar el tiempo que se necesita para hacer una reparación.

### Preguntas útiles al crear su diagrama de flujo

- ¿Qué es lo primero que ocurre?
- ¿Qué es lo siguiente que ocurre?
- ¿Qué es lo último que ocurre?
- ¿De dónde viene el (Servicio, Material)?
- ¿Cómo el (Servicio, Material) llega al proceso? ¿Quién toma las decisiones (si se necesita)?
- ¿Qué pasa si la decisión es sí?
- ¿Qué pasa si la decisión es no?
- ¿Adónde va el (Producto, Servicio) de esta operación?
- ¿Qué revisiones/ verificaciones se realizan en el producto en cada parte del proceso?
- ¿Qué pasa si la revisión/ verificación no cumple con los requisitos?

### Preguntas que pueden generarse después de completar un diagrama de flujo

## PROPÓSITO:

- ¿Qué se hace realmente?
- ¿Por qué la actividad es necesaria?
- ¿Qué otra cosa se podría o se debería hacer?

## LUGAR:

- ¿Dónde se lleva a cabo?
- ¿Por qué se lleva a cabo en ese lugar en particular?

## SECUENCIA:

- ¿Cuándo se hace?
- ¿Por qué se hace en ese momento en particular?
- ¿Cuándo se podría o debería hacer?.

## GENTE:

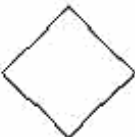
- ¿Quién lo hace?
- ¿Por qué lo hace esa persona?
- ¿Quién más podría o debería hacerlo?

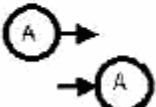
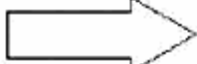
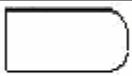
## MÉTODO:

- ¿Cómo se hace?
- ¿De que' otra forma se podría o debería hacer?

## 2.5.5 SIMBOLOGÍA DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO.

En todos los diagramas de flujo utilizaremos los símbolos que a continuación se describen.

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>TERMINAL:</b> (Círculo Elongado). Se utiliza para indicar el principio y fin de un proceso. Normalmente la palabra inicio o fin es la que se usa en el símbolo.                                                                                                                                                                                             |
|  | <b>DECISIÓN:</b> (Rombo). Permite alterar la secuencia de un proceso de acuerdo a una pregunta que se escribe dentro del rombo. El flujo toma uno de dos caminos, si la respuesta es afirmativa o negativa. La continuación natural del flujo debe corresponder a la respuesta afirmativa y para ello hay que elaborar la pregunta de la manera que convenga.  |
|  | <b>ACTIVIDADES:</b> (Rectángulo). Se utiliza para describir las actividades que componen el proceso. Hay que iniciar la descripción de las actividades, siempre con un verbo activo y hacer un esfuerzo por resumir con claridad, para aprovechar el poco espacio disponible. Esta descripción es un paso crítico en la diagramación y análisis de un proceso. |

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <b>DIRECCIÓN DE FLUJO:</b> (Flecha). Se utiliza para conectar dos símbolos secuenciales e indicar la dirección del flujo del proceso.                                                                                                                                                                                                                                                               |
|    | <b>CONECTOR:</b> (Círculo Pequeño con Flecha). Se escribe una letra en su interior y sirve para conectar dos símbolos que están en secuencia y en la misma hoja del diagrama, pero unirlos implica cruzar líneas o deteriorar la estética. Siempre son parejas y en ambos debe aparecer la misma letra.                                                                                             |
|    | <b>MOVIMIENTO:</b> (Flecha Ancha). En su interior se describe una actividad que corresponda al movimiento físico de cosas, de un lugar a otro. Movimiento entre oficinas, correo, transporte de cualquier tipo, etc.                                                                                                                                                                                |
|    | <b>TRANSMISIÓN ELECTRÓNICA:</b> (Flecha Ancha con una E). En su interior se describe una actividad que corresponda al movimiento electrónico de información o formatos. Cubre Fax, Teléfono y Redes.                                                                                                                                                                                                |
|    | <b>INSPECCIÓN:</b> (Círculo Grande). Se utiliza para indicar que el proceso se detiene para realizar una evaluación. Puede representar un punto donde se requiere una firma de autorización.                                                                                                                                                                                                        |
|    | <b>DOCUMENTACIÓN:</b> (Rectángulo con Fondo Curvo). Se utiliza para indicar que la salida de una actividad es información en papel. Puede tratarse de un informe, una carta o un listado de computadora.                                                                                                                                                                                            |
|    | <b>RETARDO:</b> (Rectángulo Redondeado). Se utiliza para indicar que el proceso se detiene en espera de autorización o por cuestiones de logística o de trámite.                                                                                                                                                                                                                                    |
|    | <b>ALMACENAJE:</b> (Triángulo Invertido). Representa la actividad deliberada de almacenaje, en la cual la salida del almacén requiere una orden específica.                                                                                                                                                                                                                                         |
|  | <b>ANOTACIÓN</b> (Rectángulo abierto). El extremo de la línea punteada se coloca sobre alguna parte importante del diagrama y dentro del rectángulo, se escribe alguna aclaración, advertencia, instrucción especial o cualquier comentario que se considere necesario, acerca de esa parte del diagrama. El rectángulo se debe colocar separado del proceso, de manera que no complique el dibujo. |
|  | <b>SALTO DE PAGINA.</b> (Pentágono Invertido). Se utiliza para conectar dos símbolos que están en secuencia, pero en diferente página. Siempre deben ser parejas y llevan la misma letra en su interior.                                                                                                                                                                                            |

## 2.6 ACTIVIDADES EN OPERACIÓN

Para llevar a cabo un estudio de este tipo<sup>1</sup>, si se ocupara, se tendría que estar en contacto con trabajadores, sobreestantes, supervisores y demás. Antes de iniciar con el estudio será importante explicar:

- Las razones de llevar a cabo el estudio.
- Aclarar que el objetivo no es criticar.
- La cooperación de todos ayudará al trabajo y estudio.
- Si existe alguna asociación de trabajadores también explicar.
- La falta de comunicación sobre las razones del estudio, puede provocar críticas, rumores, malos entendidos, etc.

<sup>1</sup> Lilia Patricia Agraz Rodríguez, Marcelo Díaz Meneses , 22 de Agosto de 2003

Primeramente se estudiarán las condiciones actuales en que se lleva el trabajo, realizando preguntas a los supervisores y trabajadores cuando sea necesario.

Además:

Realizar anotaciones y diagramas relativos a los métodos usados y los rendimientos actuales. Anotar cualquier tipo de obstáculo en contra de los trabajadores, operadores y equipo.

Basado en lo anterior se anotará toda la información necesaria para integrar las respuestas de las siguientes preguntas:

- 1) ¿Cuál es el objeto de la actividad?
- 2) ¿Cuál es el producto final?
- 3) ¿El lugar es adecuado?, así como su distribución.
- 4) ¿La secuencia de trabajo es la adecuada?
- 5) ¿Existen preparaciones de trabajo que son parte del mismo?
- 8) ¿Son necesarias estas preparaciones?
- 7) ¿Qué trabajos seguirán?
- 8) ¿Quién hizo el trabajo anteriormente, ahora y después?
- 9) Elementos principales de la productividad.

Otros de los elementos importantes de comentar son:

El tiempo básico, es el tiempo mínimo absoluto en el cual la actividad puede teóricamente ser terminada. Por supuesto en la práctica esto es irreal.

El trabajo innecesario es sumado debido a defectos de diseño y especificaciones, y también por métodos ineficientes de construcción, Por ejemplo, retrasos en el diseño y especificaciones.

El tiempo inefectivo, se refiere cuando el equipo y la mano de obra no trabajan. El tiempo inefectivo puede ser por razones ajenas a la administración.

### **2.6.1 Adquisición de Información del proceso**

El análisis sobre el proceso, se hará con las condiciones y prioridades que se deben considerar:

- ❖ La exactitud con la cual la información o hechos serán obtenidos.
- ❖ La manera con la cual podrán ser adquiridos.
- ❖ Disponibilidad de planos y diagramas de obra.

La operación total nos definirá claramente los puntos de inicio y término, ayudando en los sucesos que exista duda, grabando el proceso en un esquema determinado y después desarrollar un análisis del mismo, para el mejoramiento del proceso.

#### Procedimiento del Estudio del Tiempo.

- Se llevará a cabo por medio de la observación.
- Se dividirá el trabajo en partes o elementos que conforman la actividad.
- Se establecerán los puntos de pausa.
- Se capturarán las partes que integran las actividades y los puntos de pausa en las formas del estudio del tiempo.
- Observar, evaluar, cuantificar en tiempo y capturar las observaciones.
- Agregar tolerancias de relajación y contingencias.
- Desarrollar el tiempo estándar para el trabajo.

#### Observar las Actividades Propuestas.

El primer paso para el estudio del tiempo será el estudiar el trabajo sin medir el tiempo, observando ciertas repeticiones del ciclo del trabajo hasta que sea completamente comprendido y se obtengan explicaciones del supervisor o trabajadores cuando sea necesario. La siguiente tarea, será la de descomponer el trabajo en las actividades complementarias de un evento o de trabajo.

#### Medición del Tiempo de los Elementos.

a) Medición del tiempo acumulativo: El reloj correrá continuamente sobre todo el período que dure el estudio. El reloj es iniciado, ó el se anota la hora al comienzo del primer elemento del primer ciclo que se vaya a medir. No es parado (el reloj) hasta que todo el estudio se ha completado. Cuando ocurra un punto de pausa y un elemento es completado, la lectura del reloj es capturada. Los tiempos individuales del elemento son obtenidos por substracción después que el estudio se ha terminado. Los tiempos substraídos son conocidos como tiempos observados.

b) Medición del tiempo Flyback: En este método, un reloj con cronometro es usado y al final de cada elemento de trabajo observado, las manecillas del reloj se regresan a cero (Flyback). El reloj después, automáticamente vuelve a comenzar con la medición del siguiente elemento.

c) Medición de reconciliación: Como una verificación, la hora del día cuando la medición comienza y termina deberá ser anotada, Esto permite realizar una comparación entre la suma de todos los tiempos Flyback y la duración actual del estudio. Si el error de la medición es más grande que el 5%, los resultados son no satisfactorios y el estudio deberá ser repetido.

## Medición del Proceso.

Llevar a cabo, por separado una medición de trabajo no produce una medición justa de la habilidad del trabajo o rendimiento del trabajador, o si el trabajador se encuentra trabajando duro o no. Además, muchas de las tareas de trabajo en el sitio de la intervención, son desarrolladas no sólo por hombres adultos, sino también por personas mayores de sesenta años de edad, mujeres y jóvenes, que se encuentran por debajo de un rendimiento estándar.

Esta información es muy útil ya que marca la capacidad máxima permisible de la obra y en base a esto crear un estándar de trabajo para toda la fuerza de trabajo. Un sistema de medición será derivado, de manera que no solo la medición del tiempo pero también el rendimiento del trabajador puede ser medido.

Al mismo tiempo que se captura o sistematiza el tiempo de cada elemento, también se evaluará y capturará la medición del trabajo (que es, la velocidad y efectividad con la cual el trabajo es realizado). Para poder evaluar el desarrollo o la medición del trabajo, la cual es definida como la medición de salida que un trabajador calificado naturalmente obtendrá a lo largo del día de trabajo o jornada, sin sobreexplotación, sabiendo que conoce y se apegó al método de trabajo adecuado.

Trabajador calificado: Es aquel que posee los necesarios atributos físicos, la requerida inteligencia y educación, y ha adquirido los necesarios objetivos para obtener sus metas sin gran esfuerzo.

## Tiempo Básico

Este es el tiempo requerido para llevar a cabo un elemento de trabajo en una medición estándar. Los tiempos básicos son calculados con la siguiente formula:

$$\text{Tiempo básico} = \text{Tiempo observado} \times \frac{\text{Medición observada}}{\text{Medición estándar}}$$

## Tolerancia de Relajación.

El tiempo básico otorga tolerancias para la velocidad y la efectividad de cada trabajador. Sin embargo, no otorga tiempo requerido para la recuperación por fatiga.

Para aprobar estas necesidades, una tolerancia de relajación es sumada al tiempo básico. Las tolerancias de relajación son expresadas usualmente como porcentajes del tiempo básico, y son aplicadas según se desee a cada elemento por separado. En la práctica, una unidad de trabajo de una hora y un cambio no son considerados continuamente, son trabajos interrumpidos. Los períodos de relajación de algunos segundos o minutos ocurren a través del periodo de trabajo, según a como el trabajador sienta la demanda en su cuerpo. El tiempo que es tomado para las pausas de la tolerancia de relajación podrá ser de entre 10

y 30% del tiempo de trabajo. En trabajos muy difíciles, llevados a cabo en climas muy extremos, la relajación necesaria podrá ser más del 40% del tiempo de trabajo.

Los períodos pequeños de relajación son necesarios por las siguientes razones:

- Estándar: tomar agua, necesidades fisiológicas, comidas, etc.
- Posición: para dar descanso debido a la inconformidad de desarrollar un trabajo en una posición no natural o no confortable.
- Atención: para dar descanso debido a la tensión en trabajos de precisión, cálculos, etc.
- Condiciones: excesivo calor y frío, humedad o pobre iluminación.
- Esfuerzo: otorgar períodos de descanso después de arduo trabajo físico.
- Monotonía: para dar descanso por aburrimiento o aislamiento.

La mezcla y magnitud de estos descansos dependerá del tipo de trabajo. Los trabajadores de oficina con aire acondicionado, quizás necesiten sólo 10 por ciento del estándar, atención y monotonía. Un trabajador realizando un trabajo manual durante un día caluroso podrá necesitar 40 por ciento de las razones: estándar, condiciones y esfuerzo.

La evaluación del tiempo de relajación permitido es extremadamente difícil debido a que existe poca información al respecto y además porque puede existir una variación considerable en la temperatura, humedad y velocidad del viento durante la jornada de trabajo. Independientemente del clima, existen muchos elementos más de trabajo y de retrasos ocasionales, de relajación o de contingencia que ocurren durante un jornal, pero que son aleatorios o de corta duración.

Obtención del Tiempo Estándar del Proceso.

El tiempo estándar es el tiempo en total en el que un trabajo debe realizarse con un progreso estándar, y es la suma de los tiempos básicos a los cuales las tolerancias apropiadas han sido sumadas, además de alguna otra tolerancia de contingencia, interferencia, etc.

Tolerancias de Contingencias.

Es importante hacer notar que el tiempo de tolerancia de contingencia, se caracteriza por retrasos ocasionales que ocurren durante un día de trabajo, pero que son aleatorios o de corta duración y que serán sumados al tiempo estándar.

Por ejemplo, habrá ocasiones en que los materiales no sean de la misma medida que se requieran, sin embargo es posible corregirlos. Aquí es donde las tolerancias de contingencias son usadas para cubrir esas eventualidades.

## 2.7 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y DE ENSAMBLE<sup>11</sup>

El control del taller (SFP, por las siglas en inglés de shop floor control) incluye los principios, métodos y técnicas que se necesitan para planear, programar y evaluar la eficacia de las operaciones de producción. El control del taller integra las actividades de los llamados factores de producción de una instalación de fabricación, como los trabajadores, las máquinas y el equipo para manejo de materiales. El plan del SFC facilita la ejecución eficiente del programa maestro de producción, el control de las prioridades de procesamiento, la mejora de la eficiencia operativa mediante la programación adecuada de trabajadores y máquinas y el mantenimiento de cantidades mínimas de trabajos en proceso y de inventarios de productos terminados. En el análisis final, el control del taller debe conducir a un mejor servicio al cliente. En la administración de las actividades de producción de empresas que funcionan con órdenes o pedidos y en las que funcionan según las existencias, existen diferencias sustanciales. En las empresas en que la producción se maneja en función de las órdenes, son importantes las fechas en que se promete terminar los trabajos y, por consiguiente, determinar la secuencia que seguirán las órdenes de los clientes en los diversos centros de máquinas es una función de fundamental importancia. Esto implica tanto la planeación como el control de las actividades. Los productos que se fabrican en función de las existencias suelen ser bienes de consumo que se producen en gran volumen, como teléfonos, automóviles y relojes de pulso. En la fabricación de artículos estandarizados en gran volumen, son muy importantes los flujos en el taller.

