



REPORTE FINAL



Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas
Instituto Politécnico Nacional

ISSN en trámite

Reserva de derecho 04-2008-082212221300-203

Número Especial de Fin de Año 2008

Cierre de año de los Proyectos de Investigación en UPIICSA

**VISITA LOS INTERESANTES
PROYECTOS PIFI
DESARROLLADOS EN UPIICSA**



EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION DE UPIICSA
LES DESEA UNA FELIZ NAVIDAD UN PROSPERO
AÑO 2008

RESULTADOS FINALES PIFI



EVENTOS INTERNACIONALES

REPORTE FINAL

DIRECTORIO

Dr. José Enrique Villa
Director General

Efrén Parada Arias

Secretario General

Yoloxochitl Bustamante Diez

Secretaria Académica

Luís Humberto Fabila Castillo

Secretario De Investigación Y Posgrado

José Madrid Flores

Secretario de Extensión e Integración Social

Héctor Leonardo Martines Castuera

Secretario De Servicios Educativos

Luís Antonio Ríos Cárdenas

Secretario Técnico

Mario Alberto Rodríguez Casas

Secretario De Administración

Luís Eduardo Zedillo Ponce de León

Secretario Ejecutivo de la Comisión de Operación y Fomento de las Actividades Académicas

Jesús Ortiz Gutiérrez

Secretario Ejecutivo del Patronato de Obras e Instalaciones

Luís Alberto Cortes Ortiz

Abogado General

Fernando Fuentes Muñiz

Coordinador De Comunicación Social

UPIICSA

Jaime Martínez Ramos

Director

Manuel J. Guerrero Briceño

Subdirector Académico

Mauricio J. Procel Moreno

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

Josefina Gonzáles De La Riva

Subdirectora de Extensión y Apoyo Académico

Jaime A. Meneses Galván

Subdirector Administrativo

Reporte Final

Juan José Hurtado Moreno

Editor Y Coordinador General

Miguel Ángel Flores López

Lázaro Cremades O.

Enrique Curiel Reina

Margarita Gonzáles,

Pedro Guevara López,

Herve Jegat,

Francisco López Monzalvo,

Gustavo Gerardo Martines Rodríguez,

José de Jesús Medel Flores,

Juvenal Mendoza Valencia,

Domingo Páramo López

Eric Rosales Peña Alfaro,

Luís Sandía Rondon,

Raúl Junior Sandoval Gómez,

Jesús Manuel Reyes García

Comité Editorial

Jiménez Villanueva Kenia Yadira

Ballesteros Vázquez Cristóbal Arturo

Diseño, Fotografía

Av. Té 950 Col. Granjas México, Del. Iztacalco

CP 08400 México, DF

TEL: 5624 2000 Ext. 70265, 70276

Correo electrónico: hurtadopiicsa@yahoo.com

jhurtado@ipn.mx

UPIICSA (ISSN EN TRAMITE). Es una publicación de la **Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas** del Instituto Politécnico Nacional, Registro de Reserva de Derechos al Uso exclusivo: O4-2008-082212221300-203 certificados de licitud de contenidos en trámite. Para su publicación, los artículos son sometidos a arbitraje, y su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores, y no presenta necesariamente, el punto de vista de la Institución. Editada por el Departamento de Investigación de la UPIICSA, TE 950, Colonia Granjas-México, CP.08400, México, D.F. Edición electrónica

Portada: Diseño del Comité Editorial.

EDITORIAL

El Departamento de investigación de UPIICSA presenta su primer número especial de la revista REPORTE FINAL, que da continuidad a la divulgación de artículos producidos por investigadores, alumnos y maestros de la UPIICSA.

Este número es especial porque reúne producción de temas variados que no alcanzaron en tiempo para ser publicados en los números normales, y que consideramos importante publicar para mantener su pertinencia, y de esa manera contribuir a estimular a nuestra comunidad, que puede constatar que los tiempos para analizar y decidir sobre su publicación lo que permite ser considerados como competitivos ante otros órganos de difusión.

Este número contiene artículos sobre fractales y su relación con los medios ingenieriles, pronósticos sobre la variación de precios del petróleo, propuestas de un sistema de contingencias de protección civil, el turismo como una opción ante la crisis del petróleo, la aplicación de la distribución Weibull en Ingeniería, y aplicaciones de diseño de experimentos.





REPORTE FINAL



Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas
Instituto Politécnico Nacional

| | |
|---|-----|
| <u>SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA: MAQUINADO POR RAYO LÁSER.....</u> | 4 |
| <u>MANUFACTURA ESBELTA: ESTANDARIZACIÓN DE OPERACIONES.....</u> | 18 |
| <u>CONDICIONES AMBIENTALES: CONTRASTES ENTRE EL ENTORNO EDUCATIVO DE LA UPIICSA Y LA INDUSTRIA MEXICANA.....</u> | 29 |
| <u>CREACIÓN DE UNA “CÉLULA DE TRABAJO” EN EL ÁREA DE EMBARQUES Y TALLER 21 DE MEXICANA DE AVIACIÓN.....</u> | 50 |
| <u>EL AGUA DE LIMÓN... UN DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....</u> | 61 |
| <u>EL TURISMO MEXICANO COMO UNA OPCIÓN DE INGRESO DE DIVISAS, ANTE LA ESCASEZ DEL PETRÓLEO.....</u> | 67 |
| <u>VARIACIÓN DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO: SU REPERCUSIÓN AL PRESUPUESTO DEL IPN PARA EL AÑO 2009.....</u> | 76 |
| <u>CARTA DE PROBABILIDAD DE WEIBULL.....</u> | 83 |
| <u>¿QUÉ ES EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y CUÁLES SON SUS TÉCNICAS?.....</u> | 96 |
| <u>PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTINGENCIAS DE PROTECCIÓN CIVIL, ANTE EVENTUALIDADES DE AFECTACIÓN A CENTROS EDUCATIVOS EN EL DISTRITO FEDERAL.....</u> | 102 |
| <u>INCORPORACIONES TECNOLÓGICAS E IMPACTO EN LAS ORGANIZACIONES: UNA APLICACIÓN.....</u> | 106 |
| <u>PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE 5S ENFOCADO EN EL FACTOR HUMANO.....</u> | 112 |
| <u>EMBUTIDO PROFUNDO RÁPIDO Y EFICIENTE SIN PRENSAS: ROBOFORMING.....</u> | 125 |
| <u>DISEÑO DE PROTOTIPO: “MECANISMO DE CIRCULOTRIGONOMÉTRICO”.....</u> | 131 |



Sistemas avanzados de manufactura:

Maquinado por Rayo Láser

Ing. Alfonso Cristian García Hernández

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Unidad Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA), del Instituto Politécnico Nacional (IPN), Av. Té 950, Granjas México, Iztacalco, 08400, México, D. F., tel.: 56-24-20-00, ext. 70037, correo electrónico: kryztyan@walla.com.

RESUMEN

En los últimos años se han desarrollado no solamente los controles computarizados de los procesos de manufactura, o los de manejo de materiales, como el caso de los robots. Países como Alemania, Suiza, Japón, China e India, por mencionar algunos de los más sobresalientes, han logrado desarrollar nuevas formas de agregar valor a las materias primas: los sistemas avanzados de manufactura. En esta nueva categoría se encuentra el maquinado por rayo láser, cuyo desarrollo en los países manufactureros de primer mundo, lo ha llevado al surgimiento del Fiber Laser, es decir, el láser a base de fibra óptica.

PALABRAS CLAVE

Láser, fibra óptica, maquinado por rayo láser, procesos de manufactura avanzada, Fiber Laser, LASER, Laser Beam Machining, Laser Technology, Laser Machining.

1 INTRODUCCIÓN

El procesamiento con láser se basa en principios descubiertos recientemente. La palabra LASER, es un acrónimo en inglés de la frase: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificación de luz mediante la emisión simulada de radiación). El proceso depende de la interacción de un rayo de luz intenso, altamente manipulable, factible y monocromático, y de una pieza de trabajo de la cual se va a fundir o remover material, sin excluir el cambio de sus propiedades térmicas como objetivo final. La energía luminosa emitida por un láser tiene ciertas características que lo diferencian de otras fuentes luminosas:

- *Pureza de espectro:* La luz emitida por un láser es monocromática. El rayo puede ser enfocado mediante la aplicación de óptica simple.
- *Directividad:* el rayo es altamente colimable con ángulos de divergencia típicos de entre 10^{-2} y 10^{-4} radianes.



- *Alta densidad de potencia:* debido a su rayo de pequeña divergencia, toda la energía (del rayo) se puede coleccionar y enfocar en un área muy pequeña, lo cual puede llegar a producir altas densidades de potencia, del orden de 10^7 [W]/[mm]².

2 PRINCIPIOS TÉCNICOS FUNDAMENTALES

Los principios fundamentales involucrados en la manufactura láser se explican a nivel atómico. Como ya sabemos, los electrones en la órbita de un átomo pueden "saltar" hacia niveles de mayor energía (en órbitas fuera de su núcleo), mediante la absorción de cuantos de energía: calor, luz, reacción química, etc.

Cuando esto sucede, se dice que el átomo se encuentra en un estado "excitado", pudiendo emitir o radiar de manera espontánea la energía absorbida. De manera simultánea, el electrón cae de regreso a su órbita original o a un nivel intermedio. Si otro cuanto de energía es absorbido por el electrón mientras el átomo se encuentra en estado excitado, entonces el electrón radia dos cuantos de energía o fotones, cayendo inmediatamente después a su nivel original. La energía radiada tiene precisamente la misma longitud de onda que la energía que estimuló al sistema, por lo que ésta se amplifica como se muestra en la figura 2.1. Este es el principio básico de la operación de un láser.

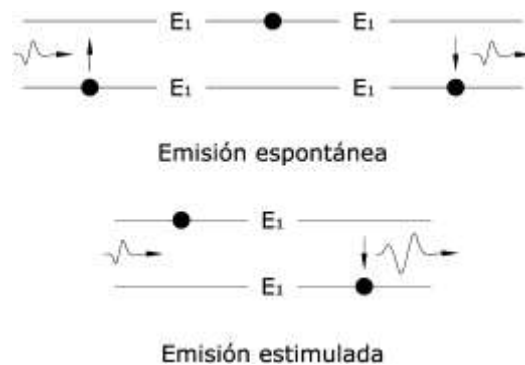


Figura 2.1 Interacción entre luz y materia (fuente: desarrollo personal con base en [1])

Muchos materiales pueden ser utilizados para experimentar una emisión estimulada, sin embargo, para construir un láser funcional se deben cumplir ciertas condiciones.

En primer lugar, la fuente de energía que proporciona el estímulo inicial debe ser suficientemente poderosa

para asegurar que existen más electrones en el nivel mayor de energía que en el menor, condición indispensable y necesaria para la operación conocida como inversión de población.

La segunda condición requerida para producir un láser es proporcionar un



mecanismo de retroalimentación que capture y redireccione una porción de fotones coherentes de regreso hacia el medio activo, con el objeto de estimular la emisión de más fotones de la misma frecuencia y fase. El mecanismo de retroalimentación se diseña de tal manera que permita que un pequeño porcentaje de fotones se escape del sistema en forma de luz láser, aunque la mayoría de los fotones debe permanecer disponible para que se pueda mantener el proceso de amplificación.

Láser a base de gas

El principio de trabajo de un láser a base de gas consiste en una cavidad

hecha de tubo de vidrio, la cual contiene el medio activo del láser, es decir, el gas a baja presión. La energía necesaria para estimular los átomos o las moléculas del gas es entregada por medio de descargas eléctricas, suministradas por una fuente de alimentación de alto voltaje. Al colocar espejos paralelos en los extremos del tubo se establece el mecanismo de retroalimentación requerido. Uno de los espejos debe tener una capacidad de reflexión cercana al 100%, mientras que el otro debe ser parcialmente transparente para permitir la salida del láser. En la figura 2.2 puede observarse un esquema del láser a base de gas.

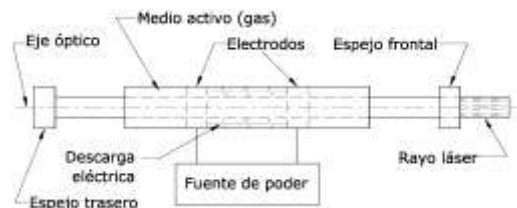


Figura 2.2 Esquema del láser a base de gas (fuente: desarrollo propio con base en [1])

Cuando se aplica electricidad al gas se forma plasma y los fotones se emiten en todas direcciones. El pequeño porcentaje de ellos, que fue emitido a lo largo del eje óptico del tubo o resonador, se refleja en los espejos para proporcionar amplificación, mientras que los fotones que no

fueron emitidos a lo largo del eje se pierden y son disipados en forma de calor desperdiciado. El resultado es una luz firme y una parte de ella se emite a través del espejo translúcido, donde se enfoca para incrementar su densidad de potencia. Esta situación se ilustra en la figura 2.3.



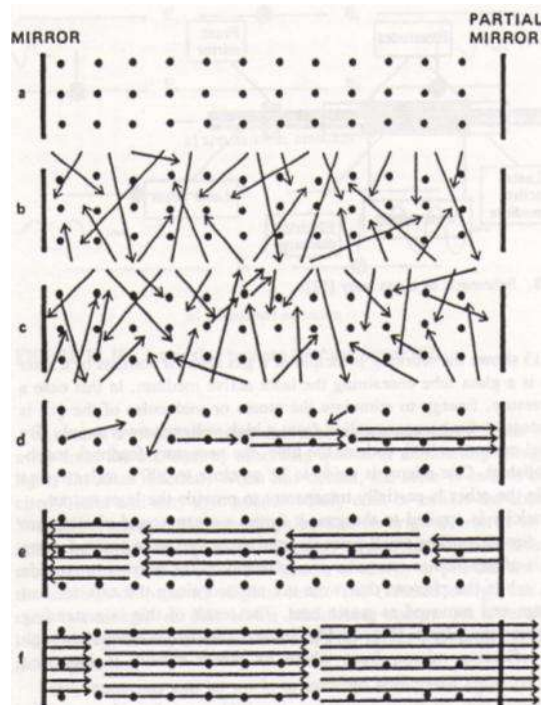


Figura 2.3 Transición de condiciones no aptas a aptas para general el láser (fuente: [1])

Equipo

Dado el hecho de que diversos medios activos para el láser tienen características y capacidades diferentes, los láseres resultantes de cada variante tienen parámetros de salida distintos, no obstante, solamente unos cuantos poseen la capacidad adecuada para ser usados en procesos de maquinado, por lo que los láseres se clasifican de acuerdo a su medio activo, que puede ser sólido, líquido o gas. Los tipos más utilizados en el maquinado son el láser a base de CO_2 y el láser de estado sólido.