Una línea de producción consiste en un conjunto de instalaciones cuyo trabajo fluye en serie. Las mismas operaciones se realizan de manera sucesiva en cada estación de trabajo, de tal manera que para realizarlas se requiere de trabajadores poco calificados. El taller cuya actividad se basa en el flujo de trabajo por lo regular representa una situación de producción en serie o masiva y, por lo tanto, las operaciones que en él se realizan son altamente eficientes. Por ejemplo, un operador puede instalar puertas de automóviles en una línea de ensamble, o bien, ensamblar discos en el auricular de un teléfono. En los talleres de este tipo, los artículos forman parte del inventario de productos terminados uno tras otro, a menudo siguiendo el mismo orden en que entraron a la línea de ensamble, con lo cual se obtienen inventarios muy bajos de trabajos en proceso. Puesto que los artículos casi siempre se fabrican en función de las existencias, pronosticar es una actividad muy compleja y, por consiguiente, los niveles de existencias de productos terminados que se mantienen en términos de inventarios anticipados son muy altos. Por la misma razón, los inventarios de materia prima se mantienen a niveles muy altos. En los talleres cuyas actividades se basan en el flujo de trabajo, las máquinas tienden a tener un diseño para propósitos especiales y, en consecuencia, el nivel de inversión inicial suele ser alto para aquellas plantas cuyo grado de automatización es considerable. El sistema de control de la producción continua se denomina control del flujo. La especialización, el alto volumen, la división del trabajo y la eficiencia se integran al diseño de las líneas de ensamble. Por lo tanto, los talleres cuyas actividades se basan en el flujo de trabajo requieren de poca capacidad y de personal capaz de realizar actividades repetitivas en forma sucesiva. La naturaleza repetitiva del ambiente de fabricación da lugar, asimismo, a la monotonía y afecta la moral de los trabajadores. Para manejar este problema, los ingenieros industriales

<sup>11</sup> [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/balanceodelinea/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/balanceodelinea/)

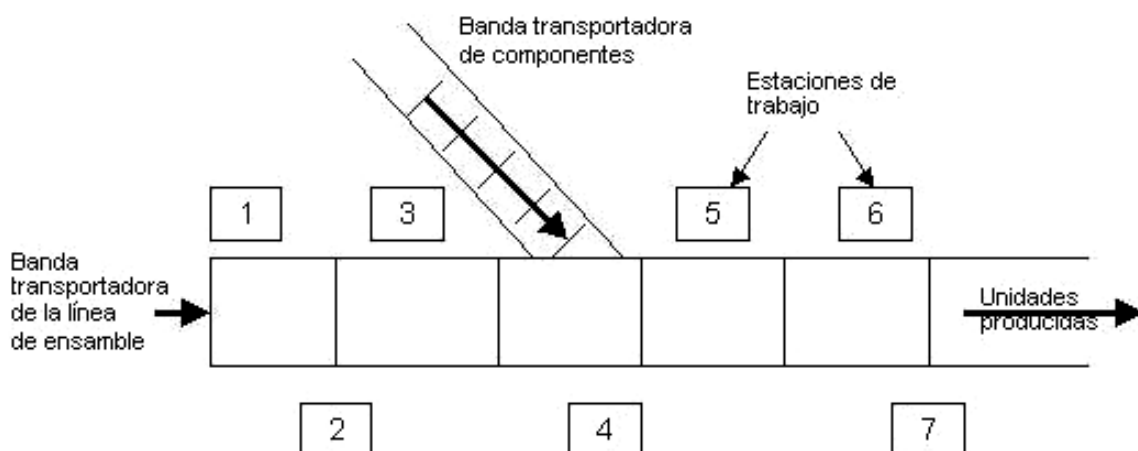
y los científicos sociales han desarrollado programas que enriquecen las actividades de los obreros.

Una versión de una distribución orientada al producto es una línea de fabricación; otra es una línea de ensamble. La línea de fabricación construye componentes, tales como llantas para automóvil o partes metálicas para un refrigerador, en una serie de máquinas. Una línea de ensamble junta las partes fabricadas en una serie de estaciones de trabajo. Ambas pertenecen a los procesos repetitivos y en ambos casos la línea debe ser balanceada. Es decir, el trabajo llevado a cabo en una máquina debe balancear el trabajo realizado en la siguiente máquina en la línea de fabricación, de la misma manera en que se debe balancear la actividad realizada por un empleado en una estación de trabajo, dentro de una línea de ensamble, esto mismo debe llevarse a cabo con el trabajo hecho en la siguiente estación de trabajo por el siguiente empleado. Las líneas de fabricación tienden a estar acompasadas por la máquina, y requieren cambios mecánicos y de ingeniería para facilitar el balanceo, en forma sucesiva, y en muchas situaciones de manera continua, de una estación a otra. Todas las estaciones de trabajo se ocupan de trabajos que tienen diversos grados de avance. La velocidad de la línea de ensamble se controla mediante la cantidad de producción que se requiere, el espacio entre las estaciones y los requerimientos respecto al tiempo de cada estación de trabajo. Al controlar la velocidad del transportador o el tiempo del cliente, en esencia es posible controlar la cantidad que produce la línea de producción.

### 2.7.1 DISTRIBUCIÓN DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE.

Ya que los problemas de las líneas de fabricación y las líneas de ensamble son similares, se hará un análisis en términos de una línea de ensamble. En una línea de ensamble, el producto generalmente se mueve vía medios automatizados, tal como una banda de transportación, a través de una serie de estaciones de trabajo hasta que se complete (Ver figura abajo). Esta es la manera en que se ensamblan los automóviles, y se producen los aparatos de televisión y los hornos, o las hamburguesas de comida rápida.

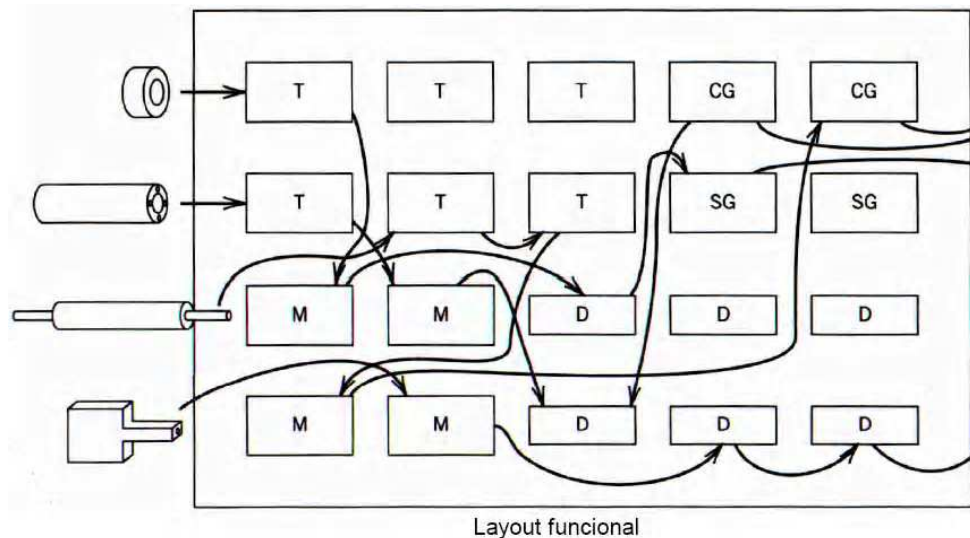
Distribución de una línea de ensamble.



## 2.8 Manufactura celular<sup>12</sup>.

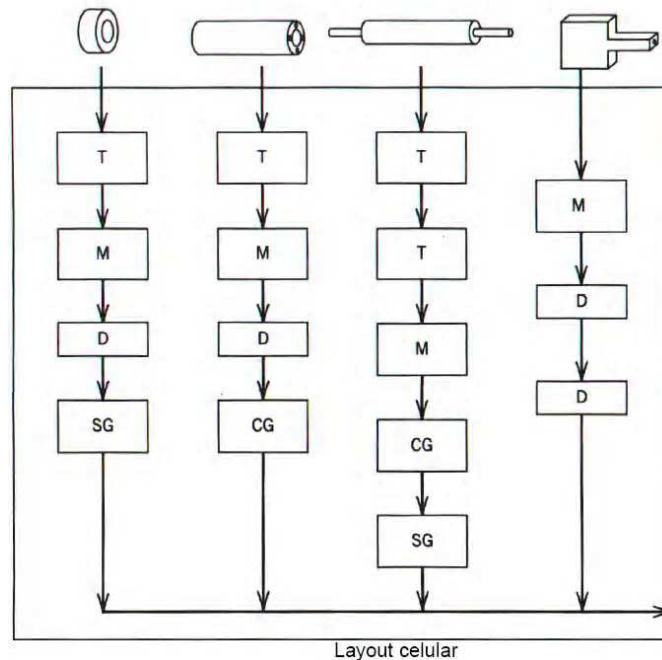
Es una tendencia en el diseño de plantas. Para desarrollar un sistema de manufactura celular, se determinan familias de componentes o productos que tienen características similares y para cada familia se diseña un taller (llamado célula) que, por lo general, está formado por máquinas o equipos diferentes, requeridos para manufacturar el grupo o familia de componentes. Este concepto modifica la antigua idea de taller en función de máquinas o equipos del mismo tipo (por ejemplo, taller de corte, taller de pintura, etc.), ya que una célula está diseñada en función del producto, y puede tener diferentes máquinas o equipos, para realizar diferentes procesos. La ventaja principal de la manufactura celular es que se reducen ampliamente los tiempos de apertura del proceso, ya que en un mismo taller no se realizan tareas diferentes (para diferentes familias de productos). El operario de una célula, asimismo, debe ser capaz de realizar tareas diferentes (ya que hay equipos diferentes), por lo que se requieren operarios mejor calificados, quienes a su vez realizarán un trabajo menos monótono y más reconfortante. El diseño modular de los productos, por lo general, está asociado a un diseño de disposición de planta mediante el uso de manufactura celular, con lo que se puede lograr una eficiente producción en masa<sup>17</sup>.

El flujo tradicional del producto en la producción por lotes se presenta en la siguiente figura. Nótese que las máquinas del mismo tipo están dispuestas en grupos, esto es, grupos de tornos, de fresadoras, de prensas taladradoras, etc. En tal distribución o layout (conocido también como funcional) usualmente se presenta un flujo aleatorio considerable, como lo muestran las flechas que indican movimiento de materiales y partes.



<sup>12</sup> [http://www.nafin.com/portalfn/files/pdf/produccion5\\_2.pdf](http://www.nafin.com/portalfn/files/pdf/produccion5_2.pdf)

Tal distribución no es eficiente porque desaprovecha tiempo y esfuerzo. Las máquinas en la manufactura celular están dispuestas en un flujo de producto más eficiente como se muestra a continuación:



Las principales ventajas de la tecnología de grupos son:

- Hace posible la estandarización del diseño de partes y minimiza la duplicación de diseños
- Los datos reflejan la experiencia del diseñador y del encargado de planificar el proceso de producción, permitiendo que ingenieros con menor experiencia saquen provecho de ello.
- Los costos de manufactura pueden estimarse de manera más sencilla.
- Los planes de procesos se estandarizan y programan de manera más eficiente, se agrupan las órdenes para una producción más eficiente, se mejora la utilización del equipo y se reducen los tiempos de preparación.

## 2.9 LA CALIDAD Y LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Se trate de la construcción de viviendas, edificios, caminos, represas, muelles o cualquier otro tipo de obra, la industria de la construcción convive en gran medida con elevados niveles de desperdicios, además de tratarse siempre de la producción o reparación de construcciones por valores significativos. Es por otra parte una actividad signada por las exigencias en materia de calidad y productividad, con elevados riesgos en materia de accidentes de trabajo, y sometida a los vaivenes de la economía y las finanzas.

Aunque el alcance de este documento solo llega a la propuesta de un instructivo para el desarrollo del proceso constructivo de las instalaciones hidráulicas en la construcción de casas de interés social, usando procedimientos que sean del tipo de técnicas y procesos industriales.

Dicho procedimiento constructivo, (instrucciones de proceso), es el modo de ejecutar la obra, por tanto, desde el punto de vista constructivo, es la sede de trabajos, que se deben hacer en un orden determinado, para la ejecución de una obra. Es decir el procedimiento constructivo dice cómo se va a hacer.

De los procedimientos constructivos depende el éxito de la construcción de cualquier obra. Cuando no se eligen los procedimientos constructivos adecuados, las obras se dificultan, no quedan bien, se encarecen, etc., porque muchas veces originan reprocesos que de otra manera no sería necesario hacer.

Cuando una obra está bien realizada conviene analizar los procedimientos constructivos que fueron aplicados en ella para tomar experiencia y, posteriormente, aplicarlos en otras obras.

Considerando que la etapa de construcción equivale a la de fabricación en cualquier industria, es lógico pensar que se tiene que organizar al personal en forma similar a como se hace en una industria.

El logro de la calidad, no sólo permite satisfacer plenamente los requerimientos del cliente, sino que posibilita el incremento de la productividad y la correspondiente reducción de costos, permitiendo así la permanencia de la empresa en el mercado, y asegurando de tal modo los empleos y los beneficios para sus accionistas o propietarios.

Algunos factores o condicionantes que determinan bajos niveles de productividad, elevados costos, deficiencias de calidad y elevados tiempos de entrega en la industria de la construcción son:

- En la industria de las viviendas la ausencia de “marca” como sí ocurre para el caso de la industria automotriz, despierta un menor interés en la calidad.
- Alto nivel de dependencia de factores climatológicos.
- Personal temporal, poco identificado con la empresa y escaso nivel de capacitación.
- Falta de aplicación de herramientas e instrumentos para el control y la reducción de desperdicios y despilfarros, como por ejemplo el Control Estadístico de Procesos.
- Escaso interés por el principal factor de producción que es la mano de obra, la cual está sujeta a un elevado índice de rotación.
- Falta de aplicación de sistemas de incentivos grupales por calidad y productividad.
- Elevado nivel de actividades carentes de valor agregado.
- Falta de aplicación de Análisis e Ingeniería de Valor, a los efectos de la eliminación de elementos y actividades redundantes.
- Falta de trabajo en equipo.

Todos estos son motivos o factores de sobra para entender y comprender los bajos niveles de calidad y productividad, y como consecuencia los elevados costos a los cuales se ven sometida la industria en cuestión.

Las empresas suelen incrementar notablemente sus beneficios por medio de la reducción en la calidad, confiabilidad, y duración media de las obras, o lo que es lo mismo entregando bienes de un bajo valor agregado.

De los procedimientos constructivos que se seleccionen dependerá entonces la calidad de la construcción que se haga.

Mucho se ha escrito sobre las conveniencias que trae la implementación de los Sistemas de Aseguramiento de Calidad (SAC) en las empresas de hoy, entre ellas destacan la satisfacción de los clientes al recibir sus productos, bienes y servicios en forma oportuna y conforme a especificaciones, reducción de costos debido a la reducción de errores, mejora del ambiente laboral, mejoramiento de la gestión, mayor capacidad competitiva en el mercado, aumento de las utilidades, etc.

Si todas estas razones son realmente válidas, ¿porque en este caso no se habrían de utilizar sistemas de aseguramiento de calidad?.

Cabe señalar que pese a que no se cuenta con estudios sobre los costos de No-Calidad, se puede mencionar que en un Informe presentado en la 30ª Conferencia de la Organización Europea de Control de Calidad (E.O.Q.C.), Estocolmo, 1966, por Pierre Lemaitre, Presidente de la Asociación Francesa de Aseguramiento de Calidad (AFAQ), señaló que para la mayoría de las empresas, estos costos variaban entre el 20 y el 40% de las ventas, cifras muy por encima de los rangos de utilidades que manejan las empresas del sector construcción. Es decir, considerando solo los costos de No – Calidad, sería posible financiar con creces los costos de esta inversión.

En base a lo expuesto con anterioridad a continuación se explican algunas de las técnicas de calidad que se propone se empleen.

### **2.9.1 TÉCNICAS DE CALIDAD A EMPLEAR**

Para reducir o minimizar el efectos de estos factores proponemos emplear la técnica conocida como “POKA-YOKE”.

El término " poka-yoke " viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir), que junto significa "a prueba de errores".

El dispositivo poka-yoke es cualquier mecanismo que impida que un error se produzca o haga que el error sea obvio. La idea esencial de poka- yoke es diseñar el proceso para que

los errores sean imposibles o por lo menos fácilmente descubiertos al resaltar el error cometido de tal manera que sea obvio para el que lo ha cometido y sea corregido inmediatamente.

### **2.9.1.1 ANTECEDENTES DEL POKA-YOKE.<sup>13</sup>**

Shigeo Shingo era el principal defensor del control del proceso estadístico de fabricación japonés en los años cincuenta, pero él comprendió que con el acercamiento estadístico, nunca reduciría los defectos a cero. El muestreo estadístico implica que algunos productos no sean probados, con el resultado que alguna proporción de defectos siempre llegaría al cliente. Mientras visitaba la planta Eléctrica de Yamada en 1961, Shingo se encontró con un problema que la fábrica tenía con uno de sus productos. La parte del producto era un interruptor pequeño con dos botones de empuje apoyados sobre dos resortes. De vez en cuando, el obrero que ensamblaba el interruptor se olvidaba de insertar un resorte bajo cada botón. A veces el error no se descubría hasta que la unidad llegaba a un cliente y la fábrica tenía que enviar a un ingeniero al sitio para desmontar el interruptor, insertar el resorte perdido y reensamblar el interruptor. Este problema del resorte perdido era costoso y "penoso". La dirección en la fábrica advertía a los empleados que debían prestar más atención a su trabajo, pero a pesar de todas las buenas intenciones, el problema de los resortes perdidos reaparecía en el futuro.

Shingo pensó en una solución que se volvió el primer dispositivo poka-yoke :

- Con el método viejo, un obrero empezaba sacando dos resortes de una caja de las partes grande y luego ensamblaba el interruptor.
- En el nuevo acercamiento, un plato pequeño se pone delante de la caja y el trabajador es forzado a sacar dos resortes de la caja y ponerlos en el plato.

Entonces el obrero ensambla el interruptor. Si cualquier resorte permanece en el plato, entonces el obrero sabe que él se ha olvidado de insertarlo.

El nuevo procedimiento eliminó el problema de los resortes perdidos completamente. Shingo busco desarrollar el concepto a pruebas de errores durante las próximas tres décadas (a partir de 1961).

Una distinción crucial que él hizo , estaba entre error y defecto. Los errores son inevitables; las personas son humanas y no puede esperarse que se concentre todo el tiempo en el trabajo delante de ellos o entender las instrucciones completamente que a ellos se le dan. Los defectos son el resultado de permitir que un error llegue al cliente.

Los defectos son completamente evitables. La meta del poka-yoke es diseñar un proceso de modo que puedan prevenirse los errores o inmediatamente pueden descubrirse y corregirse. Los dispositivos poka-yoke proliferaron en las plantas japonesas durante las próximas

décadas. No es un sistema, pero la aplicación de centenares y miles de estos dispositivos muy simples de "fallas de seguridad" día tras día han contribuido con la calidad en Japón.

### **2.9.1.2 LAS CATEGORÍAS DE DISPOSITIVOS DEL POKA-YOKE.<sup>13</sup>**

Los dispositivos del poka-yoke entran en dos categorías: prevención y detección.

Un dispositivo de prevención del proceso es aquel que hace que sea imposible cometer un error. Un ejemplo clásico de un dispositivo de prevención es el diseño de la entrada de los discos de 3.5" en la CPU de una computadora. El diskette se diseña para ser ligeramente asimétrico, para que no encaje en la unidad de disco, en cualquier orientación que la correcta. Los dispositivos de prevención quitan la necesidad de corregir un error, dado que en primer lugar el usuario no puede cometer un error.

Un dispositivo de detección señala al usuario cuando un error se ha cometido, para que se pueda corregir el problema rápidamente. Los dispositivos de descubrimiento advierten al usuario de un problema, pero ellos no fuerzan a la corrección.

La gente en general se rodea todos los días de dispositivos de poka-yoke por descubrimiento y de prevención, aunque normalmente no se piense en ellos como tal. El microondas no trabajará si la puerta está abierta (un dispositivo de prevención).

Los automóviles emiten una señal sonora si se deja la llave en el encendido (un dispositivo de detección). Hace pocos años que los autos se empezaron a diseñarse para que no rodara hasta que los pasajeros se habían abrochado sus cinturones de seguridad (dispositivo de prevención). Como este mecanismo era demasiado invasor de la libertad de las personas, se reemplazó por un sonido de advertencia (dispositivo de detección).

### **2.9.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL BUEN DISPOSITIVO POKA-YOKE.<sup>13</sup>**

Los buenos dispositivos poka-yoke, sin tener en cuenta su aplicación, comparten muchas características comunes:

- Son simples y baratos. Si son demasiado complicados o caros, su uso no será rentable.
- Son parte del proceso, llevan a cabo "100%" de la inspección.
- Se ponen cerca de dónde los errores ocurren, proporcionan retroalimentación rápidamente para que los errores puedan corregirse.

Más allá de las reflexiones en la solución del plato pequeño

La solución del plato pequeño usado en Yamada Electric es típica de muchos dispositivos del poka-yoke:

- No examina los interruptores al final del funcionamiento; cambió el procedimiento al juntar los interruptores. El paso adicional de poner los resortes en el plato redujo la

velocidad del funcionamiento individual, pero la fiabilidad del ensamble aumento y eliminó la necesidad de retrabajo y por consiguiente aumento la velocidad del proceso global.

- Fue diseñado para detener un error particular (un obrero que se olvida de insertar un resorte). No detuvo todos los errores posibles. No descubriría, por ejemplo, una situación dónde el obrero, después de quitar los resortes del plato, dejaba caer uno accidentalmente en el piso sin notarlo.

- Siendo un dispositivo de prevención, la solución del plato-pequeño no fue completamente a prueba de errores. Sólo podría advertir de un problema, se confiaba en el obrero para corregir la situación. Al contrario del diskette de 3.5 “, esta solución no hizo imposible ensamblar un interruptor incorrectamente. Un obrero que desea ignorar la advertencia podría hacerlo igual.

- La solución trató que los aspectos del ensamble eran necesarios, aunque no suficiente, para el funcionamiento correcto del producto. Este poka-yoke sólo aseguró que cada botón de empuje tenía un resorte bajo de él; no intentó descubrir si los resortes eran de la altura correcta o estaban hechos de los materiales apropiados.

Finalmente, la revisión de la calidad era independiente del uso real, eventual del interruptor. El dispositivo poka-yoke era olvidado de la meta global de ser un interruptor propiamente ensamblado. En cambio, uno podría argumentar que la solución del plato pequeño estaba llevando a cabo una forma cruda de sintaxis del chequeo que forzaba la correspondencia a uno-a-uno entre los botones de empuje y los resortes.

#### **2.9.1.4 RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DEL POKA-YOKE.<sup>13</sup>**

1. Control en el origen, cerca de la fuente del problema; por ejemplo, incorporando dispositivos monitores que adviertan los defectos de los materiales o las anomalías del proceso.

2. Establecimiento de mecanismos de control que ataquen diferentes problemas, de tal manera que el operador sepa con certeza qué problema a debe eliminar y como hacerlo con una perturbación mínima al sistema de operación.

3. Aplicar un enfoque de paso a paso con avances cortos, simplificando los sistemas de control sin perder de vista la factibilidad económica. Para usar el Poka-Yoke de manera efectiva, es necesario estudiar con gran detallé la eficiencia, las complicaciones tecnológicas, las habilidades disponibles y los métodos de trabajo.

4. No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios. Aunque el objetivo principal de casi todos los fabricantes es la coincidencia entre los parámetros de diseño y los de producción, muchas de las ideas del Poka-Yoke pueden aplicarse tan pronto como se hayan definido los problemas con poco o ningún costo para la compañía. El Poka-

Yoke enfatiza la cooperación interdepartamental y es la principal arma para las mejoras continuas, pues motiva las actividades de resolución continua de problemas.

### **2.9.1.5 ALGUNOS EJEMPLOS Y APLICACIONES.<sup>13</sup>**

TRW Vehicle Safety System Inc. está produciendo sistemas de bolsas de aire con una tasa creciente sin disminución de su calidad o su productividad.

Para el éxito de la producción de bolsas de aire de TRW es fundamental el entrenamiento para la prevención de errores, que es enseñado por la Universidad de Restricciones de la compañía. Todos los empleados participan en los cursos impartidos por la Universidad de Restricciones de acuerdo a su desarrollo y entrenamiento, pero la prevención de errores es obligatoria para todos los ingenieros de manufactura.

El concepto se basa en lo escrito por Shigeo Shingo, que enfatiza en el poka-yoke, que es el sistema japonés para la prevención de errores.

La TRW quiere adoptar el sistema de prevención de errores para toda la compañía para lograr así obtener el producto de excelente calidad y lograr sus entregas a tiempo.

Ejemplos de dispositivos a prueba de errores:

1. Los discos de 3.5 plg. no pueden ser insertados al revés gracias a que no son cuadrados y esto no permite su entrada. Al ser insertados al revés, la esquina empuja un dispositivo en el la computadora que no permite que el disco entre, lo que evita que este sea colocado incorrectamente.
2. Algunos archiveros podían caerse cuando se abrían 2 o más cajones al mismo tiempo, esto se corrigió colocando un candado que solamente permite abrir un cajón a la vez.
3. Al área de llenado de gasolina se le adaptaron algunos dispositivos a prueba de errores como lo son el tamaño menor del tubo para evitar que se introduzca la pistola de gasolina con plomo; se le puso un tope al tapón para evitar que se cierre demasiado apretado y un dispositivo que hace que el carro no se pueda poner en marcha si el tapón de la gasolina no esta puesto.
4. A los automóviles con transmisión automática se les colocó un dispositivo para que no se pueda retirar la llave a menos que el carro esté en posición de Parking. Además no permite que el conductor cambie de posición la palanca de velocidades, si la llave no esta en encendido.
5. Las luces de advertencia como puerta abierta, fluido de parabrisas, cajuela, etc. se colocaron para advertir al conductor de posibles problemas.

6. Los seguros eléctricos de las puertas tienen 3 dispositivos: Asegurar que ninguna puerta se quede sin seguro; Asegurar las puertas automáticamente cuando el carro excede de 18 millas/hora. El seguro no opera cuando la puerta está abierta y el motor encendido.
7. El sistema de frenos antibloqueo (ABS) compensa a los conductores que ponen todo el peso del pie en el freno. Lo que antes era considerado como un error de manejo ahora es el procedimiento adecuado de frenado.
8. Las nuevas podadoras requieren de una barra de seguridad en la manivela que debe de ser jalada para encender el motor, si se suelta la barra la navaja de la podadora se detiene en 3 segundos o menos. Esta es una adaptación del "dead man switch" de las locomotoras.
9. Los interruptores de los circuitos eléctricos que previenen incendios al cortar la corriente eléctrica cuando existe una sobrecarga.
10. Los lavamanos cuentan con un orificio cerca del borde superior que previene el derramamiento del agua fuera del lavamanos.
11. Algunas planchas se apagan automáticamente cuando no son utilizadas por unos minutos, o cuando son colocadas en su base sin haber sido apagadas antes.
12. Las ventanas en los sobres previenen que el contenido de una carta sea insertado en un sobre con otra dirección.
13. Las secadoras y lavadoras de ropa se detienen automáticamente al abrir la puerta.
14. Los apagadores de luz en los baños de los niños se encienden automáticamente. Cuando el baño ha sido desocupado por algunos minutos la luz se apaga automáticamente. Esto elimina el error de olvidar apagar la luz.
15. La secadora de cabello montada sobre la pared cuenta con dos botones en ambos lados del switch. La montura en la pared cuenta con dos extensiones que al ser montada en su base la secadora se apaga automáticamente si el usuario no lo hace.
16. Los estacionamientos techados presentan advertencias de la altura al entrar, para asegurar que el carro que entra al estacionamiento sea de la altura apropiada estos señalamientos cuentan con una lamina que al ser golpeada por el carro se mueve para evitar que este se dañe lo que ocurriría al pegar con el carro la orilla de concreto.
17. Algunos lavamanos y mingitorios cuentan con un sensor de luz. Estos sensores de luz aseguran que el correr del agua se detenga cuando no están en uso.
18. En la biblioteca de la Universidad Metodista del Sur en Dallas, Texas (SMU) ha sido instalado un sistema de estantes movibles para incrementar la utilización de espacio. Estos

estantes cuentan con sensores instalados en el piso para evitar que los estantes se muevan mientras alguien esta parado entre ellos.

19. Un batiscafo es un submarino de aguas profundas utilizado para explorar las partes mas profundas del océano. Esta diseñado para funcionar eléctricamente. Una vez sumergido si la batería o el sistema eléctrico fallara la mejor opción seria regresar a la superficie. Los diseñadores lograron que esto ocurriera deteniendo el contrapeso con fuerza electromagnética. Cuando la energía se pierde, el contrapeso se suelta automáticamente y el submarino empieza su ascenso.

## **2.10 REQUERIMIENTOS DE MATERIALES.<sup>14</sup>**

### **2.10.1 MATERIALES O MATERIAS PRIMAS.**

Para el fin de este trabajo, estos términos se consideran sinónimos.

En general, constituyen los insumos que se necesitan para producir y son consumidos o transformados durante los procesos.

Es el elemento físico que se incorpora a un proceso para su transformación en un producto.

Los materiales que realmente forman parte del producto terminado se conocen con el nombre de materiales directos. Los que tienen importancia secundaria (pequeños y relativamente baratos) o que no se convierten físicamente en parte del producto terminado, se llaman materiales indirectos y suministros.

### **2. 10.2 OBJETIVOS DEL CONTROL DE MATERIALES.**

- o Las compras no deben comprometer los fondos de la empresa. No deben aceptarse materiales que no han sido pedidos o que no están de acuerdo con las especificaciones.
- o Los materiales no deben aceptarse a menos que se haya llegado a un acuerdo con el vendedor, en el caso de materiales dañados o en cantidades distintas a las solicitadas.
- o Debe tenerse la seguridad de que los materiales se han recibido y que se han cargado los precios adecuados en todos los gastos incurridos.
- o Debe haber un control físico adecuado sobre el almacenamiento de las existencias.
- o Se debe ejercer un adecuado control de costos sobre las cantidades de materiales y suministros.

<sup>14</sup> <http://www.southlink.com.ar/vap/materiales.htm>

Debe haber un equilibrio adecuado entre la inversión en pesos en inventarios y los costos incurridos en la adquisición, utilización y almacenamiento de materiales, así como las pérdidas causadas por las interrupciones en la producción o las ventas perdidas debido a la falta de existencias.

Debido a las diferencias en las estructuras de organización, las responsabilidades por el control de materiales varían de una empresa a otra. En muchas, la responsabilidad por las diferentes fases de control de materiales se asigna a las siguientes funciones:

- Compras.
- Recibo e inspección.
- Almacenes.
- Departamentos de producción de la fábrica.
- Planeación de materiales.
- Clasificación.

Directos: si su identificación en el producto final es física y económicamente posible.

Indirectos: si su identificación en el producto final no es física ni económicamente posible.

Un material puede ser directo para un departamento o centro, pero indirecto para el artículo.

Los materiales conforman un proceso administrativo – contable que se inicia en el momento en que se detecta la necesidad de su tenencia (compra, recepción, utilización) en la producción y concluye con el pago al proveedor una vez recibidos los mismos.

El control sobre los materiales puede ejercerse de las siguientes maneras:

Comparando las cantidades reales de materiales empleadas por unidad de producción durante el período con los datos de períodos anteriores. Este método tiene mucha aplicación en empresas que producen un solo producto, sin embargo, puede conducir a resultados engañosos si se tienen muchos productos.

Fijando cantidades estándar de materias primas para cada unidad de producto fabricado y comparando las cantidades reales usadas con las estándar o permitidas.

Emisión de informes de desperdicios. En las compañías en las que los productos terminados deben ceñirse a tolerancias estrictas, las pérdidas por desperdicios representan una fracción importante del costo total. En estos casos, cuando se desperdicia un artículo, se prepara un informe que contiene información relativa al número de la pieza dañada, la etapa de procesamiento, el empleado responsable y la causa del desperdicio.

## **2. 10.3 NECESIDAD DE ADQUISICIÓN DE MATERIALES:**

Reposición: la detecta el Almacén de Materiales, cuando constata en la ficha de inventario permanente que sus niveles de existencia se aproximan al punto de pedido. Este nivel se calcula tomando en cuenta el consumo diario, multiplicado por los días que normalmente demora el proveedor para el abastecimiento.

Consumo diario x período de abastecimiento + stock de seguridad

Los stocks de seguridad y otros que también son existencias, se prevén para salvar eventuales demoras en el aprovisionamiento, a fin de evitar que la falta de algún material paralice la producción, que es el peor de los costos en el que puede incurrir una empresa y que se denomina costo de ruptura.

Nuevo material: si es un material que se va a utilizar por primera vez, el departamento de Planeamiento y Control de la producción es quien debe pedir su compra porque, precisamente, su función es programar la producción. Los nuevos materiales que demanda una pieza o producto están identificados en los planos, pliegos de especificaciones técnicas, memorias descriptivas, etc.

En ambos supuestos es conveniente, a los fines del control, que el pedido se canalice por el Almacén materiales.

La empresa debe diseñar y definir políticas de abastecimiento que contribuyan a la gestión de los materiales.

Se debe contar con planes de producción que permitan programar el regular abastecimiento de materiales.

En general, se usan dos métodos para establecer los equilibrios deseados del inventario de materias primas:

Costos totales mínimos combinados de pedido y mantenimiento del inventario:

Se incurre en dos tipos de costos en la administración de esta función: de adquisición y mantenimiento o de tenencia.

El de adquisición es el costo de realizar pedidos, es decir, de todo el proceso administrativo – contable (comprar, recibir, controlar, pagar, etc.). Entre ellos se encuentran: costos de compras, procesamiento de facturas, descuentos por cantidad y ahorros por fletes. Tienen un comportamiento variable decreciente.

Los costos de tenencia son los que resultan de mantener las existencias, e incluyen espacios físicos (almacenes), manejo de materiales, deterioro, seguridad, limpieza, estanterías, etc., y

los intereses sobre los fondos de capital invertidos en inventarios. Su comportamiento es variable creciente: a mayor cantidad de existencias, este costo crece.

Se calcula generalmente en términos de tasa:

Costos de tenencia / costo de materia prima a almacenar

El tamaño óptimo del inventario se logra cuando el total de costos combinados de pedidos y mantenimiento de inventario están en su punto más bajo.

Para la selección del sistema de compra más conveniente, en ciertos insumos existen restricciones que obligan a decidir sobre la base de otros criterios. Por ejemplo: materiales perecederos, características del mercado proveedor, cupos de importación, etc.

Para las industrias que administran stocks con elevada variedad de piezas (cientos o miles), no resulta operativa su aplicación, por lo costoso y complejo de su instrumentación. Por ello es que sólo se aplican a los materiales cuya importancia relativa en el costo total del producto es significativa.

Para la selección de estos artículos, se cuenta con el criterio ABC o gráfica de Pareto que permite, frente a un número importante de casos, determinar cuáles son los de mayor significación.

El ABC es un criterio empírico que define que generalmente el 20 o 30% de ciertos fenómenos provocan el 70 u 80% de los acontecimientos. Entonces, ubicando aquellos (20 o 30%) se estará controlando a los de mayor impacto (70 u 80%).

Una de las decisiones en la gestión de materiales es cuánto adquirir cada vez que se formalice una compra. Esta cantidad se denomina lote económico (q), que es la cantidad que conviene comprar periódicamente para optimizar los costos de adquisición y tenencia que demanda la gestión de inventarios.

A partir de este lote económico, se puede calcular:

Número de compras:  $N = Q/q = \text{consumo del período} / \text{lote económico}$

Frecuencia de compras.  $Fr = 365 / \text{número de compras}$ .

#### Coeficientes de rotación de inventarios:

Se calculan dividiendo el costo total de cada tipo de materia prima usada durante el año anterior entre el costo del inventario en existencia y al final del año.

Esta relación también puede expresarse en términos del número de meses de uso representado por el inventario en existencia y un pedido. Posiblemente, la ganancia de la

compañía establecerá un coeficiente de rotación estándar basándose en la experiencia anterior y en su pronóstico sobre sus futuras condiciones de operación.

Este método no toma en consideración los costos de pedido, los descuentos por compra que se obtiene con los pedidos grandes, los ahorros de flete en los envíos grandes, los costos de mantenimiento del inventario, etc.

### Contingencias.

El mantenimiento de materias primas está sometido a riesgos, que inciden en sus existencias y costos, siendo las más frecuentes:

**Merma:** son las pérdidas en las cantidades de material por evaporación, disminución de humedad, de peso, etc., por el sólo transcurso del tiempo. Cuando son normales, no se consideran como diferencias de inventarios, sino que se cargan a la producción mediante su incidencia en los materiales. Cuando son anormales, se calculan por separado y, a través de una cuenta especial, se cancelan como una pérdida.