Un láser a base de gas CO_2 contiene de manera típica otros gases mezclados como medio activo: He y N_2 . El CO_2 suministra los niveles de energía necesarios para la operación,

el He proporciona refrigeración en el interior de la cavidad, y el N_2 mantiene los niveles de energía mayor, poblados durante las colisiones. El láser a base de CO_2 opera a una longitud de onda de $10.6[\mu\text{m}]$, ya sea en pulsos o en onda continua. En los láseres a base de gas de alta potencia, la salida disponible se ve limitada por la capacidad de enfriar el gas y estabilizar su descarga adecuadamente.

En el caso de los láseres de estado sólido, éstos consisten en un material cristalino o vidrio huésped, y un aditivo para proporcionar la reserva de iones activos necesarios para la producción del láser. Los láseres originales de estado sólido utilizaban rubí (Al_2O_3), con un contenido de



impurezas de 0.05% de Cr_2O_3 , como medio activo para el láser. Otro de los láseres de estado sólido más comunes es el Nd:YAG, que utiliza simplemente un cristal de itrio aluminio granate (Yttrium Aluminum Garnet), en forma de barra de extremos paralelos planos, que se encuentran ópticamente aterrizados, pulidos y contaminados con Neodimio (Nd), como medio activo para el láser. Este láser es relativamente eficiente, permite tasas altas de pulso y puede ser operado con un sistema simple de enfriamiento. El láser de Nd:YAG

opera con una longitud de onda de $1.06[\mu\text{m}]$ y a diferencia de los demás láseres de estado sólido, puede ser operado en modo de pulsos o de onda continua. Debido a que este láser se aísla eléctricamente, no puede ser alimentado por una excitación eléctrica, por lo que se utilizan lámparas de descarga de flash de xenón y de mercurio a alta presión, para generar un flujo de luz intenso. La luz es absorbida por el medio y colimada en un rayo láser (ver figura 2.4).

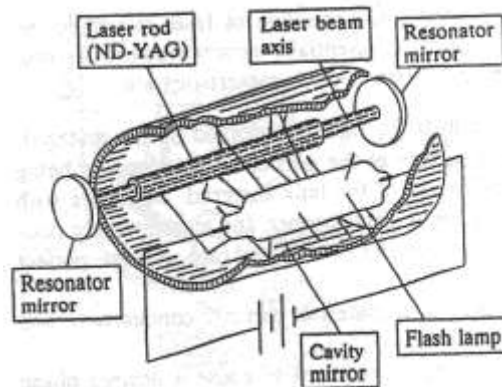


Figura 2.4 Diagrama deláser de estado sólido Nd:YAG (fuente: [1])

En los láseres de estado sólido, la remoción del calor disipado como desperdicio es un problema fundamental. El radio de la barra se limita de tal manera que cubra la necesidad de conducir calor en exceso alrededor su refrigerada periferia. Este requerimiento dispone un límite superior práctico sobre el poder que puede extraerse por unidad de longitud de barra y por consecuencia,

por sistema. Los sistemas más comunes de enfriamiento son agua, de agua a aire, de agua a agua y agua refrigerada recirculada.

Debido a las grandes velocidades de procesamiento, inherentes a los sistemas de láser, éstos se controlan mediante computadoras. Los diseños de las máquinas varían de acuerdo a los requerimientos de cada aplicación, desde un simple barrenado



bidimensional, hasta un maquinado complejo en siete ejes, donde el movimiento principal puede ser logrado por la mesa donde se sujeta la pieza o por el rayo láser o por una combinación de ambos movimientos.

En el maquinado por rayo láser la reflectividad y la conductividad térmica de la superficie de la pieza de trabajo, su calor específico, sus calores latentes de fusión y de evaporación, son parámetros físicos importantes, ya que el proceso en general se vuelve más eficiente

cuando dichos parámetros tienen un valor pequeño. La profundidad de corte en el maquinado por rayo láser puede expresarse como:

$$t = \frac{CP}{vd}$$

Donde,

t: profundidad de corte

C: constante para el proceso

P: entrada de potencia

v: velocidad de corte

d: diámetro del punto del láser

Los picos de densidad de energía de los rayos láser se encuentran en el intervalo de 5 a 200 [kW]/[mm]².

3 CAPACIDADES DEL PROCESO Y APLICACIONES

Aplicaciones

Existen varios tipos de láseres utilizados en la industria además de los ya mencionados en la sección

anterior, por ejemplo el Nd:vidrio, rubí y el Excimer (Excited Dimer, dímero excitado). En la tabla 3.1 pueden observarse algunas aplicaciones comunes para cada tipo de láser.

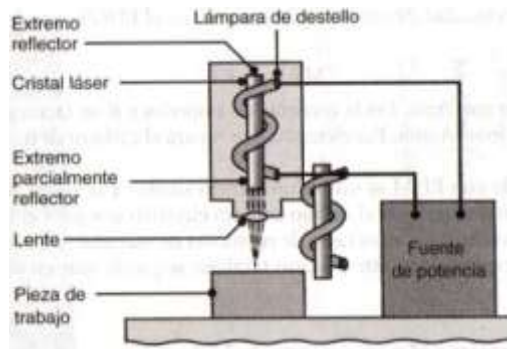
| Aplicación | | Tipo |
|-------------------------|-----------|--|
| Corte | Metales | PCO ₂ , CWCO ₂ , Nd:YAG, rubí |
| | Plásticos | CWCO ₂ |
| | Cerámicos | PCO ₂ |
| Barrenado | Metales | PCO ₂ , Nd:YAG, Nd:vidrio, rubí |
| | Plásticos | Excimer |
| Grabado | Metales | PCO ₂ , Nd:YAG |
| | Plásticos | Excimer |
| | Cerámicos | Excimer |
| Tratamiento superficial | Metales | CWCO ₂ |
| Soldadura | Metales | PCO ₂ , CWCO ₂ , Nd:YAG, Nd:vidrio, rubí |

Nota: P: por pulsos, CW: onda continua.



Tabla 3.1 Aplicaciones generales de los rayos láser en la manufactura (fuente: [2])

Por lo general, la superficie producida por el rayo láser es rugosa y tiene una zona afectada por el calor, que en aplicaciones críticas, tal vez sea necesario retirar o darle el tratamiento térmico. El ancho del corte es un factor a considerar, como en los demás procesos de corte. En la figura 3.1 se muestra un esquema del proceso de maquinado por rayo láser, y en la figura 3.2 se muestra un ejemplo de láser



Nd:YAG.

Figura 3.1 esquema de maquinado por rayo láser (fuente: [2])

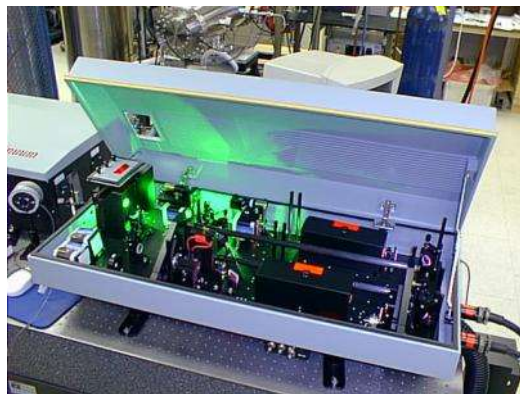


Figura 3.2 Láser Nd:YAG (fuente: [3])

Los láseres pueden utilizarse en combinación con una corriente de gas (como oxígeno, por ejemplo) a fin de aumentar la absorción de energía en el corte de lámina. Cuando se usa un gas inerte a alta presión, como nitrógeno o argón, el rayo láser puede utilizarse en el corte de láminas o

placas de acero inoxidable o aluminio, y además deja una arista libre de óxido, lo que beneficia al proceso de soldadura, es decir, aumenta la soldabilidad de las piezas. Las corrientes de gas cumplen otra importante función: retiran el material fundido y vaporizado de la superficie por medio del soplado.



Capacidades

El maquinado por rayo láser se utiliza en operaciones de barrenado, trepanado y corte de diversos materiales, como metales, plásticos,

madera, cerámicos y compósitos. En la figura 3.3 se muestra un ejemplo de aplicación en corte de lámina.

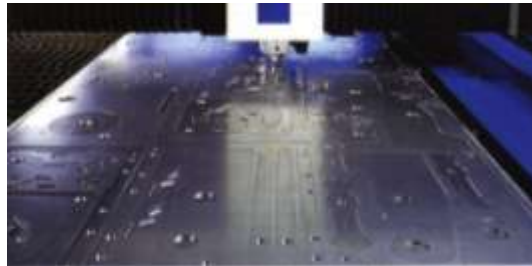


Figura 3.3 Ejemplo de aplicación de un láser de CO₂ en el corte de lámina (fuente: [3])

La naturaleza abrasiva de los materiales compósitos y la limpieza de la operación, han hecho que el maquinado por rayo láser sea una opción más atractiva que los métodos convencionales. Se pueden producir orificios de 0.005 [mm] (0.0002”), con una relación de profundidad de 50:1 en diversos materiales, aunque

el mínimo práctico es del orden de 0.025 [mm] (0.001”). El espesor máximo de una placa de acero que se puede cortar con rayo láser es de 32 [mm] (1.25”). En la figura 3.4 se muestra un ejemplo de los espesores maquinables con rayo láser, de acuerdo al tipo de material.

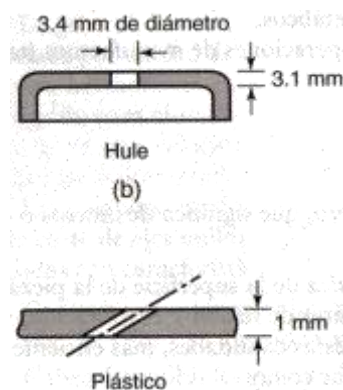


Figura 3.4 Tipos de materiales y espesores de posible maquinado con rayo láser (fuente: [2])

El maquinado por rayo láser se ha utilizado de manera creciente en las industrias electrónica y automotriz, por ejemplo, en el barrenado de

bombas de combustible y cajas de transmisión. En la industria aeronáutica también se utilizan para el barrenado del sistema de



enfriamiento de los álabes, en la primera etapa de producción de los motores de propulsión del Boeing 747. Este auge sigue en aumento gracias a los ahorros obtenidos mediante su aplicación en la producción de bienes de consumo de diversos giros.

A pesar de que comúnmente se utilizan los láseres en las operaciones de corte, también se han implementado con mucho éxito en soldadura, tratamiento térmico (superficial, a pequeña escala), grabado y fabricación de partes, letreros, códigos, identificación de productos, etc.

La flexibilidad natural de los sistemas de maquinado por rayo láser que incluye el empleo de soportes y estructuras sencillas, tiempos cortos de configuración, la variedad de capacidades eléctricas de las máquinas y su implementación conjunta con brazos robóticos de movimiento tridimensional, son las mayores ventajas de estos sistemas de maquinado. Sin embargo, debe tenerse precaución extrema al emplear los láseres, ya que pueden provocar daños a la retina del ojo humano, principalmente.

Consideraciones de diseño

Para que el maquinado por rayo láser sea completamente aprovechado por las organizaciones, es necesario que las piezas o productos a fabricar con

esta tecnología se diseñen previamente, considerando los siguientes lineamientos generales:

- a) Evitar diseños con esquinas agudas, pues es difícil producirlas.
- b) Los cortes profundos producen paredes cónicas.
- c) La reflectividad de la superficie de la pieza de trabajo es importante; se prefieren superficies mate y sin pulir.
- d) Se debe considerar e investigar el efecto en las propiedades de cada material debido al calentamiento local.

Integración de las funciones de manufactura

Las organizaciones de la actualidad están conformadas por grupos de trabajo interdisciplinarios, donde se aplica la inteligencia artificial y las tecnologías basadas en el conocimiento. Específicamente, las funciones del departamento de manufactura como diseño, planeación del proceso, planeación y control de la producción y administración de operaciones son los cimientos de la "manufactura inteligente": las empresas incluyen en sus procesos de operación el control de calidad del producto terminado, donde los rechazos se canalizan a otras áreas para que se tomen las acciones correctivas correspondientes. En sus líneas de producción existe por lo regular el mantenimiento preventivo y



correctivo. En los departamentos de ingeniería y procesos se implementa la automatización, la simulación y se persigue la optimización de todos los recursos. En el diseño de los productos se utiliza la física y la estadística como herramientas inteligentes. Se utiliza la administración de datos e información y los sistemas expertos. Finalmente, se aplica el conocimiento heurístico y cuantitativo en la manufactura.

Sin embargo, ¿cómo se incluye la manufactura con rayo láser en esta red de grupos interdisciplinarios? Prácticamente, de todo el abanico de alternativas tecnológicas de la actualidad, los láseres representan una de las mejores opciones. Por ejemplo, en control de calidad se han utilizado en los dispositivos de medición y escaneo de piezas, no solamente en laboratorios, sino en la línea de producción también. En esta categoría se incluye la clasificación automatizada de productos, la identificación de piezas, la inspección de fallas, la revisión de ensamblajes y los sistemas de visión y reconocimiento, aplicaciones no limitadas a la industria metalmeccánica.