**Roturas:** constituyen una pérdida y así se las expone en el cuadro de resultados. Es conveniente que se contabilicen a medida que las mismas se producen.

**Robos o pérdidas:** reciben igual tratamiento que las roturas.

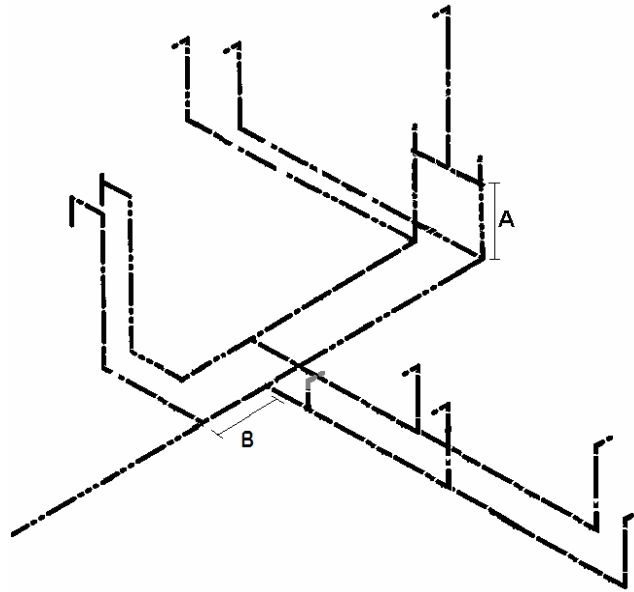
**Sobrantes:** cuando el sobrante de un material no alcanza para ser utilizado en otro artículo, se transforma en un rezago que debe incidir en el costo del producto. Si el mismo puede ser vendido al ingreso, por dicho concepto, se lo considera una ganancia.

La alternativa es considerarlos como gastos del período en el cual se incurrieron. Puede ser el método más sencillo. Sin embargo, la práctica de inventarios da como resultado una cifra de ingresos periódicos que se acerca más al objetivo de equiparar los costos de producción relacionados con el ingreso de ventas del período. Además, la identificación de estos costos como parte del costo de materiales es más útil para la toma de decisiones.

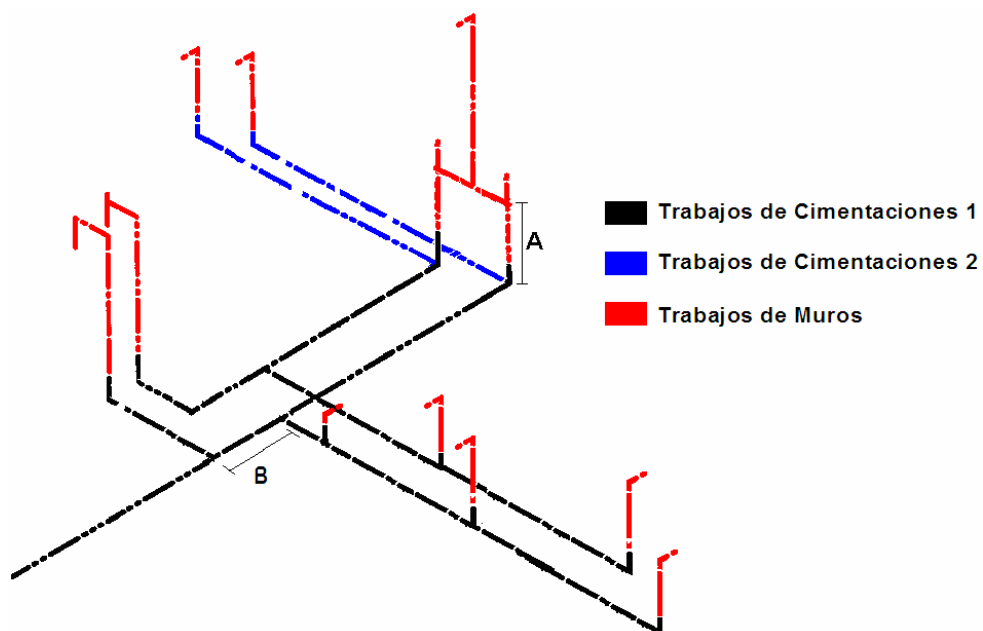
La decisión de tratar los costos de transporte y almacenamiento como elementos del costo de materiales va acompañada del problema de identificar tales costos con las unidades específicas de materiales.

### 3. DESARROLLO DEL INSTRUCTIVO

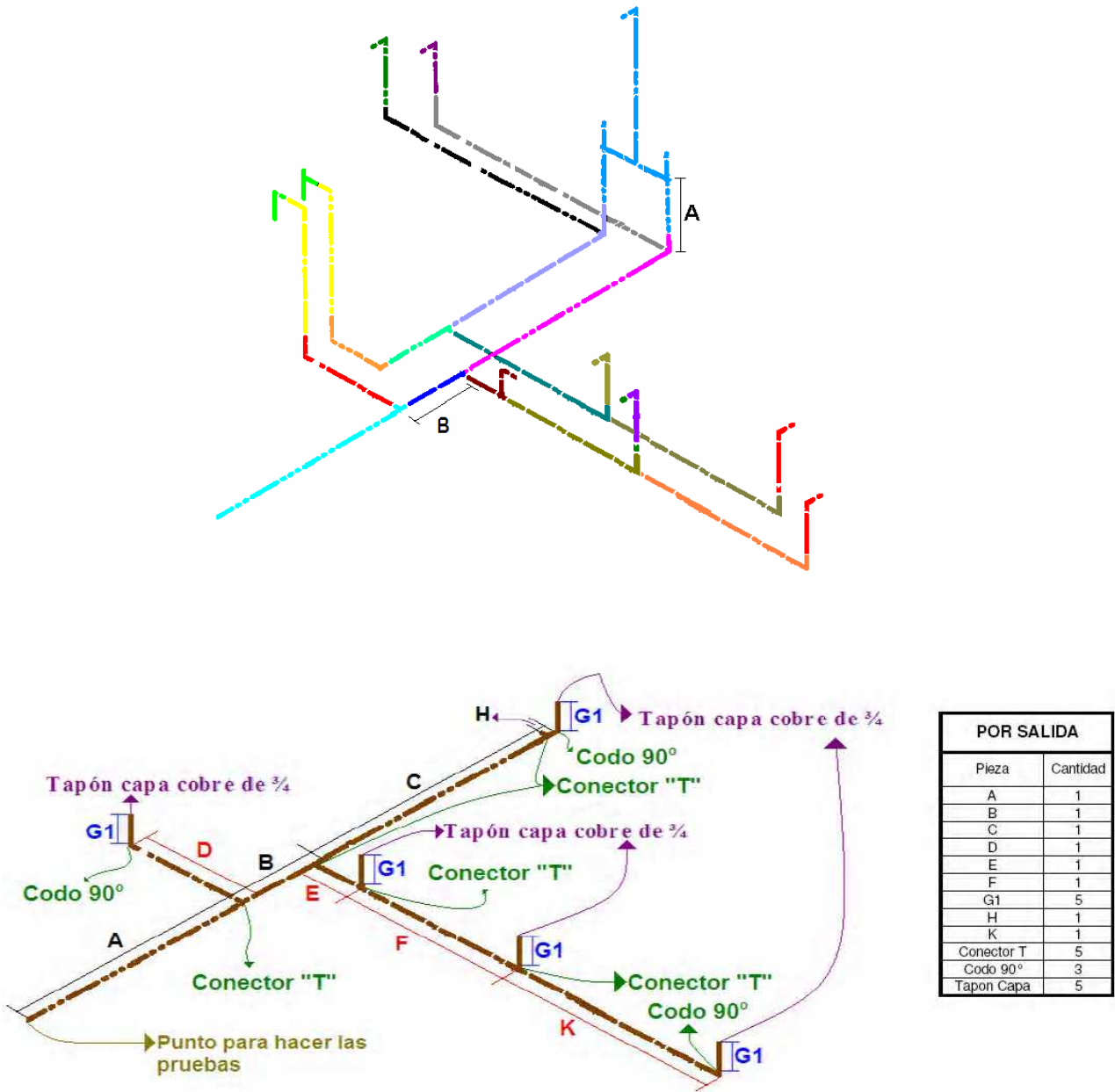
3.1. El responsable del frente de instalaciones recoge del desarrollador el proyecto ejecutivo, especificaciones técnicas de la obra, y los croquis con acotaciones y distancias de las instalaciones hidráulicas.



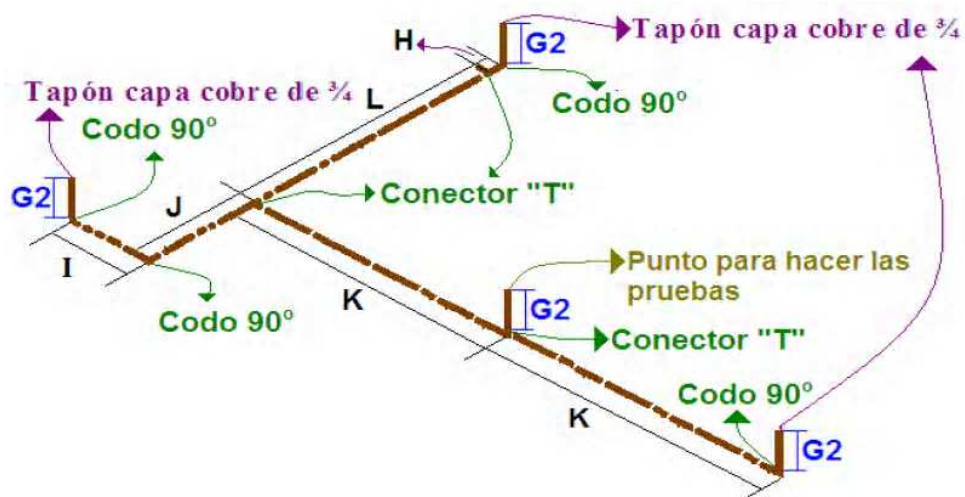
3.2. El Responsable del Frente de Instalaciones estudia los croquis de las instalaciones hidráulicas y separa los trabajos que serían en cimentaciones y los de muros; así mismo verifica que cuente con el transporte para las diferentes secciones, en caso contrario volverá a separar los trabajos en secciones mas pequeñas.



3.3. El Responsable del Frente de Instalaciones determina la cantidad y dimensiones de tramos rectos de tubería, (tramos entre conectores tipo codo, tipo “T”), y les asigna un nombre, por ejemplo: “A”, “B”, etc.



Trabajo en cimentaciones agua fría  
SE LE LLAMA PARTE 1



| POR SALIDA |          |
|------------|----------|
| Pieza      | Cantidad |
| I          | 1        |
| J          | 1        |
| K          | 2        |
| L          | 1        |
| H          | 1        |
| G2         | 4        |
| Conector T | 3        |
| Codo 90°   | 4        |
| Tapon Capa | 3        |

## Trabajo en cimentaciones agua caliente

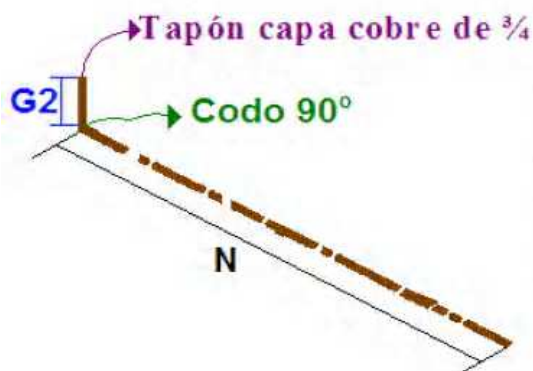
SE LE LLAMA PARTE 2



| POR SALIDA |          |
|------------|----------|
| Pieza      | Cantidad |
| M          | 1        |
| G1         | 1        |
| Codo 90°   | 1        |
| Tapon Capa | 1        |

## Trabajo en cimentaciones lavadero agua fría

SE LE LLAMA PARTE 3

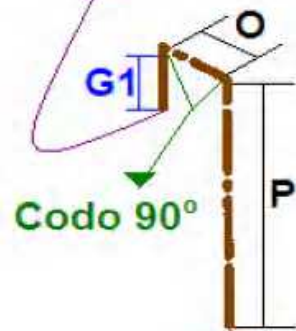


| POR SALIDA |          |
|------------|----------|
| Pieza      | Cantidad |
| N          | 1        |
| G2         | 1        |
| Codo 90°   | 1        |

## Trabajo en cimentaciones lavadero agua caliente

SE LE LLAMA PARTE 4

Tapón capa cobre de  $\frac{3}{4}$

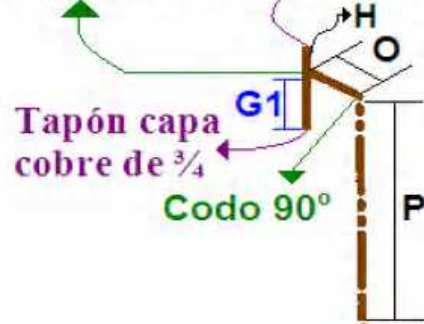


Cople  $\frac{3}{4}$

Calentador agua fría  
SE LE LLAMA PARTE 5

| POR SALIDA          |          |
|---------------------|----------|
| Pieza               | Cantidad |
| P                   | 1        |
| O                   | 1        |
| G1                  | 1        |
| Codo 90°            | 2        |
| Tapon Capa          | 1        |
| Cople $\frac{3}{4}$ | 1        |

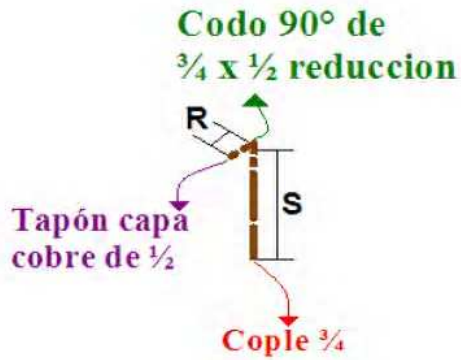
Conector "T" Tapón capa cobre de  $\frac{3}{4}$



Cople  $\frac{3}{4}$

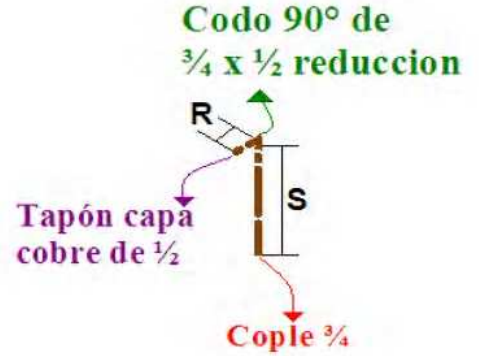
Calentador agua caliente  
SE LE LLAMA PARTE 6

| POR SALIDA          |          |
|---------------------|----------|
| Pieza               | Cantidad |
| O                   | 1        |
| P                   | 1        |
| H                   | 1        |
| G1                  | 1        |
| Conector T          | 1        |
| Codo 90°            | 1        |
| Tapon Capa          | 2        |
| Cople $\frac{3}{4}$ | 1        |



Trabajo en muros lavadero agua fría

| POR SALIDA                                |          |
|-------------------------------------------|----------|
| Pieza                                     | Cantidad |
| R                                         | 1        |
| S                                         | 1        |
| Codo 90° $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$ | 1        |
| Tapon Capa de $\frac{1}{2}$               | 1        |
| Cople $\frac{3}{4}$                       | 1        |



Trabajo en muros lavadero agua caliente

| POR CASA                                  |          |
|-------------------------------------------|----------|
| Pieza                                     | Cantidad |
| R                                         | 2        |
| S                                         | 2        |
| Codo 90° $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$ | 2        |
| Tapon Capa de $\frac{1}{2}$               | 2        |
| Cople $\frac{3}{4}$                       | 2        |

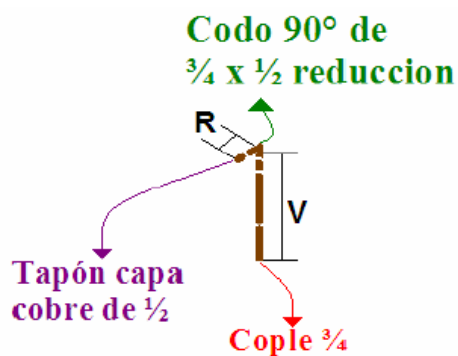
SE LES LLAMA PARTES 7 Y 8



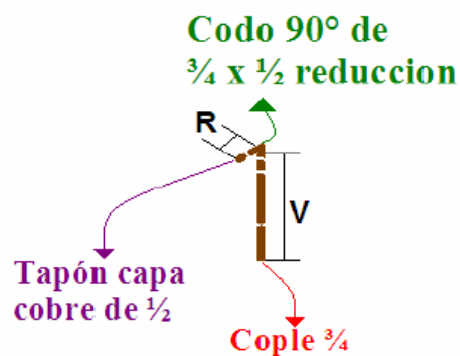
| POR SALIDA                                |          |
|-------------------------------------------|----------|
| Pieza                                     | Cantidad |
| R                                         | 1        |
| U                                         | 1        |
| Codo 90° $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$ | 1        |
| Tapon Capa de $\frac{1}{2}$               | 1        |
| Cople $\frac{3}{4}$                       | 1        |