Si se considera que la "manufactura inteligente" puede definirse como la capacidad de un proceso para autoregularse y autocontrolarse en la fabricación (dentro de especificaciones) de cualquier tipo de

producto, entonces, la manufactura por rayo láser se adapta perfectamente como parte de un sistema inteligente. En conjunto con los sistemas de detección y sensores en general, puede prescindirse de la necesidad de realizar pruebas destructivas y no destructivas, para garantizar la calidad de los productos. El acabado que se logra con esta tecnología, su flexibilidad, los ahorros que brinda al proceso productivo, su control computarizado, su comunicación con las terminales de diseño y modelado, su integración total en celdas de trabajo y el aprovechamiento máximo de la materia prima, representan una gran ventaja para los sistemas de manufactura inteligente.

4 FIBER LASER: LA EVOLUCIÓN

Uno de los desarrollos que han impactado al mundo de la manufactura de productos de lámina ha sido sin lugar a dudas el láser a base de fibra óptica (Fiber Laser). Este sistema entra en la categoría de los rayos láser de estado sólido y se basa en la implementación de fibras de "tierras raras" (últimos elementos en la tabla periódica), como contaminante en el medio activo para el láser. Las figuras 4.1 y 4.2 presentan un esquema genérico de la barra de fibra fotosensible contaminada a base de iterbio,



utilizada en la construcción de un láser de fibra óptica. Cabe mencionar que existen ciertas variantes de estas fibras, como la de doble recubrimiento y la de entrega de pulso, pero no se muestran sus figuras

correspondientes, pues no representan diferencias significativas en su construcción física y se pretende solamente ilustrar la situación general de la constitución de las fibras.

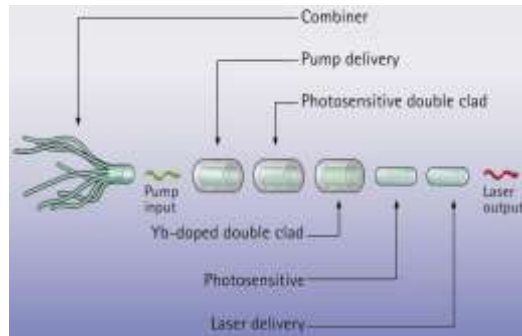


Figura 4.1 Componentes básicos de la barra para láser de fibra óptica (fuente: [g])

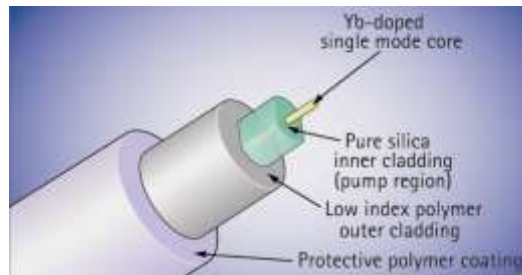


Figura 4.2 Construcción de la fibra óptica para láser (fuente: [g])

En la figura 4.1 puede observarse que este tipo de láser no varía en esencia de cualquier láser de estado sólido, pues se presenta un receptor de la onda de entrada, el medio activo (iterbio) y el extremo de entrega o salida del láser. En la figura 4.2 puede observarse claramente que la fibra consta de un núcleo de itrio, revestido de sílice puro, un segundo revestimiento de polímero y un recubrimiento protector de otro polímero.

En cuanto a la aplicación y características de operación de estos láseres, debe revisarse la siguiente

lista que enumera las diferencias significativas entre los láseres a base de CO₂ y el láser de fibra óptica:

1. El laser de fibra no incluye en su constitución partes movibles, como una turbina.
2. Está sellado herméticamente y no requiere presión constante en el resonador.
3. No necesita una bomba de vacío.
4. No necesita filtros, ventiladores o tubos de cuarzo que deban reemplazarse.
5. No existe un espejo dentro del resonador, es decir no requiere óptica interna.



6. No necesita tampoco espejos externos ni reflejantes.
7. No existen pérdidas por la presencia de nitrógeno o aire bombeado a través del rayo.
8. Como no requiere generador, no necesita una lámpara que deba reemplazarse.
9. No se necesita gas como medio de resonancia.
10. Requiere solamente un mínimo de refrigeración.
11. Ocupa menos espacio que el de CO₂.
12. Cuando se encuentra en modo Stand-by consume 11 veces menos energía que un láser a base de CO₂.
13. Un láser a base de CO₂ de 4[kW] consume 60 [kW] de energía, mientras que el de fibra consumen solamente 18 [kW].

Durante la exposición Euroblech 2008 se presentaron varias compañías que fabrican maquinaria que incluye láseres de fibra óptica, pero el crédito debe darse a la compañía que logró el primer sistema productivo con esta aplicación: Shajanad Laser Technology. Esta compañía hindú, inspirada por abatir el costo en la producción de diamantes se dedicó durante una década a la investigación experimental y desarrollo de la tecnología del láser de fibra óptica. En el año 2002 sacó al mercado su modelo Brahmastra (que significa arma máxima). En el año 2005 se realizó la primera instalación de un sistema completo en una compañía de la India. La máquina tiene un láser de 1[kW] de potencia, un controlador de Siemens, una mesa de trabajo capaz de sujetar una lámina de 8 [mm] de espesor en acero al carbono y 6 [mm] en acero inoxidable. La figura 4.3 muestra este equipo.

Proveedores



Figura 3.4 Sistema de láser de fibra óptica Brahmastra de la compañía Sahajanand (fuente: [3])

En las figuras 4.4 a 4.6 se muestran equipos de los diversos proveedores de sistemas con láser de fibra óptica que se dieron cita en la Euroblech 2008.





Figura 4.4 Sistema Platino de la compañía Prima Industrie (fuente: [3])



Figura 4.5 Sistema LaserCell 6005 de la compañía Trumpf (fuente: [3])



Figura 4.6 Sistema Mobilas de Schuler (fuente: [f])

5 COMENTARIOS

Durante la visita a la Euroblech 2008 se pudo apreciar un derroche de tecnología impresionante. Las compañías participantes presentaron sus mejores productos e hicieron demostraciones de los equipos que promocionan en la actualidad. Todas las máquinas y los sistemas en general son muy interesantes, sin

embargo algo de lo más sorprendente e innovador fue el láser de fibra óptica, integrado a celdas completas de formado de productos de lámina.

En nuestro país este tipo de sistemas de manufactura avanzada no ha tenido tan extensa difusión, de hecho no existe publicidad de sistemas convencionales de maquinado por rayo láser, por lo tanto, resulta difícil que pueda encontrarse algo



relacionado a los sistemas de láser de fibra óptica. Parece algo muy lejano, de ciencia ficción, pero en los países de economía creciente y primer mundo, es una realidad que beneficia económica a las empresas manufactureras.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alting, L. (1994). Manufacturing Engineering Processes. New York: Marcel Dekker Inc.
2. Kalpakjian, S. & Schmid, S. R. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación de México.
3. Mazumder, J., Lurie, R. H. & Arbor, A. (2008). Intelligent Manufacturing: The Role of Lasers and Optics. Laser Systems Europe. Laser Institute of America (1) Autumn 2008, 29-28.

7 REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- a. Dave, S. J. (2008). FIBER LASER: faster, faithful, + fascinating. http://www.industrial-lasers.com/display_article/316174/39/ARCHI/none/Feat/FIBER-LASER:-faster,-faithful,-+-fascinating. Available on 17-XI-2008.
- b. Schnell, U. (2007). Fügen, Formen und Härten mit dem Laser.

<http://www.maschinenmarkt.vogel.de/themenkanaele/mmmaintainer/messenundueberwachen/emissionsmessung/articles/63026/>.

Available on 17-XI-2008.

- c. Schreier, J. (2007). Premium Laser Job Shop mit Ambitionen. <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/themenkanaele/produktion/trenttechnik/articles/66161/>. Available on 17-XI-2008.
- d. Schreier, J. (2007). Projekt „LaserZentrumNord“ stellt sich vor. <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/themenkanaele/produktion/trenttechnik/articles/95265/>. Available on 17-XI-2008.
- e. Schreier, J. (2008). Laser-Job-Shop mit 20 Jahren Innovationserfahrung. <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/themenkanaele/produktion/trenttechnik/articles/140631/>. Available on 17-XI-2008.
- f. Schuler Website. (2008). Lasertechnik. <http://www.schulergroup.com/de/10-Anlagen-Verfahren/11-Lasertechnik/index.html>. Available on 17-XI-2008.
- g. StockerYale Website. (2008). Fiber for Fiber Lasers. <http://www.stockeryale.com/o/fiber/fiberforfiberlasers.htm>. Available on 17-XI-2008.



Manufactura Esbelta: Estandarización de Operaciones

María del Rosario Alvarez Hernández

Avenida Oriente 108, esquina Sur 169, Número 3202, Colonia Ramos Millán, Delegación Iztacalco, México Distrito Federal, CP 08000.
Teléfono: 59 35 29 01. Correo electrónico: marosario.alvarez@gmail.com

MC José Manuel García Córdova

2do Callejón de Independencia No. 31-4 Con San Andrés Tetepilco C.P. 09440 México D.F. Tel (01 55) 21 95 60 67 Correo Electrónico: jgarcia@ipn.mx, jmgarco@yahoo.com.mx

RESUMEN

En el Departamento de Embarques y Taller 21 que pertenece a la Base de Mantenimiento de los aviones de una aerolínea, se realizó un levantamiento de información que arrojó como resultado la identificación de las deficiencias en el proceso de empaque y embalaje de los componentes que son removidos de los aviones y que deben ser enviados

a reparación a talleres tanto nacionales como internacionales.

A través de las técnicas de análisis (Pareto e Ishikawa) se detectó que las deficiencias son derivadas de la inexistencia de un proceso estandarizado que permita disminuir costos y desperdicios de tiempo.

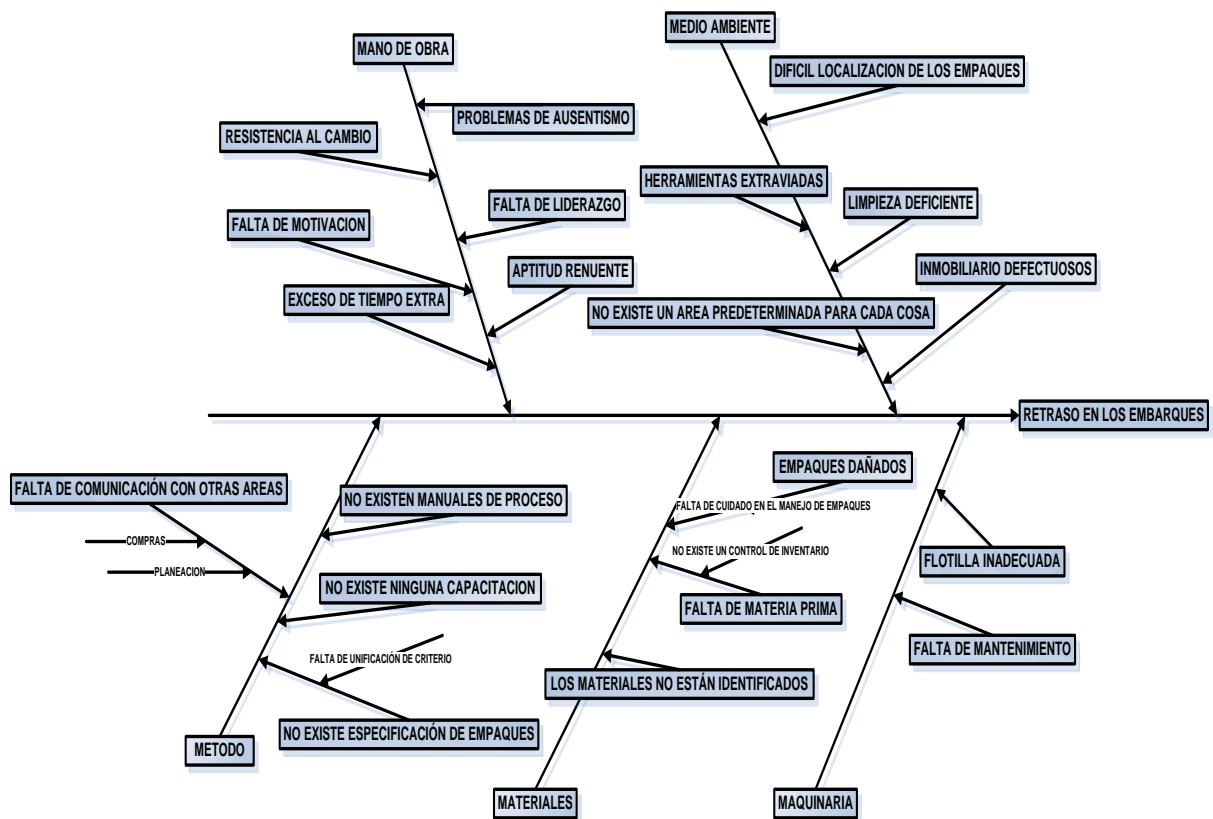


Diagrama de Pescado o de Ishikawa

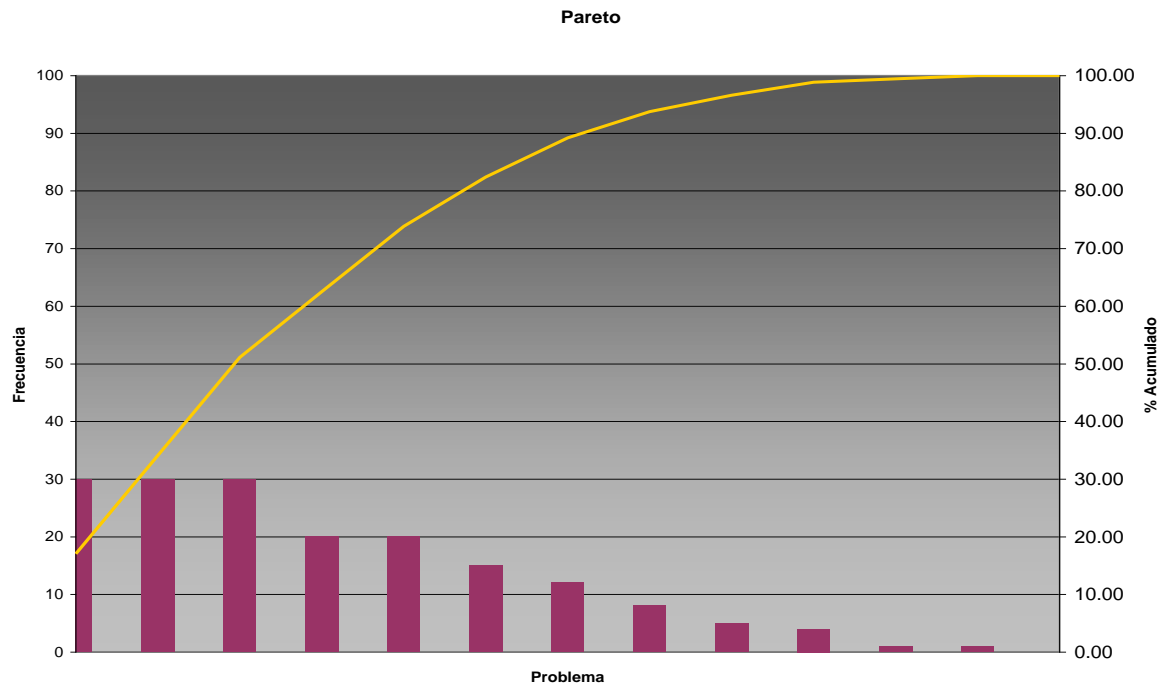


PARETO

| No. | PROBLEMA | Frecuencia | Frecuencia Acumulada | % |
|-----|---|------------|----------------------|--------|
| 1 | Los materiales de trabajo no están identificados. | 30 | 30 | 17.05 |
| 2 | Espacio poco óptimo para la tarea de embalaje. | 30 | 60 | 34.09 |
| 3 | Sobreinventario de componentes en WIP (<i>Work in process</i>) | 30 | 90 | 51.14 |
| 4 | Envío de componentes críticos con varios días de retraso debido a la falta de documentación de Embarque. | 20 | 110 | 62.50 |
| 5 | El área de compras demora bastante tiempo en enviar la Orden de Compra del componente a ser reparado. | 20 | 130 | 73.86 |
| 6 | No existe un proceso para la selección del contenedor adecuado para embalar el componente. | 15 | 145 | 82.39 |
| 7 | Se reciben componentes en el Departamento de Embarques y Taller 21, aun cuando no tienen la tarjeta roja y provoca poca visibilidad de ellos en el resto del proceso. | 12 | 157 | 89.20 |
| 8 | Objetos sin utilidad para el área de embarques, los cuales se encuentran estorbando a la operación. | 8 | 165 | 93.75 |
| 9 | Componentes que tienen meses sin ser enviados a reparación porque no tienen la información necesaria de embarque. | 5 | 170 | 96.59 |
| 10 | Se envían componentes a reparación al ser removidos varias veces del mismo lugar. | 4 | 174 | 98.86 |
| 11 | Se envían componentes a reparación a proveedores externos en USA*, cuando éstos tenían garantía con el proveedor. | 1 | 175 | 99.43 |
| 12 | Se envían componentes a reparación a proveedores en USA, aun cuando éstos ya eran totalmente inservibles | 1 | 176 | 100.00 |
| 13 | Contenedores dañados. | 0 | 176 | 100.00 |
| | Total | 176 | | |

Tabla 1 .Análisis de Pareto.





Este grafica presenta todos los problemas que se observaron durante todo el estudio, sin embargo para fines de este articulo, solo tratara del uso de la técnica de estandarización de operaciones.

Los costos elevados de envío se deben a que las empresas de mensajería

PALABRAS CLAVE

Manufactura Esbelta: Conjunto de herramientas de manufactura, basadas en la filosofía japonesa a través del Sistema de Producción Toyota, que tiene por objetivo la reducción de desperdicios en la Empresa.

Empaque: Incluye las actividades de diseñar y producir el recipiente o la envoltura para un producto. Su

INTRODUCCIÓN

En el mundo globalizado en el que nos encontramos hoy en día, se hace indispensable que las empresas sean más competitivas si desean seguir en el mercado. Y para que una empresa sea competitiva debe brindar a los consumidores la mejor calidad, un precio justo y buen nivel de servicio

fijan sus tarifas según el peso o el volumen de los empaques. Por lo tanto el proceso estandarizado deberá tener como objetivo principal obtener componentes empacados y embalados en contenedores con el menor volumen posible sin afectar la estabilidad de éstos así como su trazabilidad.

objetivo primordial es el de proteger el producto.

Embalaje: son todos los materiales, procedimientos y métodos que sirven para acondicionar, presentar, manipular, almacenar, conservar y transportar una mercancía, debe satisfacer tres requisitos: ser resistente, proteger y conservar el producto.

de los productos y/o servicios que coloca en el mercado.

Aunque no es tarea fácil obtener la mejor calidad a un precio competitivo, debido a que en ocasiones los costos de fabricación son elevados y éstos son cargados al precio final del producto o bien, la empresa los



absorbe como gastos y por lo tanto se traducen en pérdidas.

Sin embargo, afortunadamente, existe una filosofía que precisamente tienen por objetivo la disminución de los costos y gastos de producción a través de la reducción y/o eliminación de los desperdicios que se generan en la empresa y que no agregan valor al producto final: es la filosofía Manufactura Esbelta que surge a partir del Sistema de Producción Toyota, cuyos autores fueron los Ingenieros japoneses Shigeo Shingo y Taiichi Ohno.

Esta filosofía se basa en varias herramientas de manufactura que atacan problemas específicos de la empresa y que en conjunto aumentan la productividad de ésta. Entre estas herramientas se encuentran el Sistema de 5's (Herramienta que nos ayuda a mantener el área de trabajo libre de agentes dañinos y a mejorar la visibilidad de los procesos, así como a motivar a los trabajadores del área), Poka-Yoke (Herramienta que facilita la detección de errores antes de llegar a un reproceso), SMED (Técnica que nos da soporte para reducir al máximo el tiempo invertido en el cambio de herramientas), Kanban (Técnica que nos permite tener el control adecuado de los materiales requeridos en el piso de producción para realizar el proceso productivo,

IMPLEMENTACIÓN DE ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUE Y EMBALAJE.

En el Departamento de Embarques y Taller 21 se detectó que los contenedores requeridos para el envío de componentes a su destino de reparación, no se encuentran estandarizados, es decir, los operarios toman el contenedor que según su *expertise* es el mejor para enviar el material a su destino, por lo que el mismo tipo de componente podrá ser enviado en contenedores diferentes cada vez que sea necesario enviarlo. También se detectó que cada uno de

lanzando la señal oportuna cuando es necesario reabastecer de materia prima la línea de producción), Kaizen (Herramienta que busca la reducción de desperdicios a través de la mejora continua y la cultura de participación de todos los trabajadores del área), estandarización de operaciones (Técnica que permite identificar y documentar la manera más adecuada para realizar los procesos, aunque claro, siempre es susceptible de mejoras), Células administrativas (Técnica que permite la optimización del espacio físico, así como mejorar la comunicación de las áreas y la toma de decisiones), Mantenimiento Total Productivo (TPM) (Herramienta que permite tener en óptimas condiciones las máquinas y equipo de trabajo, ya que permite dar mantenimiento a los equipos, aun cuando no hayan ocurrido fallas aun), entre otras.

El caso práctico que se presenta en el presente trabajo es el utilizado para la reducción del tiempo invertido en el proceso de embarque de las partes (equipos y materiales de los aviones que tienen que ser enviados a diferentes destinos para su reparación), el cual consta de las actividades de empaque y embalaje de los componentes.

La herramienta de Manufactura Esbelta que se utiliza es la Estandarización de Operaciones.

los operarios que realizan el proceso de empaque y embalaje de los componentes a enviar lo hace de manera diferente y en ocasiones se envían los componentes en contenedores que no son adecuados para éstos.

Por lo tanto se propone la estandarización del proceso de empaque y embalaje de los componentes aprovechando que el Departamento de Embarques y Taller 21 cuenta con un ERP que administra los recursos del área.



Del universo de datos que se tienen, se tomo una muestra y se seleccionó el componente con mayor movimiento durante el año 2007.

Se utilizará el componente (de la familia T2) que ha tenido mayor movimiento, según los datos generados en el año 2007 y que se

tomará como ejemplo para diseñar la especificación de empaque para los demás componentes.

A continuación se analizan los datos antes mencionados en la tabla 2.

| PEDIDO | RCN | N/P | SERIE | RAR | Fecha de envío. | PAIS | LARGO (CM) | ANCHO (CM) | ALTO (CM) | PESO REAL CON EMBALAJE (KG) | PESO VOLUMETRICO | MULTIPLIO SUPERIOR P.V | PESO TARIFARIO |
|-----------|---------|--------|----------|-------|-----------------|------|------------|------------|-----------|-----------------------------|------------------|------------------------|----------------|
| 400007513 | T200765 | 100313 | 26092358 | 40499 | 12/03/07 | USA | 75.00 | 70.00 | 25.00 | 50.00 | 21.88 | 22.00 | 50.00 |
| 400007514 | T200765 | 100313 | 11092403 | 40500 | 12/03/07 | USA | 75.00 | 70.00 | 25.00 | 50.00 | 21.88 | 22.00 | 50.00 |
| 400007515 | T200765 | 100313 | 11092405 | 40501 | 12/03/07 | USA | 75.00 | 70.00 | 25.00 | 50.00 | 21.88 | 22.00 | 50.00 |
| 400007973 | T200765 | 100313 | 11092406 | 41028 | 8/04/07 | USA | 80.00 | 75.00 | 30.00 | 54.00 | 30.00 | 30.00 | 54.00 |
| 400008082 | T200765 | 100313 | 11092408 | 41154 | 8/04/07 | USA | 80.00 | 75.00 | 30.00 | 54.00 | 30.00 | 30.00 | 54.00 |
| 400008143 | T200765 | 100313 | 11092407 | 41156 | 12/04/07 | USA | 80.00 | 80.00 | 30.00 | 54.00 | 32.00 | 32.00 | 54.00 |
| 400008868 | T200765 | 100313 | 11092410 | 42076 | 27/05/07 | USA | 75.00 | 70.00 | 30.00 | 50.00 | 26.25 | 26.50 | 50.00 |
| 400008901 | T200765 | 100313 | 26092357 | 42097 | 31/05/07 | USA | 90.00 | 90.00 | 40.00 | 53.00 | 54.00 | 54.00 | 54.00 |
| 400008902 | T200765 | 100313 | 11092411 | 42098 | 31/05/07 | USA | 90.00 | 90.00 | 40.00 | 53.00 | 54.00 | 54.00 | 54.00 |
| 400009363 | T200765 | 100313 | 11092403 | 42191 | 23/06/07 | USA | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 60.00 | 20.83 | 21.00 | 60.00 |
| 400009362 | T200765 | 100313 | 11092404 | 42213 | 23/06/07 | USA | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 60.00 | 20.83 | 21.00 | 60.00 |

Tabla 2. Análisis de datos

En esta tabla se analiza el componente T200765, el cual tuvo 11 pedidos para ser reparado en los Estados Unidos de América. En la tabla se puede observar que el mismo componente se empacó en contenedores de diferentes medidas de largo, ancho y alto, en la mayoría de los envíos, por lo que hubo diferencias en el peso con embalaje y en el peso tarifario. Lo anterior ocasiona que los costos se eleven, ya que las empresas de mensajería cobran el envío por peso o por volumen según convenga. Por lo que se propone que se realice una estandarización del empaque y embalaje, de tal manera que cuando la misma clase de componente deba ser enviado a reparación, ya exista la especificación de acomodo, dimensiones y peso final de componente y con ello enviar éste al menor precio posible, además de contar con la información para determinar con anticipación el costo del envío por mensajería externa.

PROCESO PARA EL ÓPTIMO FUNCIONAMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES DE EMPAQUE.

Como prerrequisito se recomienda que los operarios del área deberán conocer las políticas establecidas con respecto al Manual de especificaciones y embalajes ATA 300.

Paso 1. Realizar un inventario físico de los contenedores con el que cuenta el área para realizar el proceso de embalaje.

Los operarios del área deberán documentar el número de contenedores en buen estado con los que cuentan.

Una vez que se tenga el inventario de los contenedores del Departamento de Embarques y Taller 21, entonces se debe clasificar éste tomando como criterio las dimensiones (largo, ancho y alto) y el tipo de material.



Paso 2. Asignar un número de artículo para cada tipo de contenedor (según la clasificación anterior).

Se debe crear una base de datos en la que se identifique el contenedor con un número de artículo. Además los aditamentos y materiales de ayuda al empaque y embalaje deberán estar referenciados en el sistema.

Paso 3. Asignar una ubicación a los contenedores en el almacén designado para éstos tomando como referencia para su ubicación en los *racks* su número de artículo.

Paso 4. El ERP utilizado en el Departamento de Embarques y Taller

21 calculará por medio de la clasificación ABC de inventarios el punto de re orden de los contenedores y para los consumibles necesarios para el embalaje de los componentes, tales insumos son: hule espuma, cinta canela, etiquetas, esquineros, etc.

Paso 5. El supervisor o encargado del área y los operadores más experimentados, deben realizar las especificaciones de empaque. Por lo que se propone la siguiente especificación como versión inicial y se sugiere que sea mejorada y actualizada según los requerimientos futuros del Departamento de Embarques y Taller 21.