Trabajo en muros WC

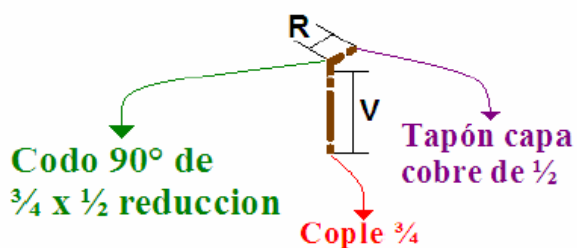
SE LE LLAMA PARTE 9



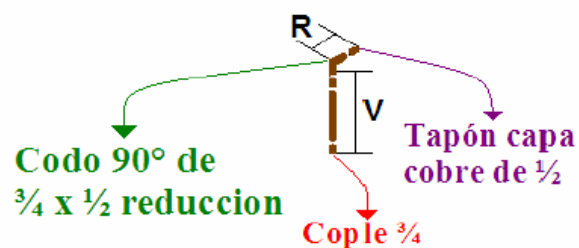
Trabajo en muros lava trastes agua fría



Trabajo en muros lava trastes agua caliente



Trabajo en muros lava manos agua fría

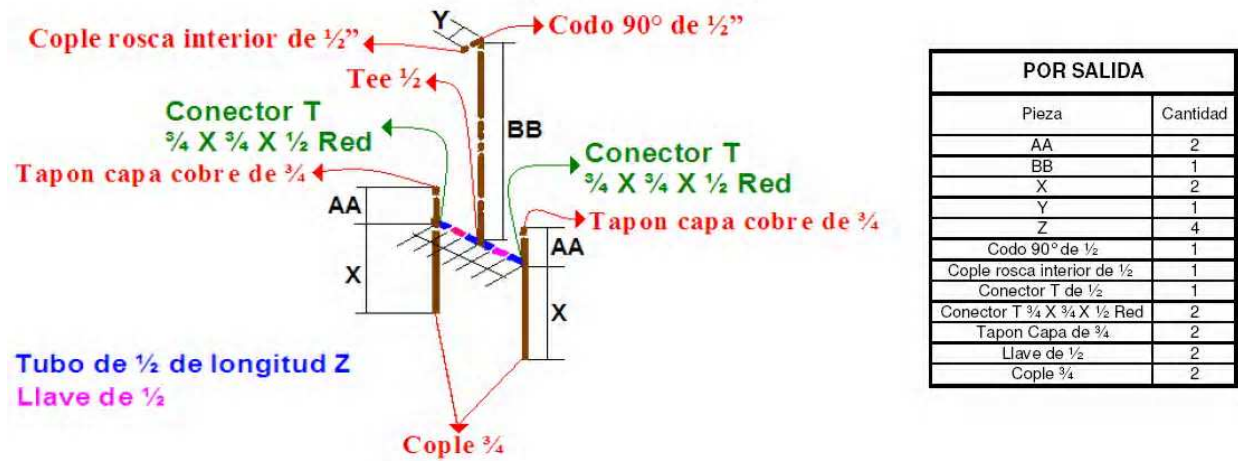


Trabajo en muros lava manos agua caliente

| POR SALIDA                             |          |
|----------------------------------------|----------|
| Pieza                                  | Cantidad |
| R                                      | 1        |
| V                                      | 1        |
| Codo 90° $\frac{3}{4}$ X $\frac{1}{2}$ | 1        |
| Tapon Capa                             | 1        |
| Cople $\frac{3}{4}$                    | 1        |

| POR CASA                               |          |
|----------------------------------------|----------|
| Pieza                                  | Cantidad |
| R                                      | 4        |
| V                                      | 4        |
| Codo 90° $\frac{3}{4}$ X $\frac{1}{2}$ | 4        |
| Tapon Capa de $\frac{1}{2}$            | 4        |
| Cople $\frac{3}{4}$                    | 4        |

SE LES LLAMA PARTES 10, 11, 12 Y 13



### Trabajo en muros regadera

SE LE LLAMA PARTE 14

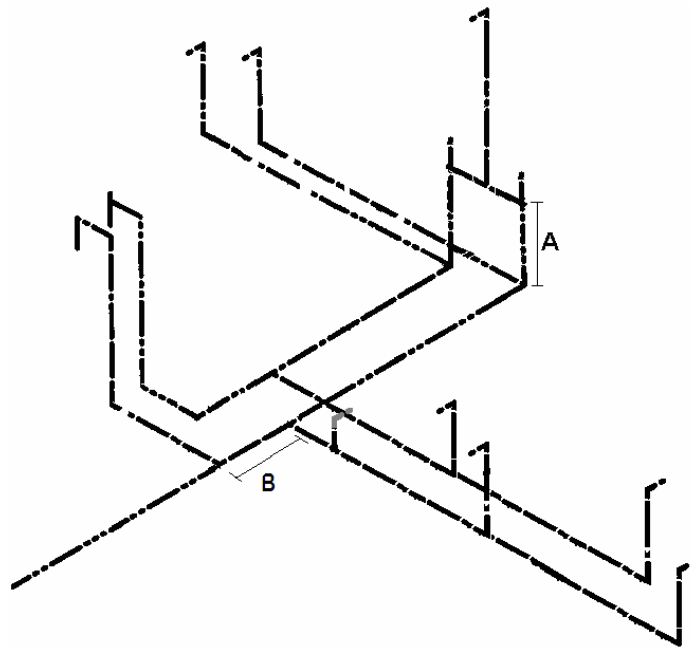
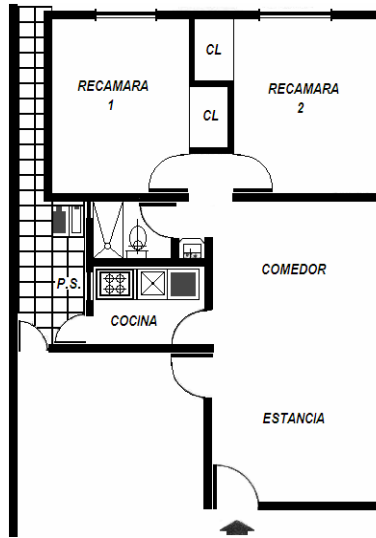
3.4. El Responsable del Frente de Instalaciones diseña dispositivos POKA-YOKE para el corte, y armado de las diferentes secciones de tubería, como se indica a continuación:

#### 3.4.1 Aplicación del POKA-YOKE

Con la implantación del Poka-Yoke, se realiza un control unitario por el propio técnico y de manera sencilla. Esto supondría un pequeño incremento del tiempo de operación; sin embargo, se aseguraría el "cero defectos" aumentando la satisfacción del cliente.

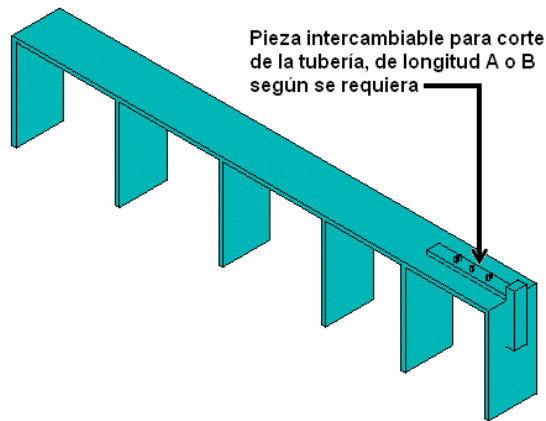
El proceso de fabricación debe asegurar el correcto funcionamiento de la instalación hidro-sanitaria durante toda la vida de la casa de interés social. Sin embargo, como el técnico no sólo realiza la operación 1, sino también la operación siguiente, el Poka-Yoke se deberá implantar de forma que obstaculice al mínimo su tarea, y el incremento en tiempo sea el menor.

Para comenzar con la propuesta se supondrá que el diseño arquitectónico de las casas de interés social es el ya mostrado anteriormente, y el cual se muestra nuevamente en la figura siguiente, y la red hidráulica es la indicada en la misma figura.

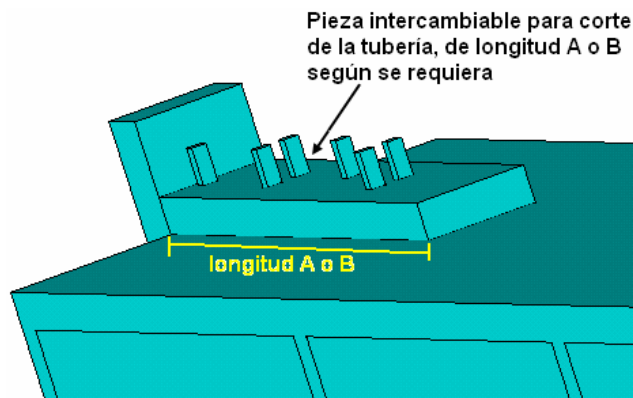
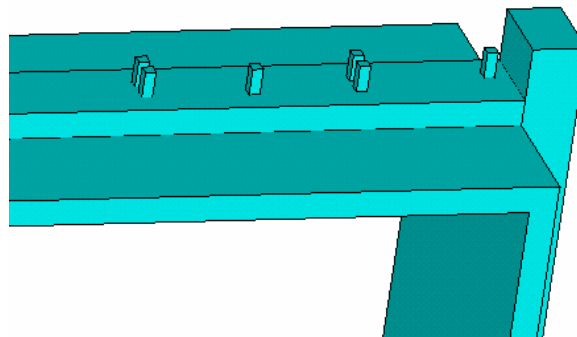


Casa prototipo muestra para la implantación del POKA-YOKE

A) Para el corte de la tubería se construirá una mesa, con una pieza intercambiable de la longitud requerida tal y como se muestra a continuación.



A continuación se muestran dos vistas ampliadas de la sección intercambiable.



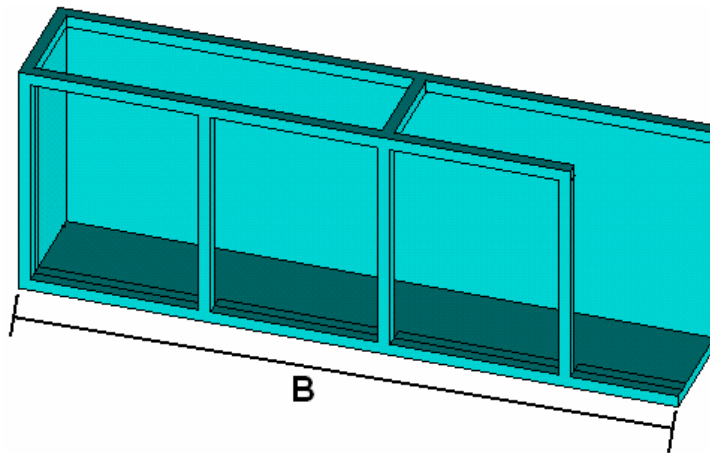
Dependiendo de la longitud del tubo que se requiera cortar, será la pieza intercambiable que se instalará en la mesa, con esto nos aseguraremos que los tramos de tubería que se corten tengan la longitud requerida, ya que la longitud de la pieza es la longitud del tubo que se necesita.

B) Por si existiera alguna posibilidad de error, se construirían anaqueles para colocar los tramos de tubo cortados, para tramos cortos la altura del anaquel

correspondería exactamente a la longitud del tubo como se muestra en la siguiente figura.

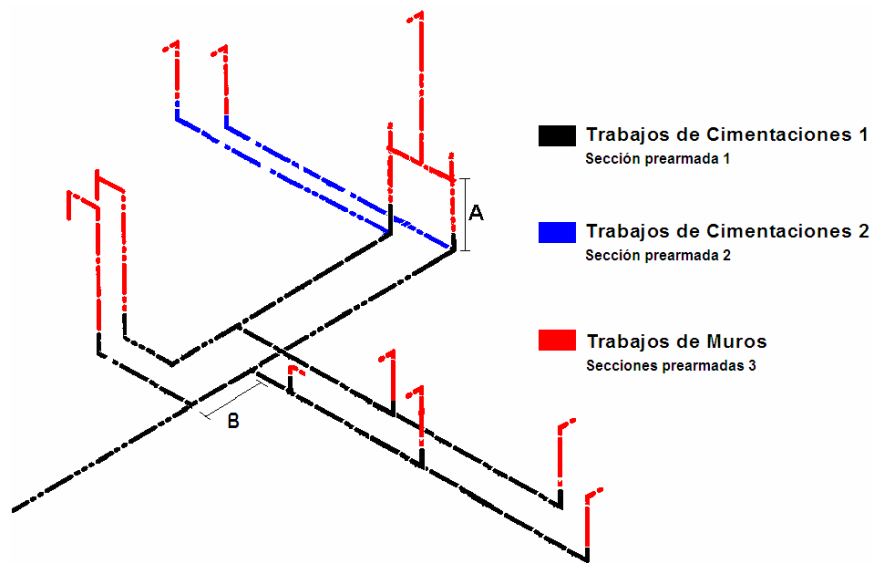


Para tramos largos, la longitud del anaquel corresponderá a la longitud del tubo como se muestra en la figura siguiente.



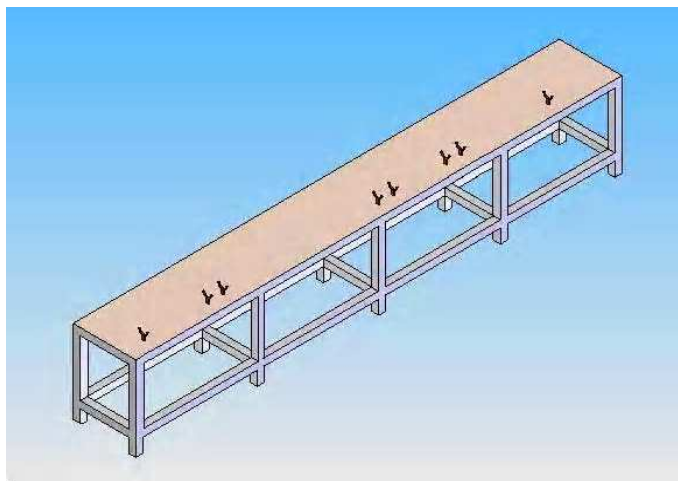
En todos los casos se indicará la longitud del tubo en el anaquel, con esto se tendrían dos formas de asegurarnos que lo que se esta realizando, en este caso los tramos de tubo que se están cortando cuentan con las dimensiones correctas.

Para el caso de la red hidráulica deberá de dividirse en las secciones que serán prearmadas, para el ejemplo que se maneja se muestra esto en el siguiente dibujo.

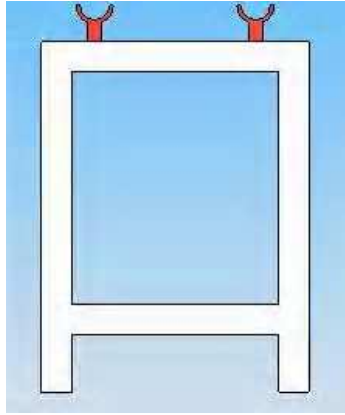


C) Para los dispositivos poka-yoke de la red hidráulica se elaborarán mesas de trabajo para la preparación de cada una de las secciones identificadas con cada uno de los diferentes colores del dibujo anterior.

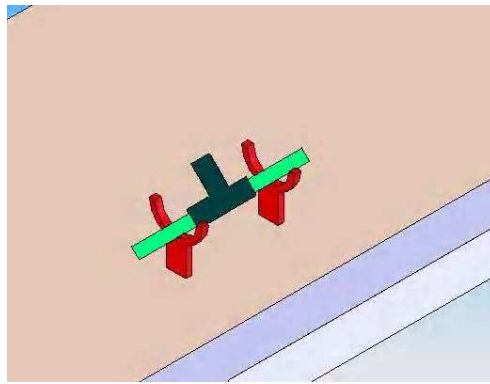
La mesa de trabajo del siguiente ejemplo corresponde a la sección de color rojo, las piezas con forma de “Y” sirven para separar la tubería de la mesa y para indicar que en ese punto va un accesorio, por ejemplo un conector “T” o un codo. El hecho que existan dos piezas “Y” tan juntas es para delimitar exactamente el área del accesorio con su espacio de trabajo para la soldadura.



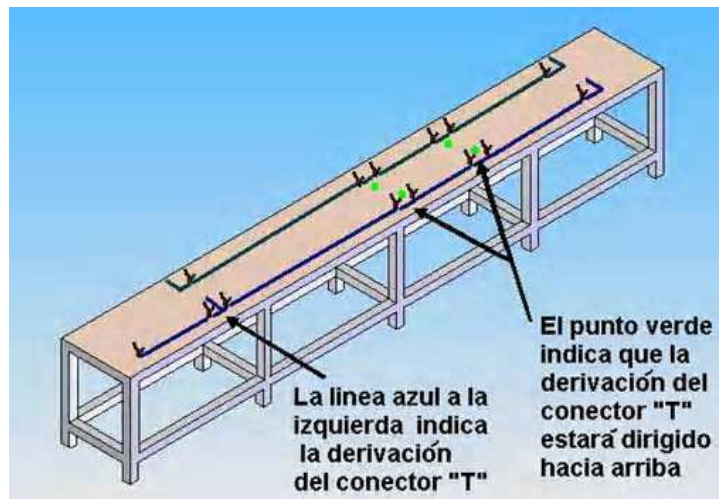
Una vista frontal de esta mesa se muestra en la figura siguiente:



En la figura siguiente se muestra el detalle de los soportes contiguos para la instalación de accesorios:



Además a la mesa de trabajo se le pintará la forma y los accesorios a utilizar tal y como se muestra a continuación:



3.5. El Responsable del Frente de Instalaciones diseña la distribución de la célula de producción.

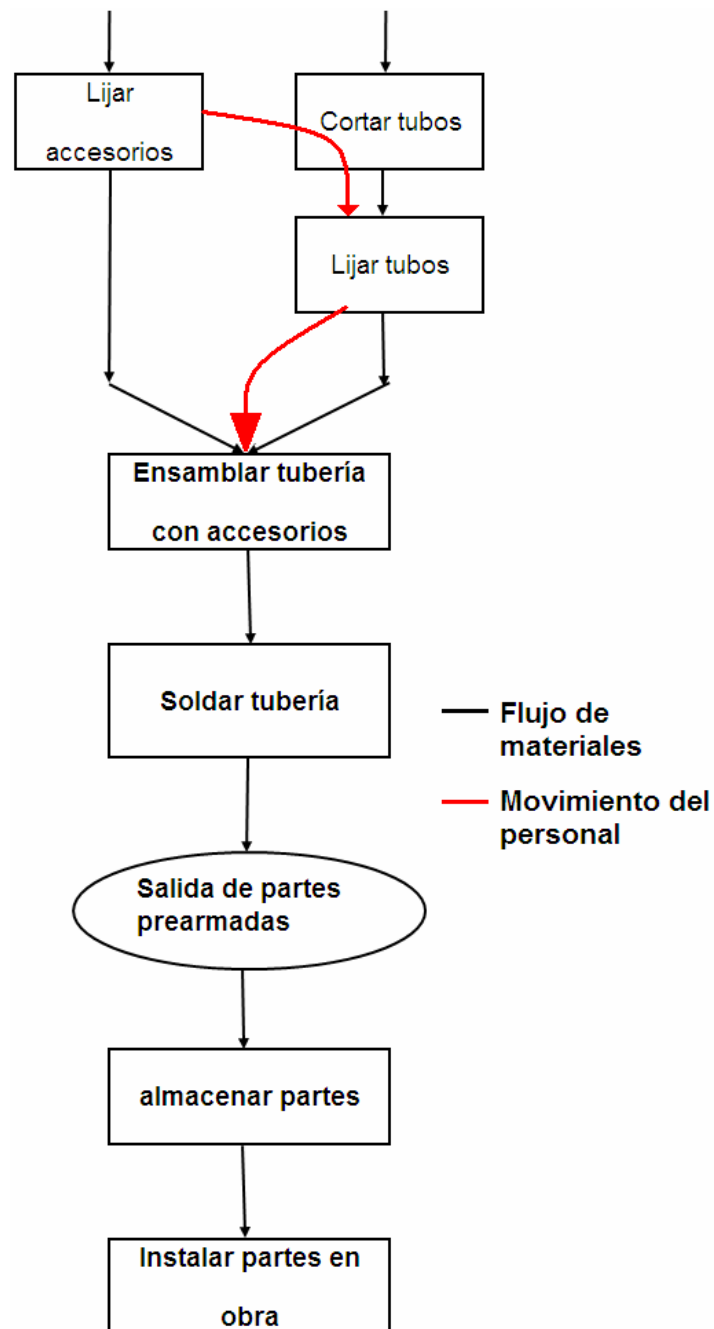


Fig. 1 Celda de Producción Propuesta

### **3.5.1 CÁLCULOS DE LA MÁXIMA PRODUCCIÓN ANUAL DE LAS ESTACIONES.**

El objetivo de este análisis es el de verificar la capacidad la célula de manufactura de acuerdo a un arreglo convencional por operaciones lógicas de producción y flujo de producto. (Ver figura #1)

La organización propuesta se basa en los principios del diseño de Sistemas de Manufactura Celular, el cual permite ordenar las estaciones de trabajo de acuerdo a familias de partes que sean similares en su diseño o proceso de manufactura, lo cual de alguna forma debe reducir el manejo de material y permitir un flujo ágil y constante de las partes o piezas en la línea de producción. La célula deberá minimizar las distancias entre las estaciones de trabajo así como utilización de herramientas similares.

#### **DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES PREARMADOS**

| <b>NO<br/>OPER</b> | <b>MÁQUINA</b> | <b>HERRAMIENTA</b> | <b>OPERACIÓN</b>                                   | <b>TIEMPO DE<br/>OPERACIÓN POR<br/>UNIDAD (MINUTOS)</b> |
|--------------------|----------------|--------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1                  | Estación 1     | Cepillo redondo    | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                                    |
| 2                  |                |                    | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                                    |
| 3                  | Estación 2     | Segueta Manual     | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                                    |
| 4                  |                |                    | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                                    |
| 5                  | Estación 3     | Lija para plomero  | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                                    |
| 6                  |                |                    | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                                    |
| 7                  | Estación 4     |                    | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                                    |
| 8                  |                |                    | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                                    |
| 9                  | Estación 5     | Soplete            | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                                    |
| 10                 |                |                    | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                                    |

**DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN CIMENTACIONES AGUA FRÍA (PARTE 1)**

| <b>NO<br/>OPER.</b> | <b>MÁQUINA</b> | <b>OPERACIÓN</b>                                   | <b>TIEMPO DE<br/>OPERACIÓN POR<br/>UNIDAD<br/>(MINUTOS)</b> | <b>TIEMPO TOTAL<br/>DE USO POR<br/>SUBENSAMBLE</b> |
|---------------------|----------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1                   | Estación 1     | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                                        | 10.83                                              |
| 2                   |                | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                                        |                                                    |
| 3                   | Estación 2     | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                                        | 26.87                                              |
| 4                   |                | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                                        |                                                    |
| 5                   | Estación 3     | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                                        | 34.91                                              |
| 6                   |                | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                                        |                                                    |
| 7                   | Estación 4     | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                                        | 23.91                                              |
| 8                   |                | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                                        |                                                    |
| 9                   | Estación 5     | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                                        | 22.35                                              |
| 10                  |                | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                                        |                                                    |

**DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN CIMENTACIONES AGUA CALIENTE  
(PARTE 2)**

| <b>NO<br/>OPER</b> | <b>MÁQUINA</b> | <b>OPERACIÓN</b>                                   | <b>TIEMPO DE<br/>OPERACIÓN POR<br/>UNIDAD<br/>(MINUTOS)</b> | <b>TIEMPO TOTAL<br/>DE USO POR<br/>SUBENSAMBLE</b> |
|--------------------|----------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1                  | Estación 1     | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                                        | 8.33                                               |
| 2                  |                | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                                        |                                                    |
| 3                  | Estación 2     | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                                        | 20.67                                              |
| 4                  |                | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                                        |                                                    |
| 5                  | Estación 3     | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                                        | 26.85                                              |
| 6                  |                | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                                        |                                                    |
| 7                  | Estación 4     | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                                        | 18.39                                              |
| 8                  |                | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                                        |                                                    |
| 9                  | Estación 5     | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                                        | 17.20                                              |
| 10                 |                | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                                        |                                                    |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN CIMENTACIONES LAVADERO AGUA FRÍA  
(PARTE 3)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 1.25                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              |                                           |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 4.13                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              |                                           |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 5.37                                      |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              |                                           |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 2.76                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              |                                           |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 2.58                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              |                                           |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN CIMENTACIONES LAVADERO AGUA  
CALIENTE (PARTE 4)

| NO<br>OPER | MAQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 1.25                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              |                                           |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 4.13                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              |                                           |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 5.37                                      |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              |                                           |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 2.76                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              |                                           |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 2.58                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              |                                           |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE CALENTADOR AGUA FRÍA (PARTE 5)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 2.50                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              |                                           |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 6.20                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              |                                           |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 8.06                                      |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              |                                           |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 5.52                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              |                                           |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 5.16                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              |                                           |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE CALENTADOR AGUA CALIENTE (PARTE 6)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 3.33                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              |                                           |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 8.27                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              |                                           |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 10.74                                     |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              |                                           |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 7.36                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              |                                           |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 6.88                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              |                                           |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN MUROS LAVADERO AGUA FRÍA (PARTE 7)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 0.83                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              | 0.67                                      |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 2.07                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              | 1.41                                      |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 2.69                                      |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              | 2.47                                      |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 1.72                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              | 1.54                                      |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN MUROS LAVADERO AGUA CALIENTE  
(PARTE 8)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 0.83                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              | 0.67                                      |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 2.07                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              | 1.41                                      |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 2.69                                      |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              | 2.47                                      |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 1.72                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              | 1.54                                      |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN MUROS WC (PARTE 9)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 0.83                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              | 0.67                                      |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 2.07                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              | 1.41                                      |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 2.69                                      |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              | 2.47                                      |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 1.72                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              | 1.54                                      |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN MUROS LAVA TRASTES AGUA FRÍA  
(PARTE 10)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 0.83                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              | 0.67                                      |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 2.07                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              | 1.41                                      |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 2.69                                      |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              | 2.47                                      |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 1.72                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              | 1.54                                      |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN MUROS LAVA TRASTES AGUA CALIENTE  
(PARTE 11)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 0.83                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              | 0.67                                      |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 2.07                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              | 1.41                                      |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 2.69                                      |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              | 2.47                                      |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 1.72                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              | 1.54                                      |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN MUROS LAVA MANOS AGUA FRÍA (PARTE  
12)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 0.83                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              | 0.67                                      |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 2.07                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              | 1.41                                      |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 2.69                                      |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              | 2.47                                      |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 1.72                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              | 1.54                                      |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN MUROS LAVA MANOS AGUA CALIENTE  
(PARTE 13)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 0.83                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              | 0.67                                      |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 2.07                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              | 1.41                                      |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 2.69                                      |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              | 2.47                                      |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              | 1.84                                      |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 1.72                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              | 1.54                                      |

DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES Y ESTACIONES DE LOS ENSAMBLES  
PREARMADOS DE TRABAJO EN MUROS REGADERA (PARTE 14)

| NO<br>OPER | MÁQUINA    | OPERACIÓN                                          | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN POR<br>UNIDAD<br>(MINUTOS) | TIEMPO TOTAL<br>DE USO POR<br>SUBENSAMBLE |
|------------|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | Estación 1 | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{3}{4}$ | 0.42                                              | 3.33                                      |
| 2          |            | lijar entradas de tubo en accesorios $\frac{1}{2}$ | 0.33                                              | 4.00                                      |
| 3          | Estación 2 | Cortar tubo de $\frac{3}{4}$                       | 1.03                                              | 8.27                                      |
| 4          |            | Cortar tubo de $\frac{1}{2}$                       | 0.70                                              | 8.45                                      |
| 5          | Estación 3 | lijar puntas de tubería $\frac{3}{4}$              | 1.34                                              | 10.74                                     |
| 6          |            | lijar puntas de tubería $\frac{1}{2}$              | 1.24                                              | 14.82                                     |
| 7          | Estación 4 | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{3}{4}$     | 0.92                                              | 7.36                                      |
| 8          |            | Ensamblar tubería con accesorios $\frac{1}{2}$     | 0.92                                              | 11.04                                     |
| 9          | Estación 5 | soldar tubería a accesorios $\frac{3}{4}$          | 0.86                                              | 6.88                                      |
| 10         |            | soldar tubería a accesorios $\frac{1}{2}$          | 0.77                                              | 9.22                                      |

ESTABLECIMIENTO DE LA MATRIZ INICIAL ESTACIONES-PARTES PARA  
LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN (MINUTOS)

| MÁQUINA    | TIEMPO DE USO (MINUTOS) |       |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |       |
|------------|-------------------------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|            | NO. DE PARTE            |       |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |       |
|            | 1                       | 2     | 3    | 4    | 5    | 6     | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14    |
| Estación 1 | 10.83                   | 8.33  | 1.25 | 1.25 | 2.50 | 3.33  | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 7.33  |
| Estación 2 | 26.87                   | 20.67 | 4.13 | 4.13 | 6.20 | 8.27  | 3.48 | 3.48 | 3.48 | 3.48 | 3.48 | 3.48 | 3.48 | 16.72 |
| Estación 3 | 34.91                   | 26.85 | 5.37 | 5.37 | 8.06 | 10.74 | 5.16 | 5.16 | 5.16 | 5.16 | 5.16 | 5.16 | 5.16 | 25.56 |
| Estación 4 | 23.91                   | 18.39 | 2.76 | 2.76 | 5.52 | 7.36  | 3.68 | 3.68 | 3.68 | 3.68 | 3.68 | 3.68 | 3.68 | 18.39 |
| Estación 5 | 22.35                   | 17.20 | 2.58 | 2.58 | 5.16 | 6.88  | 3.26 | 3.26 | 3.26 | 3.26 | 3.26 | 3.26 | 3.26 | 16.10 |

Se considera este análisis para verificar el porcentaje de utilización de cada una de las máquinas así como su carga para en caso de ser necesario se agreguen las estaciones de trabajo o se mueva al personal de estación para conocer la demanda máxima anual con la que se podría cumplir, teniendo en cuenta una persona por estación de trabajo y los tiempos de proceso.

**Carga de trabajo de máquina**

Este valor esta basado en la demanda anual y los tiempos de proceso de las partes asignadas a la célula. La carga de trabajo es el tiempo actual de la enésima estación en la célula y no incluye los tiempos muertos (cambio de herramienta, reposición de herramienta gastada, paros y tiempos no productivos). Se define como:

NOTA: Las siguientes ecuaciones son el resultado de la investigación "An Approach for designing cellular manufacturing systems" realizada por R. Meenaskshi Sundaram. y Wen-Shiom Lian en junio 1990 y publicado en la revista Manufacturing Review en Junio del mismo año (Vol. 3 No. 2 pag. 91-97)

CARGA DE TRABAJO (Machine Work Load)

$$MWL = \sum_i \sum_k PT_{ki} \text{ (minutos)} \times D_i$$

**Para calcular el número de máquinas se utiliza la relación:**

NUMERO DE MAQUINAS POR CELDA

$$NMC = MWL \text{ (minutos)} / (2080 \times 60 \times AMUR)$$

Para el caso de la célula mostrada y se tiene un tiempo total anual de:

$$8 \text{ horas/día} \times 5 \text{ días/semana} \times 52 \text{ semanas/año} = 2080 \text{ horas/año}$$

### **Razón de Utilización de las maquinas (EXPECTED MACHINE UTILITATION RATE)**

Para calcular el valor del porcentaje de utilización esperado por máquina en la célula correspondiente en base al tiempo MWL y en el número de máquinas NMC se tiene:

$$\text{EMUR (\%)} = \text{MWL (minutos)} / (2080 \times 60 \text{ minutos/año} \times \text{NMC}) \times 100$$

Nota: el NMC se debe aproximar al entero superior ejemplo NMC=1.35 entonces se toma el NMC como 2

De la tabla de tiempos de operación se procede a calcular para cada máquina y en cada célula los valores de: NMC, EMUR y MWL:

**TABLA DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN (MINUTOS)**

| <b>MÁQUINA</b> | <b>TIEMPO DE USO (MINUTOS)</b> |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |
|----------------|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                | <b>NO. DE PARTE</b>            |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |
|                | <b>1</b>                       | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>9</b> | <b>10</b> | <b>11</b> | <b>12</b> | <b>13</b> | <b>14</b> |
| Estación 1     | 10.83                          | 8.33     | 1.25     | 1.25     | 2.50     | 3.33     | 1.50     | 1.50     | 1.50     | 1.50      | 1.50      | 1.50      | 1.50      | 7.33      |
| Estación 2     | 26.87                          | 20.67    | 4.13     | 4.13     | 6.20     | 8.27     | 3.48     | 3.48     | 3.48     | 3.48      | 3.48      | 3.48      | 3.48      | 16.72     |
| Estación 3     | 34.91                          | 26.85    | 5.37     | 5.37     | 8.06     | 10.74    | 5.16     | 5.16     | 5.16     | 5.16      | 5.16      | 5.16      | 5.16      | 25.56     |
| Estación 4     | 23.91                          | 18.39    | 2.76     | 2.76     | 5.52     | 7.36     | 3.68     | 3.68     | 3.68     | 3.68      | 3.68      | 3.68      | 3.68      | 18.39     |
| Estación 5     | 22.35                          | 17.20    | 2.58     | 2.58     | 5.16     | 6.88     | 3.26     | 3.26     | 3.26     | 3.26      | 3.26      | 3.26      | 3.26      | 16.10     |

### **Resultados considerando un AMUR de 0.6 (AMUR - Proporción de Utilización Aceptable de Máquina)**

Considerando que la producción de partes para nuestro caso debe de ser igual en todas las partes ya que el producto final es la instalación hidráulica de una casa