DESCRIPCIÓN DE EMPAQUE:
Cajado ATA:

Empaque/Empaquetación:
T200705

SECCION I

| Descripción | Numero del articulo | Materiales | Comentarios |
|----------------|---------------------|---------------------------------------|--|
| Caja caple | 12345678 | Castulón Caple | Introducir solo un componente |
| Caja corrugada | 87654321 | Cartón corrugado de 44.2 x 21.5 x 9.0 | Insertar 4 cajas (2 en 14 componentes) |
| Hilo resaca | | | Refuerzo de unión con hilo resaca |



SECCION II

| DESCRIPCIÓN | REFERENCIA | MATERIALES | COMENTARIOS |
|--|------------|------------------------------------|--|
| Etiqueta de empaque (Etiqueta A) | 22M0000001 | Papel autocopiable 15 x 10 cm | Pegar en cada caple de 1 componente (Cinta troquel) |
| Faja de etiquetas para manejo (Etiqueta B) | 22M0000002 | Papel autocopiable 10.2 x 5.1 cm | Pegar en caja con corrugada con los 4 componentes (los laterales, superior y inferior) |
| Placita de manejo | 22M0000003 | Capas autocopiables 10.1 x 12.7 cm | Pegar en cada caja corrugada con los 4 componentes (frontal) |
| Packing list closed | 22M0000004 | Hoja de packing list | Pegar en la tapa de la caja corrugada |
| Cinta de cierre | 22402010 | Cinta de cierre (cinta resaca) | Cierre caja con cinta |
| Etiquetas | 22402100 | Etiquetas | Colocar el contenido del caple (ver etiqueta) |
| Tarima | | Madera plástica de 120 x 80 cm | Colocar cajas en la tarima (ver imagen) |

NOTA IMPORTANTE:

NOTA: Esta etiqueta deberá estar pegada en el pallet ya armado y terminado (calcular 6, una por cara)

SECCION III

acomodo en tarima

Armede 4 cajas corrugadas de forma vertical (ver imagen), sella con cinta. Coloque 7 de estas cajas en una tarima de 120 x 80 cm, por ejemplo, como se muestra en la figura, intercambiando el acomodo de una cara a otra (máximo 5 caras), una vez terminado de armar el pallet colocar tres flejes de fleje como lo indica la figura y amarrando la tarima con este fleje. Empaque con película de empaque (mínimo 5 vueltas). Colocar cinta con el logo de Mexicana Embalaje e Imprimir el pallet ya empacado (mínimo dos vueltas), como se muestra en la figura y pegar la etiqueta Ship to.

PESO APROXIMADO Y VOLUMEN DE LAS CAJAS CON COMPONENTES

| CAJA | MEDIDA EXTERNA | MATERIAL | PESO REAL CON EMBALAJE | VOLUMEN |
|----------------|---------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
| Caja caple | 45 x 11 x 6.5 cm | caple | 5 kg | 32 500 cm ³ |
| Caja corrugada | 45.8 x 22.8 x 11 cm | cartón corrugado | 20 kg | 11280 28 cm ³ |
| Componentes | 120 x 80 x 70 cm | | 600 kg | 672000 cm ³ |

SECCION IV

Enviado de Embarque _____ Supervisor del área _____
 FECHA _____ FECHA _____

Figura 1. Especificación de Empaque y Embarque.



Cada una de las secciones de la hoja de especificación se describe a continuación:

En el encabezado se coloca el número de referencia del componente padre, el cual no es un producto en sí, sino que engloba a todos los materiales que se utilizarán para el empaque del componente a embarcar. Además deberá tener la última revisión realizada a la hoja de especificación para llevar un control de las actualizaciones (Ver punto 1)

En el punto 2 se deberá colocar la descripción del empaque y también el Capítulo ATA (es la clasificación que utiliza Mexicana de Aviación para los diferentes componentes que se manejan en los aviones (hidráulicos, eléctricos, mecánicos, etc.)), que como ya se mencionó anteriormente,

para se consideró el componente con mayor recurrencia de envío en el año 2007 para tomarlo como referencia.

En el punto 3, que es la Sección I de la hoja de especificación, se sugiere que se coloque la descripción de los componentes a utilizar para el empaque con su número de identificación (el cual deberá estar registrado en la base de datos del ERP utilizado en la Base de Mantenimiento); así como un texto descriptivo de los materiales y los comentarios en los cuales se deberá mencionar como es utilizado este material para el proceso de empaque.

Además se sugiere sea acompañado por gráficos que describan la manera de llevar a cabo el empaque de los componentes a enviar.

MEXICANA ESPECIFICACIÓN DE EMPAQUE Y EMBARQUE
00000001 Versión 1.0

2 DESCRIPCIÓN DE EMPAQUE: Empaque Exportación
Capítulo ATA: T200765 1

3

| Descripción | Número del artículo | Material | Comentarios |
|----------------|---------------------|---------------------------------------|--|
| Caja cable | 12345678 | Cartulina Cable | Introducir sólo un componente |
| Caja corrugada | 87654321 | Cartón corrugado de 44,5 x 21,5 x 9,8 | Insertar 4 cajas cable (4 componentes) |
| Hule espuma | | | Rellenar la caja con hule espuma |

Figura 2. Encabezado de la Hoja de Especificación de Empaque y Embarque.

En la siguiente figura se muestra la Sección II de la hoja de especificación, en donde en el número 4 se sugiere que se realice la descripción de las etiquetas y aditamentos que debe llevar el empaque. Además, colocar el número de referencia de éstos en la base de datos del Sistema, así como el texto descriptivo del material o aditamento

y en los comentarios se sugiere colocar la forma en como éstos deben estar en el empaque.

El número 5, describe como se deberán colocar las etiquetas en los contenedores.

En el número 6, se describe como deberán ser colocadas las etiquetas que contienen las direcciones destino del o los componentes embalados.



SECCION II

| DESCRIPCIÓN | REFERENCIA | MATERIAL | COMENTARIOS |
|---|------------|------------------------------------|---|
| Etiqueta de embalaje (Etiqueta A) | 22MX000001 | Papel autoadherible 15 x 10 cm | Pegar en caja caple de 1 componente (vista frontal) |
| Par de etiquetas para manejo (Etiqueta B) | 22MX000002 | Papel autoadherible 10,2 x 5,1 cm | Pegar en caja con corrugada con los 4 componentes (las laterales deberán ir juntas) |
| Etiqueta de manejo | 22MX000003 | Papel autoadherible 10,1 x 12,7 cm | Pegar en caja con corrugada con los 4 componentes (frontal) |
| Packing list closed | 22MX000004 | Sobre de packing list | Pegar en la tapa de la caja corrugada. |
| Cinta de cierre | 22402819 | Cinta de cierre (cinta canela) | Cierre caja con cinta |
| Esquineros | 22403165 | cartón | Colocar al rededor del pallet (Ver imagen) |
| Tárima | | tárima plástica de 120 x 80 cm | Colocar cajas en la tarima (Ver imagen) |

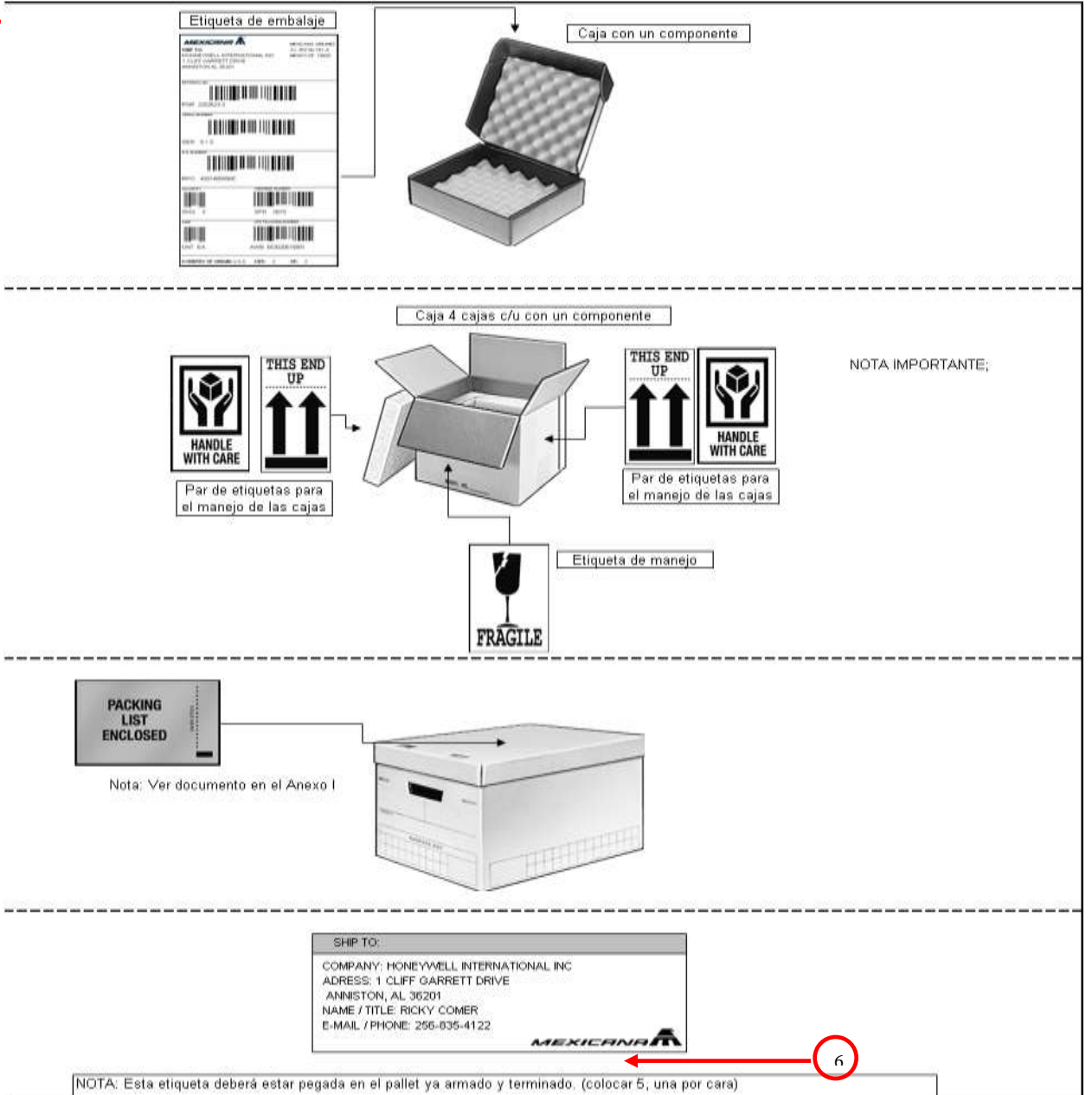


Figura 3. Sección II. Instrucciones de empaque

En esta figura se muestra la Sección III en donde se sugiere que se coloque la descripción gráfica con dibujos de cómo deberán ser embalados los componentes a ser enviados a reparación (ver número

7). En el punto 8 se sugiere que se realice la descripción textual del proceso de embalaje de los componentes que ya se encuentran en los contenedores con sus respectivas etiquetas.



En el punto 9 se sugiere colocar una tabla que contenga el peso aproximado de los componentes ya empacados y embalados, así como sus medidas externas, material y

volumen, ya que como se explicó anteriormente, el cobro del envío se realiza tomando como base el volumen o el peso según la empresa de mensajería externa.

SECCION III

7

8

Acomode 4 cajas corrugadas de forma vertical (ver imagen), selle con cinta. Coloque 7 de estas cajas en una tarima de 120 X 80 cm, por ejemplo, como se muestra en la figura, intercambiando el acomodo de una cama a otra (máximo 5 camas), una vez terminado de armar el pallet colocar tres tiras de fleje como lo indica la figura y amarrando la tarima con este fleje. Emplee con película de empaque (mínimo 5 vueltas). Colocar cinta con el logo de Mexicana Embarques alrededor del pallet ya empaquetado (mínimo dos vueltas), como se muestra en la figura y pegue la etiqueta Ship to.

PESO APROXIMADO Y VOLUMEN DE LAS CAJAS CON COMPONENTES

9

| CAJA | MEDIDA EXTERNA | MATERIAL | PESO REAL CON EMBALAJE | VOLUMEN |
|--------------------------|---------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
| Caja cable | 45 X 11 X 6,5 cm | cable | 5 KG | 87 500 cm ³ |
| Caja corrugada | 45.5 X 22.5 X 11 cm | carton corrugado | 20 KG | 11261.25 cm ³ |
| pallet c/100 componentes | 120 X 80 X 70 cm | | 500 KG | 672000 cm ³ |

Figura 4. Sección III Instrucciones de embalaje

La última Sección de la hoja de especificación es la IV y en ésta se deberán colocar las firmas de validación por parte de los encargados del área, de esta manera se lleva un

control del proceso de empaque y embalaje de cada uno de los componentes que son enviados a reparación. Además se sugiere colocar la fecha en la que se firma.

SECCION IV

Encargado de Embalaje

Supervisor del área

FECHA

FECHA

Figura 5. Sección IV Visto Bueno



CONCLUSIONES

Con la Estandarización de Operaciones se espera que haya reducción en los costos de embarque, ya que los componentes serán enviados en contenedores con el volumen adecuado y no con sobrante de éste.

Además, a través de la Estandarización de Operaciones el trabajo de embarque será realizado por cualquier persona del área o nueva en ella, ya que las actividades se encuentran documentadas.

También, se espera que haya menos volumen de inventarios de contenedores y consumibles, además de tener la visibilidad de éstos.

BIBLIOGRAFÍA

- ENRIQUE KRAUZE (2006) Mexicana de Aviación 85 años volando por México, ED. Clío
- BENJAMIN CORIAT (1992) Pensar al Revés. Trabajo y Organización de la Empresa Japonesa, editorial Sigo XXI
- BENJAMIN CORIAT (1988) El taller y el cronómetro, editorial Siglo XXI
- TAIICHI OHNO (1988) Toyota Production System (Beyond large-Scale Production), editorial Productivity Press, Nueva York
- JEFFREY K. LIKER (2004) The Toyota Way, editorial McGraw Hill, Nueva York
- SUZUKI TOKUTARO (1992) TPM in process Industries, editorial Productivity Press, Portland Oregon
- YASUHIRO MONDEN (1993) El Sistema de Producción Toyota, editorial Ediciones Macchi, Buenos Aires Argentina
- YASUHIRO MONDEN (1998) Toyota production system. An integrated approach to Just-In-Time. 3rd. Edition, Enginnering & Management Press.
- FRED E. MEYERS (1999) Motion and Time Study for Lean Manufacturing, editorial Prentice Hall, Nueva Jersey.
- Revista Manufactura, 2008, México.
- LARRY RUBRICH & MADELYN WATSON (1998) Implementing World Class Manufacturing. A Bridge to your Manufacturing Survival. Shop Floor Manual. WCM associates. Fort Wayne, Indiana.



Condiciones ambientales: contrastes entre el entorno educativo de la UPIICSA y la industria mexicana

Alumno PIFI: Ing. Alfonso Cristian García Hernández

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Unidad Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA), del Instituto Politécnico Nacional (IPN), Av. Té 950, Granjas México, Iztacalco, 08400, México, D. F., tel.: 56-24-20-00, ext. 70037, correo electrónico: kryztyan@walla.com.

Director del proyecto: M. en I. Juan José Hurtado Moreno

Misma dirección y número telefónico citados anteriormente, con número de extensión: 70265, y correo electrónico: huratdouiicsa@yahoo.com.

Proyecto de Investigación: "Validación de la metodología de evaluación ambiental en centros educativos nacionales de nivel superior, y su relación con medios productivos".

Número de registro asignado por la SIP del IPN: 20080252.

RESUMEN

Las condiciones ambientales representan un papel muy importante en el aprovechamiento educativo y la productividad en la operación de una organización. Aunque existen normas que regulan los niveles de iluminación y ruido, las aulas y laboratorios de la UPIICSA tienen variaciones heterogéneas y de impacto negativo en el proceso de enseñanza. En el ámbito empresarial existe una enorme variación, solamente las trasnacionales, grandes y algunas medianas empresas ponen atención a los niveles de ruido e iluminación, mientras que las pequeñas y micro empresas carecen, en lo

absoluto, de un programa o plan de condiciones ambientales o de gestión del entorno de trabajo, con enfoque ergonómico.

PALABRAS CLAVE

Condiciones ambientales, ergonomía, iluminación, ruido, luxes, decibeles.

1 INTRODUCCIÓN

La globalización, la geografía, la situación socioeconómica, la personalidad y la explosión demográfica son factores que impactan de manera negativa los procesos cognoscitivos y productivos en los centros educativos y



las organizaciones. Sin embargo, existen otros factores como el diseño ergonómico de las áreas de trabajo (herramientas, equipo, mobiliario, etc.), y las condiciones ambientales (ventilación, iluminación, ruido, vibraciones, etc.), que deben ser atendidos y cumplir los requisitos de las normas mexicanas, que además ponen mucha atención y cuidado en el ámbito de la salud laboral, no sólo en talleres u operación de maquinaria pesada y labores monótonas, sino también en el trabajo en oficinas y las áreas de estudio.

En este reporte se presenta primero un marco teórico sobre las condiciones ambientales (ruido e iluminación), que sirve como cimiento para el estudio de campo sobre los niveles de iluminación y ruido efectuado en las aulas y laboratorios de la UPIICSA, del que se presentan una serie de matrices de las lecturas tomadas con un luxómetro y un decibelímetro, mediante la aplicación de un muestreo aleatorio en las instalaciones de los edificios de los laboratorios de Ciencias Aplicadas (laboratorios pesados), y los laboratorios de Ciencias Básicas (laboratorios ligeros). En las secciones subsecuentes se presenta, por un lado, el contraste de los valores encontrados y los valores que proporcionan las normas correspondientes, y por el otro, se menciona la situación de la realidad empresarial, las diferencias y similitudes de las condiciones

ambientales en cuanto a iluminación y ruido dentro de las instalaciones y puestos de trabajo en general.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

En la actualidad existen muchas fuentes de información sobre temas de ergonomía y condiciones ambientales, sin embargo, aquí se hace referencia solamente a cinco de ellas: NOM, Neufert, NIOSH, OSHA y OIT. Ernst y Peter Neufert son los autores del famoso libro alemán Bauentwurfslehre, cuyo título en español es El arte de Proyectar en Arquitectura. Este título tiene tanta trascendencia, que desde el año 2000 la famosa editorial Blackwell Science, se ha hecho cargo de su publicación. En el capítulo "Luz artificial y luz de día", los autores definen al flujo luminoso (Φ), como "el rendimiento de la radiación percibida por el ojo humano", y a la intensidad de iluminancia (E), como "el flujo luminoso por unidad de superficie", cuya unidad de medida es el lux (lx). En la tabla 2.1 se muestra la tabla de valores típicos (recomendados por la norma DIN 5035), para la intensidad de iluminancia:



| Entorno | E |
|---|-----------------|
| Radiación global (cielo despejado) | Máx. 100 000 lx |
| Radiación global (cielo descubierto) | Máx. 20 000 lx |
| Visibilidad optima | 2 000 lx |
| Mínima visibilidad en el puesto de trabajo | 200 lx |
| Iluminación mínima para orientarse | 20 lx |
| Iluminación de las vías públicas | 10 lx |
| Iluminación de la luna | 0.2 lx |

Tabla 2.1 Valores usuales de E según la norma DIN 5035 (fuente: NEUFERT, Ernst, NEUFERT, Peter. (2006). Bauentwurfslehre. Braunschweig: Vieweg und Sohn.)

En contraste, la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999: Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, presenta los valores que se muestran en la tabla 2.2:

| Tarea visual Del puesto de trabajo | Área de trabajo | Niveles mínimos de Iluminación (lx) |
|---|---|--|
| Áreas generales interiores: áreas de poco movimiento, pasillos escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia. | Pasillos, estacionamientos | 50 |
| Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, | Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, | 500 |



| | | |
|--|--|-------|
| manejo de instrumentos y equipo de laboratorio. | laboratorios. | |
| Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas. | Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad. | 750 |
| Alto grado de especialización en la distinción de detalles. | Áreas de proceso de gran exactitud. | 2 000 |

Tabla 2.2 Niveles mínimos de iluminación según NOM-025-STPS-1999 (fuente: Aviléz Ortiz, Sonia. (2007). Metodología para el diagnóstico de calidad del aire interior (CAI) en recintos escolares: caso UPIICSA.)

A simple vista, puede observarse una clara diferencia de los valores recomendados por cada norma. La DIN sólo menciona un valor de 200 lx para un área de trabajo en general, que puede ser una oficina de gobierno, una estación de maquinado, o un mostrador en una tienda, mientras que la NOM presenta valores diferentes para tipos específicos de áreas de trabajo, además asigna un valor de 50 lx para pasillos o estacionamientos, y en la norma DIN se sugiere un valor de iluminación mínima

para orientarse de 20 lx. Haciendo una analogía entre una sala de dibujo y un salón de clases, puede tomarse el valor de 500 lx de la NOM como referencia media para el estudio en UPIICSA. Por otra parte, es importante considerar el tipo de luminarias que se aplican a cada salón de clases o determinada área de trabajo, por lo que en la figura 2.1 se presenta una relación de los tipos de luminarias y la potencia (en [watts]) que manejan.



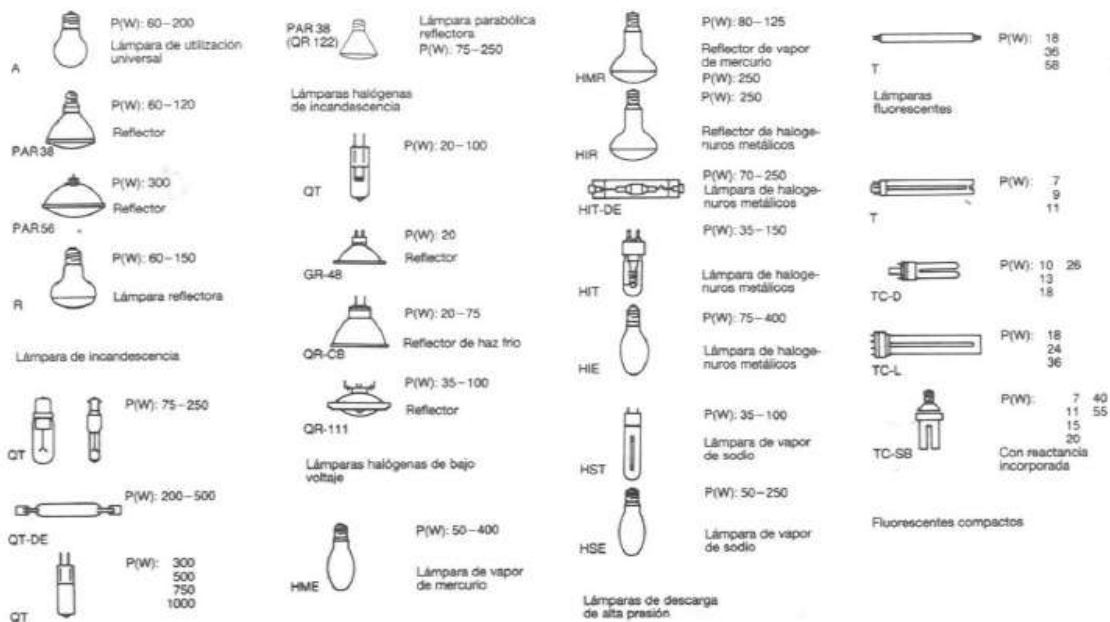


Figura 2.1 Tipos de luminarias (fuente: NEUFERT, Ernst, NEUFERT, Peter. (2006). Bauentwurfslehre. Braunschweig: Vieweg und Sohn.)

Naturalmente, al observar la figura, surge la incógnita sobre cómo traducir los rangos de potencia que maneja cada tipo de luminaria, a unidades de luxes. En el mismo texto de Neufert, aparece la tabla que relaciona los tipos de luminaria con el rango de luxes que proporciona, organizados por tipo de interiores. Esta información se muestra en la tabla 2.3. En esta tabla, se recomienda usar una altura de 3[m], desde la luminaria hasta el área de trabajo, en la categoría de hasta 500 lx., además, se recomiendan tres tipos de luminarias: T, TC-D y TC-L. Retomando, los datos de la figura 2.1, se puede observar que se trata de lámparas fluorescentes que manejan un rango de potencia, desde 10 hasta 58 [watts]. Actualmente en las aulas de la UPIICSA se utilizan lámparas del tipo T, por lo que se puede decir que se

encuentran en buenas condiciones de infraestructura.

De manera más precisa, Neufert presenta una tabla donde se resume la norma DIN 5035. Esta información se muestra en la tabla 4. Aquí se recomienda un valor de 500 lx. para oficinas generales, 300 lx. para oficinas con ventanas y 750 lx. para salas de dibujo. Estos valores son más parecidos a los de la NOM, por lo que al tomar el valor promedio de 500 lx. que ahí se recomienda, se cumple con al DIN y al NOM al mismo tiempo.

Cabe mencionar que se toman los valores de las áreas más parecidas a las aulas de los centros educativos, ya que en ninguna de las dos normas consultada se hace mención de los parámetros sugeridos para este tipo de espacios, pues se enfocan más a los



puestos de trabajo en empresas manufactureras y de servicios.

| Altura del espacio | Intensidad de iluminación nominal | Función | Tipos de lámparas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|---|-------------------|-----------|--------|--------|---|------------|---------|------------|-------|----------|-------|---|----|------|------|------------|------------|-----|-----|-----------------|-----------------|------------|------------|-----|--|--|
| | | | A < 100 W | A > 100 W | PAR 38 | PAR 56 | R | QT < 250 W | QT - DE | QT > 250 W | QT-LV | QR-CB-LV | QR-LV | T | TC | TC-D | TC-L | HME < 80 W | HME > 80 W | HSE | HST | HIT - DE < 70 W | HIT - DE > 70 W | HIT < 70 W | HIT > 70 W | HIE | | |
| Hasta 3 m | Hasta 200 lx | Garajes, locales de empaquetamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Salas auxiliares | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Talleres | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Restaurantes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hasta 500 lx | Vestibulos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Oficinas convencionales, aulas, ventanillas de caja | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Salas de reuniones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Talleres | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Librerías | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Tiendas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Salas de exposiciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Museos y galerías | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hasta 750 lx | Accesos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Oficinas convencionales con mayores exigencias visuales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Talleres | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Grandes almacenes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Supermercados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Vitrinas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cocinas de hoteles | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Escenarios para conciertos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| De 3 a 5 m | Hasta 200 lx | Dibujo técnico, grandes oficinas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Almacenes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Talleres | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Naves industriales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Vestibulos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Restaurantes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hasta 500 lx | Iglesias | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Salas de conciertos, teatros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Talleres | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Naves industriales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Auditorios, aulas, salas de reuniones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Tiendas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hasta 750 lx | Salas de exposiciones, museos, galerías | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Accesos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Hoteles | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Pabellones polideportivos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Talleres | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Salas de dibujo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Más de 5 m | Hasta 200 lx | Laboratorios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Librerías, salas de lectura | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Salas de exposiciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hasta 500 lx | Ferias de muestras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Grandes almacenes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Supermercados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hasta 750 lx | Grandes cocinas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Escenarios para conciertos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Naves industriales y de maquinaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Más de 5 m | Hasta 200 lx | Salas de almacenamiento con estanterías altas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Iglesias | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Salas de conciertos, teatros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hasta 500 lx | Naves industriales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Museos, galerías de arte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Aeropuertos y estaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hasta 750 lx | Salas de convenciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Pabellones polideportivos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Naves industriales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Más de 5 m | Hasta 500 lx | Auditorios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Salas de exposiciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ferias de muestras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Más de 5 m | Hasta 750 lx | Supermercados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Salas de exposiciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ferias de muestras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- | | | |
|---|--|--|
| A = Lámpara de utilización universal | QT-LV = Lámpara halógena de bajo voltaje | TC-L = Lámpara fluorescente larga |
| PAR = Reflector parabólico | QR-LV = Reflector de bajo voltaje | HME = Lámpara de vapor de mercurio |
| R = Reflector | QR-CB-LV = Reflector halógeno de haz frío | HSE = Lámpara de vapor de sodio |
| QT = Lámp. halógena de incandescencia | T = Lámpara fluorescente | HST = Lámpara tubular de vapor de sodio |
| QT-DE = Lámp. halógena de incandescencia con zócalo en ambos extremos | TC = Lámpara fluorescente compacta | HIT = Lámpara de halógenos metálicos |
| | TC-D = Lámpara fluorescente compacta doble | HIE = Lámpara de halógenos metálicos de forma elíptica |