Total anual de las 14 piezas 1050 casas por año

### CALCULO DEL MWL PARA CADA ESTACIÓN

| ESTACIÓN<br>1 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 10.83               | X | 1050          | = | 11375.00       |
|               | 2            | 8.33                | X | 1050          | = | 8750.00        |
|               | 3            | 1.25                | X | 1050          | = | 1312.50        |
|               | 4            | 1.25                | X | 1050          | = | 1312.50        |
|               | 5            | 2.50                | X | 1050          | = | 2625.00        |
|               | 6            | 3.33                | X | 1050          | = | 3500.00        |
|               | 7            | 1.50                | X | 1050          | = | 1575.00        |
|               | 8            | 1.50                | X | 1050          | = | 1575.00        |
|               | 9            | 1.50                | X | 1050          | = | 1575.00        |
|               | 10           | 1.50                | X | 1050          | = | 1575.00        |
|               | 11           | 1.50                | X | 1050          | = | 1575.00        |
|               | 12           | 1.50                | X | 1050          | = | 1575.00        |
|               | 13           | 1.50                | X | 1050          | = | 1575.00        |
|               | 14           | 7.33                | X | 1050          | = | 7700.00        |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 47600.00       |

| ESTACIÓN<br>2 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 26.87               | X | 1050          | = | 28210.00       |
|               | 2            | 20.67               | X | 1050          | = | 21700.00       |
|               | 3            | 4.13                | X | 1050          | = | 4340.00        |
|               | 4            | 4.13                | X | 1050          | = | 4340.00        |
|               | 5            | 6.20                | X | 1050          | = | 6510.00        |
|               | 6            | 8.27                | X | 1050          | = | 8680.00        |
|               | 7            | 3.48                | X | 1050          | = | 3648.75        |
|               | 8            | 3.48                | X | 1050          | = | 3648.75        |
|               | 9            | 3.48                | X | 1050          | = | 3648.75        |
|               | 10           | 3.48                | X | 1050          | = | 3648.75        |
|               | 11           | 3.48                | X | 1050          | = | 3648.75        |
|               | 12           | 3.48                | X | 1050          | = | 3648.75        |
|               | 13           | 3.48                | X | 1050          | = | 3648.75        |
|               | 14           | 16.72               | X | 1050          | = | 17552.50       |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 116873.75      |

| ESTACIÓN<br>3 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 34.91               | X | 1050          | = | 36654.80       |
|               | 2            | 26.85               | X | 1050          | = | 28196.00       |
|               | 3            | 5.37                | X | 1050          | = | 5639.20        |
|               | 4            | 5.37                | X | 1050          | = | 5639.20        |
|               | 5            | 8.06                | X | 1050          | = | 8458.80        |
|               | 6            | 10.74               | X | 1050          | = | 11278.40       |
|               | 7            | 5.16                | X | 1050          | = | 5413.10        |
|               | 8            | 5.16                | X | 1050          | = | 5413.10        |
|               | 9            | 5.16                | X | 1050          | = | 5413.10        |
|               | 10           | 5.16                | X | 1050          | = | 5413.10        |
|               | 11           | 5.16                | X | 1050          | = | 5413.10        |
|               | 12           | 5.16                | X | 1050          | = | 5413.10        |
|               | 13           | 5.16                | X | 1050          | = | 5413.10        |
|               | 14           | 25.56               | X | 1050          | = | 26839.40       |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 160597.50      |

| ESTACIÓN<br>4 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 23.91               | X | 1050          | = | 25104.63       |
|               | 2            | 18.39               | X | 1050          | = | 19311.25       |
|               | 3            | 2.76                | X | 1050          | = | 2896.69        |
|               | 4            | 2.76                | X | 1050          | = | 2896.69        |
|               | 5            | 5.52                | X | 1050          | = | 5793.38        |
|               | 6            | 7.36                | X | 1050          | = | 7724.50        |
|               | 7            | 3.68                | X | 1050          | = | 3862.25        |
|               | 8            | 3.68                | X | 1050          | = | 3862.25        |
|               | 9            | 3.68                | X | 1050          | = | 3862.25        |
|               | 10           | 3.68                | X | 1050          | = | 3862.25        |
|               | 11           | 3.68                | X | 1050          | = | 3862.25        |
|               | 12           | 3.68                | X | 1050          | = | 3862.25        |
|               | 13           | 3.68                | X | 1050          | = | 3862.25        |
|               | 14           | 18.39               | X | 1050          | = | 19311.25       |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 110074.13      |

| ESTACIÓN<br>5 | NO. DE<br>PARTE | TIEMPO DE<br>OPERACIÓN |   | DEMANDA<br>ANUAL |   | MWL<br>INDIVIDUAL |
|---------------|-----------------|------------------------|---|------------------|---|-------------------|
|               | 1               | 22.35                  | X | 1050             | = | 23471.18          |
|               | 2               | 17.20                  | X | 1050             | = | 18054.75          |
|               | 3               | 2.58                   | X | 1050             | = | 2708.21           |
|               | 4               | 2.58                   | X | 1050             | = | 2708.21           |
|               | 5               | 5.16                   | X | 1050             | = | 5416.43           |
|               | 6               | 6.88                   | X | 1050             | = | 7221.90           |
|               | 7               | 3.26                   | X | 1050             | = | 3418.45           |
|               | 8               | 3.26                   | X | 1050             | = | 3418.45           |
|               | 9               | 3.26                   | X | 1050             | = | 3418.45           |
|               | 10              | 3.26                   | X | 1050             | = | 3418.45           |
|               | 11              | 3.26                   | X | 1050             | = | 3418.45           |
|               | 12              | 3.26                   | X | 1050             | = | 3418.45           |
|               | 13              | 3.26                   | X | 1050             | = | 3418.45           |
|               | 14              | 16.10                  | X | 1050             | = | 16899.75          |
|               | Total MWL       |                        |   |                  |   | 100409.58         |

| CÉLULA 1 ESTACIÓN   |   |                                                         |         |      |  |
|---------------------|---|---------------------------------------------------------|---------|------|--|
| PARTES<br>1 A LA 14 | 1 | MWL= 47600                                              |         |      |  |
|                     |   | NMC= $47600 / (2080 \times 60 \times .6)$               | = 0.64  | -> 1 |  |
|                     |   | EMUR= $47600 / (2080 \times 60 \times 1) \times 100$    | = 38.14 | %    |  |
|                     | 2 | MWL= 116874                                             |         |      |  |
|                     |   | NMC= $116874 / (2080 \times 60 \times .6)$              | = 1.56  | -> 2 |  |
|                     |   | EMUR= $(116874 / (2080 \times 60 \times 2)) \times 100$ | = 46.82 | %    |  |
|                     | 3 | MWL= 160598                                             |         |      |  |
|                     |   | NMC= $160598 / (2080 \times 60 \times .6)$              | = 2.14  | -> 3 |  |
|                     |   | EMUR= $160598 / (2080 \times 60 \times 3) \times 100$   | = 42.89 | %    |  |
|                     | 4 | MWL= 110074                                             |         |      |  |
|                     |   | NMC= $110074 / (2080 \times 60 \times .6)$              | = 1.47  | -> 2 |  |
|                     |   | EMUR= $110074 / (2080 \times 60 \times 2) \times 100$   | = 44.10 | %    |  |
|                     | 5 | MWL= 100410                                             |         |      |  |
|                     |   | NMC= $100410 / (2080 \times 60 \times .6)$              | = 1.34  | -> 2 |  |
|                     |   | EMUR= $100410 / (2080 \times 60 \times 2) \times 100$   | = 40.23 | %    |  |

NMC—Número requerido de máquinas  
EMUR—Proporción de utilización de máquina esperada

TABLA DEL NÚMERO DE MÁQUINAS EN CADA CÉLULA Y LAS UTILIZACIONES:

| CÉLULA | ESTACIÓN | NMC | MWL<br>(MINUTOS) | EMUR<br>(%) |
|--------|----------|-----|------------------|-------------|
| 1      | 1        | 1   | 47600            | 38.14       |
|        | 2        | 2   | 116874           | 46.82       |
|        | 3        | 3   | 160598           | 42.89       |
|        | 4        | 2   | 110074           | 44.10       |
|        | 5        | 2   | 100410           | 40.23       |

Se puede concluir que la demanda anual de 1050 casas por año no se podrá cumplir ya que se necesitan 2 estaciones de trabajo No. 2, 3 de la 3, 2 de la 4 y 5 similares instaladas en paralelo. Dado que se plantea como máximo una solo estación de cada tipo, la demanda propuesta es demasiada.

Por lo que necesitamos replantearnos todo el cálculo, para tal efecto se replantea la demanda anual de la siguiente forma:

Como la estación 3 presenta el NMC más alto, tomaremos sus datos, que son:

$$\text{MWL} = 160598$$

$$\text{NMC} = 160598 / (2080 \times 60 \times .6) = 2.14 \rightarrow 3$$

$$\text{MUR} = 160598 / (2080 \times 60 \times 3) \times 100 = 42.89 \%$$

| ESTACIÓN 3 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN | DEMANDA ANUAL | MWL INDIVIDUAL |
|------------|--------------|---------------------|---------------|----------------|
|            | 1            | 34.91               | X 1050        | = 36654.80     |
|            | 2            | 26.85               | X 1050        | = 28196.00     |
|            | 3            | 5.37                | X 1050        | = 5639.20      |
|            | 4            | 5.37                | X 1050        | = 5639.20      |
|            | 5            | 8.06                | X 1050        | = 8458.80      |
|            | 6            | 10.74               | X 1050        | = 11278.40     |
|            | 7            | 5.16                | X 1050        | = 5413.10      |
|            | 8            | 5.16                | X 1050        | = 5413.10      |
|            | 9            | 5.16                | X 1050        | = 5413.10      |
|            | 10           | 5.16                | X 1050        | = 5413.10      |
|            | 11           | 5.16                | X 1050        | = 5413.10      |
|            | 12           | 5.16                | X 1050        | = 5413.10      |
|            | 13           | 5.16                | X 1050        | = 5413.10      |
|            | 14           | 25.56               | X 1050        | = 26839.40     |
| TTO=       |              | 152.95              | Total MWL     | 160597.50      |

TTO= TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN

$$\text{Demanda nueva estimada} = \text{NWL} / (\text{NMC} \times \text{TTO})$$

Demanda nueva estimada=  $160598/(2.14 \times 152.95) = 490$  casas por año

Con esta nueva demanda se vuelven a realizar los cálculos y se obtiene:

| ESTACIÓN<br>1 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 10.83               | X | 490           | = | 5308.33        |
|               | 2            | 8.33                | X | 490           | = | 4083.33        |
|               | 3            | 1.25                | X | 490           | = | 612.50         |
|               | 4            | 1.25                | X | 490           | = | 612.50         |
|               | 5            | 2.50                | X | 490           | = | 1225.00        |
|               | 6            | 3.33                | X | 490           | = | 1633.33        |
|               | 7            | 1.50                | X | 490           | = | 735.00         |
|               | 8            | 1.50                | X | 490           | = | 735.00         |
|               | 9            | 1.50                | X | 490           | = | 735.00         |
|               | 10           | 1.50                | X | 490           | = | 735.00         |
|               | 11           | 1.50                | X | 490           | = | 735.00         |
|               | 12           | 1.50                | X | 490           | = | 735.00         |
|               | 13           | 1.50                | X | 490           | = | 735.00         |
|               | 14           | 7.33                | X | 490           | = | 3593.33        |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 22213.33       |

| ESTACIÓN<br>2 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 26.87               | X | 490           | = | 13164.67       |
|               | 2            | 20.67               | X | 490           | = | 10126.67       |
|               | 3            | 4.13                | X | 490           | = | 2025.33        |
|               | 4            | 4.13                | X | 490           | = | 2025.33        |
|               | 5            | 6.20                | X | 490           | = | 3038.00        |
|               | 6            | 8.27                | X | 490           | = | 4050.67        |
|               | 7            | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|               | 8            | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|               | 9            | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|               | 10           | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|               | 11           | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|               | 12           | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|               | 13           | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|               | 14           | 16.72               | X | 490           | = | 8191.17        |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 54541.08       |

| ESTACIÓN<br>3 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |           | DEMANDA ANUAL |          | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|-----------|---------------|----------|----------------|
|               | 1            | 34.91               | X         | 490           | =        | 17105.57       |
|               | 2            | 26.85               | X         | 490           | =        | 13158.13       |
|               | 3            | 5.37                | X         | 490           | =        | 2631.63        |
|               | 4            | 5.37                | X         | 490           | =        | 2631.63        |
|               | 5            | 8.06                | X         | 490           | =        | 3947.44        |
|               | 6            | 10.74               | X         | 490           | =        | 5263.25        |
|               | 7            | 5.16                | X         | 490           | =        | 2526.11        |
|               | 8            | 5.16                | X         | 490           | =        | 2526.11        |
|               | 9            | 5.16                | X         | 490           | =        | 2526.11        |
|               | 10           | 5.16                | X         | 490           | =        | 2526.11        |
|               | 11           | 5.16                | X         | 490           | =        | 2526.11        |
|               | 12           | 5.16                | X         | 490           | =        | 2526.11        |
|               | 13           | 5.16                | X         | 490           | =        | 2526.11        |
|               | 14           | 25.56               | X         | 490           | =        | 12525.05       |
|               |              | 152.95              | Total MWL |               | 74945.50 |                |

| ESTACIÓN<br>4 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 23.91               | X | 490           | = | 11715.49       |
|               | 2            | 18.39               | X | 490           | = | 9011.92        |
|               | 3            | 2.76                | X | 490           | = | 1351.79        |
|               | 4            | 2.76                | X | 490           | = | 1351.79        |
|               | 5            | 5.52                | X | 490           | = | 2703.58        |
|               | 6            | 7.36                | X | 490           | = | 3604.77        |
|               | 7            | 3.68                | X | 490           | = | 1802.38        |
|               | 8            | 3.68                | X | 490           | = | 1802.38        |
|               | 9            | 3.68                | X | 490           | = | 1802.38        |
|               | 10           | 3.68                | X | 490           | = | 1802.38        |
|               | 11           | 3.68                | X | 490           | = | 1802.38        |
|               | 12           | 3.68                | X | 490           | = | 1802.38        |
|               | 13           | 3.68                | X | 490           | = | 1802.38        |
|               | 14           | 18.39               | X | 490           | = | 9011.92        |
|               |              | Total MWL           |   | 51367.93      |   |                |

| ESTACIÓN<br>5 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 22.35               | X | 490           | = | 10953.22       |
|               | 2            | 17.20               | X | 490           | = | 8425.55        |
|               | 3            | 2.58                | X | 490           | = | 1263.83        |
|               | 4            | 2.58                | X | 490           | = | 1263.83        |
|               | 5            | 5.16                | X | 490           | = | 2527.67        |
|               | 6            | 6.88                | X | 490           | = | 3370.22        |
|               | 7            | 3.26                | X | 490           | = | 1595.28        |
|               | 8            | 3.26                | X | 490           | = | 1595.28        |
|               | 9            | 3.26                | X | 490           | = | 1595.28        |
|               | 10           | 3.26                | X | 490           | = | 1595.28        |
|               | 11           | 3.26                | X | 490           | = | 1595.28        |
|               | 12           | 3.26                | X | 490           | = | 1595.28        |
|               | 13           | 3.26                | X | 490           | = | 1595.28        |
|               | 14           | 16.10               | X | 490           | = | 7886.55        |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 46857.80       |

| CÉLULA 1 ESTACIÓN  |   |                                    |   |       |      |
|--------------------|---|------------------------------------|---|-------|------|
| PARTES<br>1A LA 14 | 1 | MWL= 22213                         |   |       |      |
|                    |   | NMC= 22213 / (2080 X 60 X .6)      | = | 0.30  | -> 1 |
|                    |   | EMUR= 22213 /(2080 X 60 X 1) X 100 | = | 17.80 | %    |
|                    | 2 | MWL= 54541                         |   |       |      |
|                    |   | NMC= 54541 /(2080 X 60 X .6)       | = | 0.73  | -> 1 |
|                    |   | EMUR= (54541 /(2080 X 60 X 1))X100 | = | 43.70 | %    |
|                    | 3 | MWL= 74946                         |   |       |      |
|                    |   | NMC= 74946/(2080 X 60 X .6)        | = | 1.00  | -> 1 |
|                    |   | EMUR= 74946/(2080 X 60 X 1)X 100   | = | 60.05 | %    |
|                    | 4 | MWL= 51368                         |   |       |      |
|                    |   | NMC= 51368/(2080 X 60 X .6)        | = | 0.69  | -> 1 |
|                    |   | EMUR= 51368/(2080 X 60 X 1) X 100  | = | 41.16 | %    |
|                    | 5 | MWL= 46858                         |   |       |      |
|                    |   | NMC= 46858/(2080 X 60 X .6)        | = | 0.63  | -> 1 |
|                    |   | EMUR= 46858/(2080 X 60 X 1)X100    | = | 37.55 | %    |

NMC—Número requerido de máquinas  
EMUR—Proporción de utilización de máquina esperada

TABLA DEL NÚMERO DE MÁQUINAS EN CADA CÉLULA Y LAS UTILIZACIONES:

| CÉLULA | ESTACIÓN | NMC | MWL<br>(MINUTOS) | EMUR<br>(%) |
|--------|----------|-----|------------------|-------------|
| 1      | 1        | 1   | 22213            | 17.80       |
|        | 2        | 1   | 54541            | 43.70       |
|        | 3        | 1   | 74946            | 60.05       |
|        | 4        | 1   | 51368            | 41.16       |
|        | 5        | 1   | 46858            | 37.55       |

Como se puede apreciar en la estación 3 el NMC resulta ser 1 sin aproximar, lo que significa que esta estación es nuestro cuello de botella, pero como en este caso en las estaciones los recursos son humanos y no maquinas, se puede mover a 1 persona de otra estación hacia la 3 y así se incrementaría producción anual para una demanda mayor.