Tabla 2.3 Tipos de iluminación de interiores (fuente: NEUFERT, Ernst, NEUFERT, Peter. (2006). Bauentwurfslehre. Braunschweig: Vieweg und Sohn.)

| Directriz laboral «Iluminación artificial» ASR 7/3 así como DIN 5035, 2.ª parte (extracto) | | | | ILUMINACIÓN ARTIFICIAL | | | |
|---|---------------------|---|---------------------|--|---------------------|---|---------------------|
| Tabla de los valores rectores de la iluminancia nominal en los puestos de trabajo | | | | | | | |
| Tipo de espacio Tipo de actividad | E _{av} /lx | Tipo de espacio Tipo de actividad | E _{av} /lx | Tipo de espacio Tipo de actividad | E _{av} /lx | Tipo de espacio Tipo de actividad | E _{av} /lx |
| Zonas comunes: | | Acerías, siderurgias, grandes fundiciones: | | Industrias electrotécnicas: | | Control de calidad, exigencia elevada 1000 | |
| Zonas de circulación en almacenes | 50 | Instalaciones automatizadas | 50 | Fabricación de cables y conductores, | 300 | Control de calidad, exigencia muy elevada 1500 | 1000 |
| Almacenes | 50 | Instalaciones con tareas manuales | 100 | trabajos de montaje, bobinado con alambre grueso | | Control de colores | |
| Almacenes con tareas de búsqueda | 100 | Puestos de ocupación permanente en instalaciones de producción | 200 | Montaje de aparatos telefónicos, bobinado con alambre medio | | | |
| Almacenes con tareas de lectura | 200 | Puntos de observación | 300 | Montaje de elementos de precisión, trabajos de ajuste y control | 500 | Industria textil: | |
| Pasillos con estanterías | 20 | Puestos de control | 500 | Montaje de elementos de gran precisión, componentes electrónicos | 1000 | Puestos de trabajo en piscinas | 200 |
| Mostrador | 200 | Industrias de transformación del acero: | | Trabajos de reparación | 1500 | Talleres de hilado | 300 |
| Mostrador de expedición | 200 | Forja de piezas pequeñas | 200 | Soldar | 300 | Talleres de tintado | 300 |
| Bares | 200 | Trabajos de relativa precisión, con máquinas | 300 | Industria relojera y de joyería: | | Hilar, tejer, labores de punto | 500 |
| Salas de descanso | 100 | Trabajos de gran precisión, con máquinas | 500 | Elaboración de joyas | 1000 | Coser, estampar tejidos | 750 |
| Gimnasios | 300 | Puestos de control | 750 | Manipulación de piedras preciosas | 1500 | Taller de modista | 750 |
| Vestuarios | 100 | Trenes de laminado en frío de alambres | 300 | Taller de óptica y relojería | 1500 | Trabajos de modista | 1000 |
| Lánderos | 100 | Manipulación de planchas pesadas | 300 | | | | |
| Inodoros | 100 | Manipulación de planchas ligeras | 300 | | | | |
| Lavabos | 500 | Producción de herramientas | 500 | | | | |
| Salas de máquinas | 100 | Trabajos de montaje de baja precisión | 200 | | | | |
| Aprovisionamiento de energía | 100 | Trabajos de montaje de precisión media | 300 | | | | |
| Expedición de correo | 500 | Trabajos de montaje de elevada precisión | 500 | | | | |
| Centralita telefónica | 300 | Forjas de estampación | 200 | | | | |
| Zonas de circulación interiores: | | Funciones, sótanos, etc. | 50 | | | | |
| Para personas | 50 | Pasarelas | 100 | | | | |
| Para vehículos | 100 | Preparación de moldes de arena | 200 | | | | |
| Escaleras | 100 | Cepillado de fundición | 200 | | | | |
| Rampas | 100 | Puestos de trabajo en el mezclador | 200 | | | | |
| Oficinas: | | Naves de fundición | 200 | | | | |
| Oficinas en general | 500 | Puestos de vaciado | 200 | | | | |
| Oficinas con puestos de trabajo cercanos a ventanas | 300 | Trabajos de conformado a máquina | 200 | | | | |
| Grandes oficinas/oficinas agrupadas: | | Trabajos de conformado manual | 300 | | | | |
| reflexión elevada | 750 | Construcción de núcleos | 300 | | | | |
| reflexión media | 1000 | Construcción de moldes | 500 | | | | |
| Dibujo técnico | 750 | Trabajos de galvanización | 300 | | | | |
| Salas para entrevistas | 300 | Trabajos de pintado | 300 | | | | |
| Recepción | 100 | Puestos de control | 750 | | | | |
| Circulación de público | 200 | Fabricación de herramientas y mecánica de precisión | 1000 | | | | |
| Procesamiento de datos | 500 | Montaje de cámaras | 900 | | | | |
| Industria química: | | Trabajos de lacado | 750 | | | | |
| Instalaciones dirigidas a distancia | 50 | Trabajos nocturnos de lacado | 1000 | | | | |
| Instalaciones con actividad manual, ocasional | 100 | Trabajos de pulido | 500 | | | | |
| Puestos de trabajo permanentes en instalaciones industriales | 200 | Montaje de acabado | 500 | | | | |
| Puntos de observación | 300 | Trabajos de inspección | 750 | | | | |
| Laboratorio | 300 | Centrales térmicas: | | | | | |
| Trabajos con elevada exigencia visual | 500 | Instalaciones de alimentación | 50 | | | | |
| Comprobación de colores | 1000 | Sala de calderas | 100 | | | | |
| Industria del cemento, cerámica y vidrio: | | Sala de igualación de presiones | 200 | | | | |
| Puestos o zonas de trabajo en hornos, mezcladoras y trituradoras | 200 | Sala de máquinas | 100 | | | | |
| Preparar, hesar, soplar (vidrio) | 300 | Sala auxiliar | 50 | | | | |
| Pulir, esmerilar, grabar (vidrio) | 500 | Cuadros de mando en el interior | 100 | | | | |
| Trabajos ornamentales | 500 | Cuadros de mando en el exterior | 20 | | | | |
| Pulir y grabar a mano | 750 | Puntos de observación | 300 | | | | |
| Trabajos de precisión | 1000 | Trabajos de revisión | 500 | | | | |
| | | Industrias de transformación de la madera: | | | | | |
| | | Fosa de desecación | 100 | | | | |
| | | Basidor de sierra | 200 | | | | |
| | | Trabajos de montaje | 200 | | | | |
| | | Elección de tipos de madera, trabajos de lacado y modelación | 500 | | | | |
| | | Manipulación de madera con máquinas | 500 | | | | |
| | | Chapado de madera | 500 | | | | |
| | | Control de fallos | 750 | | | | |
| | | Industrias papeleras e imprentas: | | | | | |
| | | Elaboración de pasta de maderas | 200 | | | | |
| | | Fabricación de cartón | 300 | | | | |
| | | Trabajos de encuadernación, impresión de papel pintado | 300 | | | | |
| | | Trabajos de corte, dorado, estampación, grabado en relieve de clichés, impresión a máquina, elaboración de matrices | 500 | | | | |
| | | Impresión manual, selección de papel | 750 | | | | |
| | | Trabajos de litografía, retocado, composición a mano y a máquina, ajuste de la composición | 1000 | | | | |
| | | Control de colores en impresiones policromas | 1500 | | | | |
| | | Trabajos de grabado en cobre y acero | 2000 | | | | |
| | | Industria peletera: | | | | | |
| | | Trabajos en cubas | 200 | | | | |
| | | Manipulación de las pieles | 300 | | | | |
| | | Trabajos de guarnición | 500 | | | | |
| | | Tinte de pieles | 750 | | | | |
| | | Control de calidad, exigencia media | 750 | | | | |
| | | Industria de la alimentación: | | | | | |
| | | Puestos de trabajo, en general | 200 | | | | |
| | | Molinería, envasado | 300 | | | | |
| | | Molinos, centrales lecheras, molinos | 300 | | | | |
| | | Cortar y elegir | 300 | | | | |
| | | Elaboración de comestibles y cigarrillos | 500 | | | | |
| | | Control de producción, decoración, selección | 500 | | | | |
| | | Laboratorio | 1000 | | | | |
| | | Comercio mayorista y minorista: | | | | | |
| | | Puestos de trabajo de ocupación permanente, tiendas | 300 | | | | |
| | | Puestos de trabajo en las cajas | 500 | | | | |
| | | Industria textil: | | | | | |
| | | Artesanía y manufacturación (ejemplos de diferentes ramas) | | | | | |
| | | Pintado de elementos de acero | 200 | | | | |
| | | Montaje de instalaciones de calefacción y aire condicionado | 200 | | | | |
| | | Cerrierías | 300 | | | | |
| | | Talleres de reparación de automóviles | 300 | | | | |
| | | Carpinterías | 300 | | | | |
| | | Talleres de reparación, en general | 500 | | | | |
| | | Talleres de reparación de radios y televisores | 500 | | | | |
| | | Empresas de servicios: | | | | | |
| | | Hoteles y restaurantes, recepción | 200 | | | | |
| | | Cocinas | 500 | | | | |
| | | Comedores | 200 | | | | |
| | | Bufé | 300 | | | | |
| | | Salones | 300 | | | | |
| | | Restaurantes, self-service | 300 | | | | |
| | | Lavandería | 300 | | | | |
| | | Planchado a máquina | 300 | | | | |
| | | Planchado a mano | 300 | | | | |
| | | Seleccionar | 300 | | | | |
| | | Trabajos de control | 1000 | | | | |
| | | Peluquería | 500 | | | | |
| | | Cosmética | 750 | | | | |



Tabla 2.4 directrices de la norma DIN 5035, 2ª parte (fuente: NEUFERT, Ernst, NEUFERT, Peter. (2006). Bauentwurfslehre. Braunschweig: Vieweg und Sohn.)

La OSHA (Occupational Safety and Health Administration) en el tópico Noise and Hearing Conservation, cuenta con una serie de normas que regulan los niveles de ruido permisibles en las áreas de trabajo. Específicamente la norma Occupational Noise Exposure 1910.95 menciona que la protección de los efectos de la exposición de ruido debe proporcionarse cuando los niveles de sonido exceden los que se muestran

en la tabla 2.5, que necesariamente deben estar medidos en la escala A o con un aparato de medición de niveles de sonido estándar, calibrado para respuesta baja. Cuando los niveles de ruido se determinan mediante el análisis de banda de octavas, el equivalente de los niveles de sonido en A-ponderada se debe calcular como se muestra en la figura 2.2.

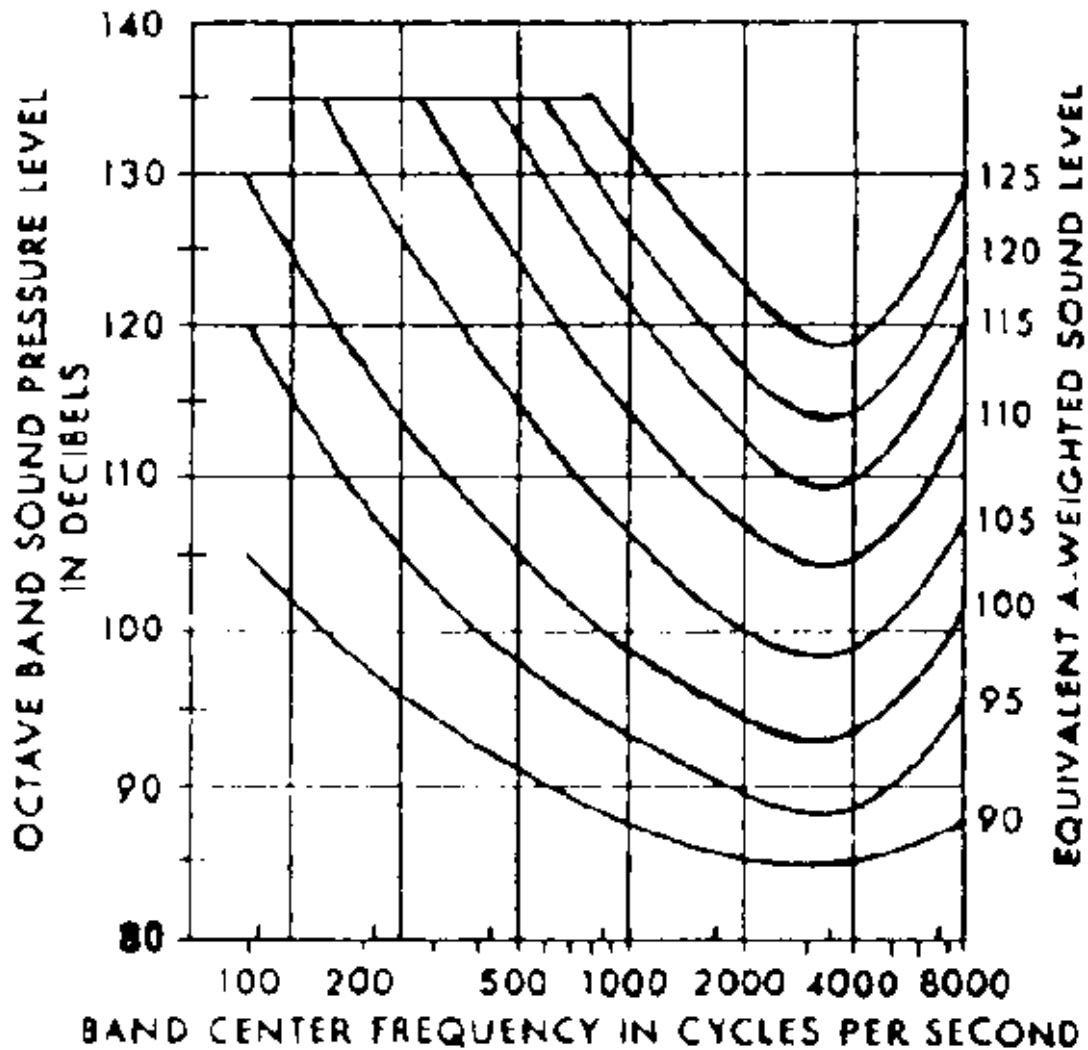


Figura 2.2 Nomograma para calcular equivalentes de sonido (fuente: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9735,3-XI-2008)

Para calcular el equivalente de sonido en octavas, a A-ponderada, se deben graficar en la figura 2.2 los puntos y anotar el nivel de sonido correspondiente en la escala de A-ponderada, lo que corresponde al punto de más alta penetración en el entorno de sonido.