Por lo que se plantea el mover a la persona de la estación 1 a la 3, una vez concluidas sus trabajos en 1 para que apoye al de la estación 3, y replantearnos todo el cálculo, para tal efecto se replantea la demanda anual de la siguiente forma:

Como la estación 2 presenta el NMC próximo a alcanzar el valor de 1, tomaremos sus datos para incrementar la producción anual, y estos datos son:

$$\text{MWL} = 54541$$

$$\text{NMC} = 54541 / (2080 \times 60 \times 6) = 0.73 \rightarrow 1$$

$$\text{EMUR} = (54541 / (2080 \times 60 \times 2)) = 43.70 \%$$

|             | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|-------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|             |              |                     |   |               |   |                |
| ESTACIÓN 2  | 1            | 26.87               | X | 490           | = | 13164.67       |
|             | 2            | 20.67               | X | 490           | = | 10126.67       |
|             | 3            | 4.13                | X | 490           | = | 2025.33        |
|             | 4            | 4.13                | X | 490           | = | 2025.33        |
|             | 5            | 6.20                | X | 490           | = | 3038.00        |
|             | 6            | 8.27                | X | 490           | = | 4050.67        |
|             | 7            | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|             | 8            | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|             | 9            | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|             | 10           | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|             | 11           | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|             | 12           | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|             | 13           | 3.48                | X | 490           | = | 1702.75        |
|             | 14           | 16.72               | X | 490           | = | 8191.17        |
| TTO= 111.31 |              | Total MWL           |   | 54541.08      |   |                |

TTO= TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN

Demanda nueva estimada=  $NWL/(NMC \times TTO)$

Demanda nueva estimada=  $54541/(0.73 \times 111.31) = 673$  casas por año

### **C) Cálculo final de la producción máxima anual**

Con esta nueva demanda se vuelven a realizar los cálculos y se obtiene:

|            | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|            |              |                     |   |               |   |                |
| ESTACIÓN 1 | 1            | 10.83               | X | 673           | = | 7290.83        |
|            | 2            | 8.33                | X | 673           | = | 5608.33        |
|            | 3            | 1.25                | X | 673           | = | 841.25         |
|            | 4            | 1.25                | X | 673           | = | 841.25         |
|            | 5            | 2.50                | X | 673           | = | 1682.50        |
|            | 6            | 3.33                | X | 673           | = | 2243.33        |
|            | 7            | 1.50                | X | 673           | = | 1009.50        |
|            | 8            | 1.50                | X | 673           | = | 1009.50        |
|            | 9            | 1.50                | X | 673           | = | 1009.50        |
|            | 10           | 1.50                | X | 673           | = | 1009.50        |
|            | 11           | 1.50                | X | 673           | = | 1009.50        |
|            | 12           | 1.50                | X | 673           | = | 1009.50        |
|            | 13           | 1.50                | X | 673           | = | 1009.50        |
|            | 14           | 7.33                | X | 673           | = | 4935.33        |
|            |              | Total MWL           |   | 30509.33      |   |                |

| ESTACIÓN<br>2 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 26.87               | X | 673           | = | 18081.27       |
|               | 2            | 20.67               | X | 673           | = | 13908.67       |
|               | 3            | 4.13                | X | 673           | = | 2781.73        |
|               | 4            | 4.13                | X | 673           | = | 2781.73        |
|               | 5            | 6.20                | X | 673           | = | 4172.60        |
|               | 6            | 8.27                | X | 673           | = | 5563.47        |
|               | 7            | 3.48                | X | 673           | = | 2338.68        |
|               | 8            | 3.48                | X | 673           | = | 2338.68        |
|               | 9            | 3.48                | X | 673           | = | 2338.68        |
|               | 10           | 3.48                | X | 673           | = | 2338.68        |
|               | 11           | 3.48                | X | 673           | = | 2338.68        |
|               | 12           | 3.48                | X | 673           | = | 2338.68        |
|               | 13           | 3.48                | X | 673           | = | 2338.68        |
|               | 14           | 16.72               | X | 673           | = | 11250.32       |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 74910.51       |

| ESTACIÓN<br>3 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 34.91               | X | 673           | = | 23493.98       |
|               | 2            | 26.85               | X | 673           | = | 18072.29       |
|               | 3            | 5.37                | X | 673           | = | 3614.46        |
|               | 4            | 5.37                | X | 673           | = | 3614.46        |
|               | 5            | 8.06                | X | 673           | = | 5421.69        |
|               | 6            | 10.74               | X | 673           | = | 7228.92        |
|               | 7            | 5.16                | X | 673           | = | 3469.54        |
|               | 8            | 5.16                | X | 673           | = | 3469.54        |
|               | 9            | 5.16                | X | 673           | = | 3469.54        |
|               | 10           | 5.16                | X | 673           | = | 3469.54        |
|               | 11           | 5.16                | X | 673           | = | 3469.54        |
|               | 12           | 5.16                | X | 673           | = | 3469.54        |
|               | 13           | 5.16                | X | 673           | = | 3469.54        |
|               | 14           | 25.56               | X | 673           | = | 17202.78       |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 102935.35      |

| ESTACIÓN<br>4 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 23.91               | X | 673           | = | 16090.87       |
|               | 2            | 18.39               | X | 673           | = | 12377.59       |
|               | 3            | 2.76                | X | 673           | = | 1856.64        |
|               | 4            | 2.76                | X | 673           | = | 1856.64        |
|               | 5            | 5.52                | X | 673           | = | 3713.28        |
|               | 6            | 7.36                | X | 673           | = | 4951.04        |
|               | 7            | 3.68                | X | 673           | = | 2475.52        |
|               | 8            | 3.68                | X | 673           | = | 2475.52        |
|               | 9            | 3.68                | X | 673           | = | 2475.52        |
|               | 10           | 3.68                | X | 673           | = | 2475.52        |
|               | 11           | 3.68                | X | 673           | = | 2475.52        |
|               | 12           | 3.68                | X | 673           | = | 2475.52        |
|               | 13           | 3.68                | X | 673           | = | 2475.52        |
|               | 14           | 18.39               | X | 673           | = | 12377.59       |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 70552.27       |

| ESTACIÓN<br>5 | NO. DE PARTE | TIEMPO DE OPERACIÓN |   | DEMANDA ANUAL |   | MWL INDIVIDUAL |
|---------------|--------------|---------------------|---|---------------|---|----------------|
|               | 1            | 22.35               | X | 673           | = | 15043.91       |
|               | 2            | 17.20               | X | 673           | = | 11572.24       |
|               | 3            | 2.58                | X | 673           | = | 1735.84        |
|               | 4            | 2.58                | X | 673           | = | 1735.84        |
|               | 5            | 5.16                | X | 673           | = | 3471.67        |
|               | 6            | 6.88                | X | 673           | = | 4628.89        |
|               | 7            | 3.26                | X | 673           | = | 2191.06        |
|               | 8            | 3.26                | X | 673           | = | 2191.06        |
|               | 9            | 3.26                | X | 673           | = | 2191.06        |
|               | 10           | 3.26                | X | 673           | = | 2191.06        |
|               | 11           | 3.26                | X | 673           | = | 2191.06        |
|               | 12           | 3.26                | X | 673           | = | 2191.06        |
|               | 13           | 3.26                | X | 673           | = | 2191.06        |
|               | 14           | 16.10               | X | 673           | = | 10831.94       |
| Total MWL     |              |                     |   |               |   | 64357.76       |

| CÉLULA 1 ESTACIÓN  |   |                                    |             |  |
|--------------------|---|------------------------------------|-------------|--|
| PARTES<br>1A LA 14 | 1 | MWL= 30509                         |             |  |
|                    |   | NMC= 30509 / (2080 X 60 X .6)      | = 0.41 -> 1 |  |
|                    |   | EMUR= 30509 /(2080 X 60 X 1) X 100 | = 24.45 %   |  |
|                    | 2 | MWL= 74911                         |             |  |
|                    |   | NMC= 74911 /(2080 X 60 X .6)       | = 1.00 -> 1 |  |
|                    |   | EMUR= (74911 /(2080 X 60 X 1))X100 | = 60.02 %   |  |
|                    | 3 | MWL= 102935                        |             |  |
|                    |   | NMC= 102935/(2080 X 60 X .6)       | = 1.37 -> 2 |  |
|                    |   | EMUR= 102935/(2080 X 60 X 2)X 100  | = 41.24 %   |  |
|                    | 4 | MWL= 70552                         |             |  |
|                    |   | NMC= 70552/(2080 X 60 X .6)        | = 0.94 -> 1 |  |
|                    |   | EMUR= 70552/(2080 X 60 X 1) X 100  | = 56.53 %   |  |
|                    | 5 | MWL= 64357                         |             |  |
|                    |   | NMC= 64357/(2080 X 60 X .6)        | = 0.86 -> 1 |  |
|                    |   | EMUR= 64357/(2080 X 60 X 1)X100    | = 51.57 %   |  |

NMC—Número requerido de máquinas

EMUR—Proporción de utilización de máquina esperada

TABLA DEL NÚMERO DE MÁQUINAS EN CADA CELDA Y LAS UTILIZACIONES:

| CÉLULA | ESTACIÓN | NMC | MWL<br>(MINUTOS) | EMUR<br>(%) |
|--------|----------|-----|------------------|-------------|
| 1      | 1        | 1   | 30509            | 24.45       |
|        | 2        | 1   | 74911            | 60.02       |
|        | 3        | 2   | 102935           | 41.24       |
|        | 4        | 1   | 70552            | 56.53       |
|        | 5        | 1   | 64357            | 51.57       |

En este caso se tiene un NMC de 1.37 en la estación 3, lo que indica que se ocuparía más de una estación del tipo 3, pero como se indico anteriormente este excedente de 1 sería proporcionado con apoyo de la persona de la estación 1 y se logra que el NMC de la estación 2 sea igual 1, en caso de tener tiempos

muertos no previstos se contaría con el apoyo de las personas de las estaciones 4 y 5. Entonces se pudo concluir que la producción máxima anual de la célula es para 673 casas por año.

3.6. El Responsable del Frente de Instalaciones en base a lo diseñado en los puntos 4 y 5 determina que personal realizará cada una de las actividades.

3.7. El Responsable del Frente de Instalaciones determina la cantidad de material que será preparado como mínimo para ser instalado en cada una de las futuras casas.

3.8. El Responsable del Frente de Instalaciones cuando reciba las actividades de Cimentaciones y Estructura liberadas en las etapas correspondientes, ordena las actividades de colocación de instalaciones hidráulicas. (Para la instalación hidráulica en cimentaciones se requiere que se encuentre terminada la Colocación del fierro en la plataforma de cimentación).

3.9. El responsable del Área de Instalaciones verifica el cumplimiento del plan de inspección y pruebas hidrostáticas en la plataforma de cimentación, y dará seguimiento al procedimiento de rechazo de secciones en las pruebas.

3.10. El Responsable del Frente de Instalaciones cuando reciba las actividades de estructura en muros liberadas en las etapas correspondientes, ordena las actividades de colocación de instalaciones hidráulicas. (Para la instalación hidráulica para la regadera, fregadero y lavabo se requiere que este terminada la estructura de la Planta Baja).

3.11. El responsable del Área de Instalaciones verifica el cumplimiento del plan de inspección y pruebas hidrostáticas en la estructura de la Planta Baja, y dará seguimiento al procedimiento de rechazo de secciones en las pruebas.

3.12. El Responsable del Frente de Instalaciones cuando reciba las albañilerías en muros liberadas en las etapas correspondientes, ordena las actividades de colocación de instalaciones hidráulicas. (Para la instalación hidráulica del lavadero y del calentador se requiere que las albañilerías del planta baja estén terminadas.).

3.13. El responsable del Área de Instalaciones verifica el cumplimiento del plan de inspección y pruebas hidrostáticas en las albañilerías en muros, y dará seguimiento al procedimiento de rechazo de secciones en las pruebas.

3.14. El Responsable del Frente de Instalaciones verifica que se realicen las pruebas hidrostáticas, estas se realizan una vez que se ha concluido con los trabajos de colocación de tubería, se lleva acabo introduciendo agua fría a presión en la tubería con ayuda de una bomba de prueba, se tapan todas las posibles salidas y se coloca un manómetro en una de ellas, cuando el manómetro marque 100 lb. de presión se deja de bombear agua y se revisa la tubería.

3.15. La duración de la prueba hidrostática, una vez que se ha introducido el agua dentro de la tubería, y alcanzado la presión deseada es de un mínimo de 4 horas para verificar si las conexiones y sellos están en perfecto estado, en caso de fugas en los conectores estos serán reparados en el sitio de la obra y reinician la prueba, en caso de fugas en la tubería la sección prearmada será regresada a la célula de producción para su reparación o rechazo definitivo.

## CONCLUSIONES

1) Aunque el contratista de instalaciones no es responsable de la calidad en toda la construcción de la casa de interés social, pone su granito de arena al realizar las instalaciones hidráulicas con la calidad debida y apoya al gobierno federal a cumplir con lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 4 de que “Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa”.

2) Habrá de recordarse que se dijo con anterioridad, que por observaciones realizadas se había notado que en la ejecución de los diferentes trabajos de la construcción, especialmente en los de las instalaciones, se ejecuta por cada técnico de una forma metodológica diferente, y que provocaban un descontrol en las diferentes actividades del proceso constructivo de las instalaciones hidráulicas de las casas de interés social, con la metodología propuesta se logra uniformizar los procedimientos constructivos a seguir por todo el personal que se dedica a las instalaciones hidráulicas, ya que en la célula de trabajo se realiza por el personal requerido y de la categoría adecuada, (ayudante, oficial plomero, etc), la mayoría del trabajo y en el lugar donde se construye la vivienda se realizan solo los ensambles finales para cada etapa de la construcción.

3) Aunque la preparación de la planeación operacional o de corto plazo es responsabilidad de la inmobiliaria en este caso, el responsable del frente de instalaciones deberá de estudiar y comprender las respectivas operaciones de los otros contratistas y donde quedan intercaladas las que a él le corresponden, con el objeto de estar en condiciones de determinar la cantidad de trabajo diario que tenga que llevarse a cabo en el sitio de la obra, así como en la célula de producción, y estimar para cada operación con que rapidez deberá de llevarse a cabo. Al planear sus actividades diarias deberá de considerar un factor de demoras debido; a lluvias, mal tiempo y otros imprevistos. Al estimar la rapidez con que deba llevarse a cabo el trabajo deberá tomarse en consideración la economía de la construcción. Deberá seleccionar el número de técnicos que resulten en la construcción más económica consistentes con la operación en particular y con toda la obra en general.

Todo lo anterior lo debe de realizar el responsable del frente de instalaciones para ordenar las actividades de colocación de las instalaciones hidráulicas, cuando reciba terminadas por parte del contratista o contratistas de obra civil las actividades de:

- ❖ Cimentaciones y Estructura. (Para la instalación hidráulica en cimentaciones se requiere que se encuentre terminada la Colocación del fierro en la plataforma de cimentación).
- ❖ Estructura en muros. (Para la instalación hidráulica para la regadera, fregadero y lavabo se requiere que este terminada la estructura de la Planta Baja).
- ❖ Albañilerías en muros. (Para la instalación hidráulica del lavadero y del calentador se requiere que las albañilerías del planta baja estén terminadas.).

En otras palabras la planeación operacional o de corto plazo obliga al contratista de instalaciones a organizar el trabajo a realizar, por parte de él y de su personal al tener que conocer a fondo la secuencia de actividades de la obra civil.

4) Al verificar el cumplimiento del plan de inspección y pruebas hidrostáticas, el responsable del frente de instalaciones, puede lograr que aquellos defectos o fallas que deprecian y demeritan la calidad y que incrementan los costos hasta niveles muy elevados, se reduzcan o se eliminen ya que se asegura que los que los costos por fallas en la mano de obra, dígame en la construcción del proyecto no existan, y al reducir estas fallas indirectamente se reducen los costos por servicio y mantenimiento.

5) Tal y como se planteo se logra realizar una propuesta de instructivo para el desarrollo del proceso constructivo de las instalaciones hidráulicas en la construcción de casas de interés social. En la metodología de trabajo propuesta se establece el método de trabajo del tipo de células de producción y la utilización del poka-yoke para lograr que los procedimientos de construcción sean del tipo de técnicas y procesos industriales.

Una vez realizada esta propuesta se pueden ver que se consiguen algunas otras ventajas para esta industria de la construcción:

1.- Otra ventaja que se consigue con el procedimiento propuesto es que es posible calcular cual sería la capacidad máxima de producción con el personal que se cuente o en su defecto se podría calcular cuanto personal se requerirá para la demanda de la obra.

2.- Al tener concentradas las actividades en una célula de producción se asegura el uso correcto de la cantidad de materiales, evitando con esto los desperdicios que se pudieran presentar por olvido de los mismos en una o varias viviendas.

3.- Por la misma razón mencionada en el punto anterior, se puede pensar en adaptar maquinas existentes para realizar los trabajos lijado de tubos, accesorios, y corte de tubería sin dejar de usar el poka-yoke, con el único objetivo de mejorar la productividad. (Cuando la productividad es medida en un sistema, es una manera de saber que tan bien el sistema esta trabajando.)

4.- Al uniformizar los procedimientos constructivos a seguir por todo el personal que se dedica a las instalaciones hidráulicas, también nos da la oportunidad; de que para cualquier mejora al proceso que se quiera realizar se pueden utilizar las herramientas de simulación para conocer los resultados aproximados de los cambios que se realicen al proceso. Sin olvidar que el análisis del proceso que se emplee, se deben de utilizar técnicas que permitan evaluar cada aspecto del trabajo humano y los factores que afecten la eficiencia

y la economía, con el único objetivo de traer beneficios a la organización y control del sistema de construcción.

## REFERENCIAS:

1. Lilia Patricia Agraz Rodríguez, Marcelo Díaz Meneses , 22 de Agosto de 2003, La productividad en el proceso de restauración del Portal de Peregrinos del convento de "San Gabriel", Tesis profesional presentada por, como requisito parcial para obtener el título en Maestría en Gerencia de Proyectos de Construcción, Universidad de las Américas-Puebla.  
([http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/agraz\\_r\\_lp/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/agraz_r_lp/)), 19 de Noviembre de 2007
2. <http://www.infonavit.gob.mx/>, 26 de Agosto del 2007
3. <http://www.issste.gob.mx/fovissste/>, 7 de Octubre del 2003
4. <http://www.fonhapo.gob.mx/pagina/somos1.htm>, 10 de Octubre de 2003
5. [http://tamarugo.cec.uchile.cl/~cabierta/libros/l\\_herrera/iq54a/introduc.htm](http://tamarugo.cec.uchile.cl/~cabierta/libros/l_herrera/iq54a/introduc.htm), 20 de Octubre de 2003
6. <http://www.tecnologiaycalidad.galeon.com/calidad/14.htm>, 20 de Octubre de 2003
7. Mark A. Curtis, 1996, Planeación de Procesos, Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores, México, D. F.
8. Hernán de Solminihaç T., Guillermo Thenoux Z, 2002, Procesos y técnicas de construcción, Editorial Alfaomega, México, D. F.
9. Peurifoy, R. L. (Robert Leroy), 1963, Métodos, planeamiento y equipos de construcción, Editorial Diana.
10. Elíseo Gómez, Senent Martínez, 2001, El Proyecto, Diseño en Ingeniería, Editorial Alfaomega, México, D. F.
11. [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/balanceodelinea/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/balanceodelinea/), 17 de Noviembre de 2007
12. [http://www.nafin.com/portalfnf/files/pdf/produccion5\\_2.pdf](http://www.nafin.com/portalfnf/files/pdf/produccion5_2.pdf), 12 de Noviembre 2007
13. Metrología Rosés, [www.microtecnic.com](http://www.microtecnic.com), 22 de Abril de 2004
14. <http://www.southlink.com.ar/vap/materiales.htm> , 27 de mayo de 2004

15. <http://calidad.umh.es/curso/procesos.htm#1>, 17 de Noviembre de 2007
16. Esteva Loyola, Ángel, 1996, Análisis para proyecto y evaluación de edificios y otras construcciones, Instituto Politécnico Nacional, México, D. F.