Este equivalente difiere probablemente del nivel real de ruido, por lo que se debe considerar la tabla 2.5 para determinar los límites de tiempo de exposición.

Cuando los trabajadores experimentan una exposición mayor a los niveles que muestra la tabla 2.5, se deben utilizar controles administrativos basados en estudios de ingeniería. En el caso de que tales controles fallen, es necesario proporcionar equipo de protección al personal.

Si los niveles de ruido involucran máximos en intervalos de un segundo o menos, debe considerarse constante en el valor máximo.

| Duration per day, hours | Sound level dBA slow response |
|-------------------------|-------------------------------|
| 8..... | 90 |
| 6..... | 92 |
| 4..... | 95 |
| 3..... | 97 |
| 2..... | 100 |
| 1 1/2 | 102 |
| 1..... | 105 |
| 1/2 | 110 |
| 1/4 or less..... | 115 |

Tabla 2.5 Niveles de exposición al ruido permisibles (fuente: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9735,3-XI-2008)

Cuando la exposición cotidiana se compone de dos o más intervalos de exposición al ruido en diferentes niveles, se debe considerar su efecto combinado. Si la suma de las siguientes

cantidades es mayor que la unidad, la mezcla de las exposiciones se debe considerar al exceder el límite:

$$C(1)/T(1) + C(2)/T(2) + \dots + C(n)/T(n)$$



Cn indica el tiempo total de exposición a cierto nivel de ruido específico, y Tn indica el tiempo total de exposición permitido a ese nivel. El tiempo de exposición a ruidos impulsivos o impactos no debe exceder el permitido para un nivel pico de presión sonora de 140 dB.

La NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), en uno de sus tópicos: Noise and Hearing Loss Prevention, menciona que el ruido no se considera como un peligro Nuevo, sino como una amenaza presenta en los centros laborales desde la Revolución Industrial. Demasiada exposición al ruido implica un cambio temporal en la audición (los oídos parecen tapados) o un zumbido temporal en los oídos. Generalmente estas sensaciones desaparecen después de un rato (minutos u horas), no obstante, exposiciones repetidas al ruido o sonidos de altos decibeles pueden llevar a una pérdida permanente de la audición, que hasta ahora se ha manifestado incurable. NIOSH recomienda remover los ruidos peligrosos del área de trabajo en la medida de lo posible, y naturalmente, se promueve el uso de protectores auditivos o tapones en las situaciones que no se puede controlar o retirar el ruido peligroso.

La Norma Oficial Mexicana en la NOM-011-STPS-2001, pone atención a los los centros de trabajo donde se genera

ruido, de tal intensidad que sea capaz de alterar la atención requerida para la realización de las labores y alterar la salud de los trabajadores.

Dentro de las obligaciones de los recintos escolares y para tener un rendimiento mental, reduciendo así la tasa de errores, además de la disminución de de dolor de cabeza y producir nauseas. Por lo que para dar cumplimiento de esta norma se hace las siguientes menciones.

- El ruido es un problema que a partir de los 60 dB; se inicia las molestias psíquicas de irritabilidad, pérdida de atención y de interés, por tal motivo es necesario mantenerlo a los niveles mínimos permisibles.
- Contar con el reconocimiento y evaluación de todas áreas, aulas,
- laboratorios, cubículos y oficinas con niveles superiores a los 60 dB.
- Colocar a la entrada de cada salón de clase el señalamiento de guardar silencio.
- Realizar pruebas audiométricas a los alumnos y profesores que se encuentra en lugares de alto riesgo, con respecto al ruido.

La finalidad es manejar correctamente la protección de los alumnos, profesores y administrativos, para obtener un mejor ambiente y obtener



así las condiciones idóneas, en el ámbito académico. Los límites máximos permisibles de exposición, basado en la Norma Oficial Mexicana referente al ruido (NOM-011-STPS-2001), establece los niveles recomendados de exposición de los trabajadores a ruido estable, inestable o impulsivo durante el ejercicio de sus labores, en una jornada laboral de 8 horas, según se relaciona en la tabla siguiente (ver tabla 2.6).

| NER42 | TMPE43 |
|--------------|------------|
| 90dB | 48 horas |
| 93dB | 4 horas |
| 96dB | 2horas |
| 99dB | 1horas |
| 102dB | 30 minutos |
| 105dB | 15 minutos |

Tabla 2.6 Niveles de ruido (fuente: Aviléz Ortíz, Sonia. (2007). Metodología para el diagnóstico de calidad del aire interior (CAI) en recintos escolares: caso UPIICSA.)

Finalmente, la OIT en su Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo afirma que una lámpara es un convertidor de energía. Aunque pueda realizar funciones secundarias, su

principal propósito es la transformación de energía eléctrica en radiación electromagnética visible. Hay muchas maneras de crear luz, pero el método normalmente utilizado en la iluminación general es la conversión de energía eléctrica en luz. La luz es un elemento esencial de nuestra capacidad de ver y necesaria para apreciar la forma, el color y la perspectiva de los objetos que nos rodean en nuestra vida diaria. La mayor parte de la información que obtenemos a través de nuestros sentidos la obtenemos por la vista (cerca del 80 %). Y al estar tan acostumbrados a disponer de ella, damos por supuesta su labor. Ahora bien, no debemos olvidar que ciertos aspectos del bienestar humano, como nuestro estado mental o nuestro nivel de fatiga, se ven afectados por la iluminación y por el color de las cosas que nos rodean. Desde el punto de vista de la seguridad en el trabajo, la capacidad y el confort visuales son extraordinariamente importantes, ya que muchos accidentes se deben, entre otras razones, a deficiencias en la iluminación o a errores cometidos por el trabajador, a quien le resulta difícil identificar objetos o los riesgos asociados con la maquinaria, los transportes, los recipientes peligrosos, etcétera. El correcto diseño de un sistema de iluminación debe ofrecer las condiciones óptimas para el confort visual. Los requisitos que un sistema de iluminación debe cumplir para proporcionar las condiciones necesarias



para el confort visual son los siguientes:

- iluminación uniforme;
- luminancia óptima;
- ausencia de brillos deslumbrantes;
- condiciones de contraste adecuadas;
- colores correctos,
- ausencia de luces intermitentes o efectos estroboscópicos.

En la figura 2.3 se muestra un esquema de los niveles correctos de iluminación en función de la tarea realizadas. En este esquema se puede ver claramente que el nivel de 500 luxes se repite como el idóneo para las actividades realizadas dentro de una aula de estudio, por lo que definitivamente se halla una congruencia en los valores propuestos por las diferentes fuentes de información.



Figura 2.3 Niveles de iluminación en función de las tareas realizadas (fuente: OIT. (1998). Enciclopedia de Salud y seguridad en el trabajo. Madrid: Oficina Internacional del Trabajo.)

Con respecto a los niveles de ruido, la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo de la OIT, explica que el ruido es uno de los peligros laborales más comunes. Los niveles de ruido peligrosos se identifican fácilmente y en la gran mayoría de los casos es

técnicamente viable controlar el exceso de ruido aplicando tecnología comercial, remodelando el equipo o proceso, o transformando las máquinas ruidosas. Pero con demasiada frecuencia, no se hace nada. Hay varias razones para ello. En primer lugar, aunque muchas



soluciones de control del ruido son notablemente económicas, otras son muy caras, en particular cuando hay que conseguir reducciones a niveles de 85 u 80 dBA.

Una razón muy importante de la ausencia de programas de conservación de la audición y de control del ruido es que, lamentablemente, el ruido suele aceptarse como un "mal necesario", una parte del negocio, un aspecto inevitable del trabajo industrial. El ruido peligroso no derrama sangre, no rompe huesos, no da mal aspecto a los tejidos y, si los trabajadores pueden aguantar los primeros días o semanas de exposición, suelen tener la sensación de "haberse acostumbrado" al ruido. Sin embargo, lo más probable es que hayan comenzado a sufrir una pérdida temporal de la audición, que disminuye su sensibilidad auditiva durante la jornada laboral y que a menudo persiste durante la noche. Esa pérdida auditiva avanza luego de manera insidiosa, ya que aumenta gradualmente a lo largo de meses y años, y pasa en gran medida

inadvertida hasta alcanzar proporciones que afectan a los individuos hasta dejarlos discapacitados.

Otra razón importante de la falta de reconocimiento de los peligros del ruido es que el deterioro auditivo resultante implica un estigma. La opinión que suele tenerse de las personas que sufren deterioros auditivos es que están avejentadas y son mentalmente lentas e incompetentes en términos generales, y quienes corren el riesgo de sufrir este tipo de deterioro son reacios a reconocer ni su deficiencia ni el riesgo por miedo a ser estigmatizados. Esto es lamentable, porque la pérdida auditiva inducida por ruido llega a ser permanente y, sumando la que se produce a consecuencia de la edad, puede dar lugar a cuadros de depresión y aislamiento en personas de mediana edad y mayores. Las medidas preventivas deben tomarse antes de que comience la pérdida auditiva.

En la tabla 2.7 se muestra un listado de los niveles de ruido permisibles por jornada de trabajo de 8 horas en diversos países.



| Pais, fecha | PEL L_{ex} , 8 horas, dBA ^a | Factor de acumulación, dBA ^b | L_{max} rms L_{pico} SPL | Nivel para control técnico dBA ^c | Nivel para audiometría dBA ^c |
|------------------------------------|---|---|---|---|---|
| Alemania, ^{3,4} 1990 | 85 55,70 | 3 | 140 dB pico | 90 | 85 |
| Argentina | 90 | 3 | 110 dBA | | |
| Australia, ¹ 1993 | 85 | 3 | 140 dB pico | 85 | 85 |
| Brazil, 1992 | 85 | 5 | 115 dBA 140 dB pico | 85 | |
| Canada, ² 1990 | 87 | 3 | | 87 | 84 |
| CCE, ^{3,4} 1986 | 85 | 3 | 140 dB pico | 90 | 85 |
| Chile | 85 | 5 | 115 dBA 140 dB | | |
| China, ⁵ 1985 | 70-90 | 3 | 115 dBA | | |
| España, 1989 | 85 | 3 | 140 dB pico | 90 | 80 |
| Estados Unidos, ¹¹ 1983 | 90 | 5 | 115 dBA 140 dB pico | 90 | 85 |
| Finlandia, 1982 | 85 | 3 | | 85 | |
| Francia, 1990 | 85 | 3 | 135 dB pico | | 85 |
| Hungría | 85 | 3 | 125 dBA 140 dB pico | 90 | |
| India, ⁷ 1989 | 90 | | 115 dBA 140 dBA | | |
| Israel, 1984 | 85 | 5 | 115 dBA 140 dB pico | | |
| Italia, 1990 | 85 | 3 | 140 dB pico | 90 | 85 |
| Noruega, ¹⁰ 1982 | 85 55,70 | 3 | 110 dBA | | 80 |
| Nueva Zelanda, ⁸ 1981 | 85 | 3 | 115 dBA 140 dB pico | | |
| Países Bajos, ⁴ 1987 | 80 | 3 | 140 dB pico | 85 | |
| Reino Unido, 1989 | 85 | 3 | 140 dB pico | 90 | 85 |
| Suecia, 1992 | 85 | 3 | 115 dBA 140 dB C | 85 | 85 |
| Uruguay | 90 | 3 | 110 dBA | | |

^a PEL - Límites de exposición permisibles. ^b Factor de acumulación. A veces llamado factor de duplicación o relación de interdependencia tiempo/intensidad, es la variación del nivel de ruido (en dB) permitido para cada división por dos o duplicación de la duración de la exposición. ^c Al igual que los PEL, los niveles para controles técnicos y pruebas audiométricas son también, presumiblemente, niveles medios.
Fuentes: Arenas 1995; Cunn; Embleton 1994; CIT 1994. Se han consultado además las normas publicadas por varios países.

Tabla 2.7 Límites de exposición permisibles por país (fuente: OIT. (1998).
Enciclopedia de Salud y seguridad en el trabajo. Madrid: Oficina Internacional del
Trabajo.)



En la tabla anterior puede observarse que la mayoría de los países admiten valores homogéneos de exposición al ruido, que van desde 80 hasta 90 dBA. El caso peculiar lo presenta China, con el valor mínimo de 70 dBA, es decir que son un poco más exigentes que el promedio de los demás países. También debe hacerse notar que México no aparece en la lista.

3 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para realizar el levantamiento de información fue la que propone Aviléz Ortiz (Aviléz Ortiz, Sonia. (2007). Metodología para el diagnóstico de calidad del aire interior (CAI) en recintos escolares: caso UPIICSA).

La organización matricial de cada una de las aulas seleccionadas permite obtener una matriz de 8 x 9 puntos en donde en cada uno de ellos se realiza una lectura. Como primer paso se seleccionaron al azar las aulas en la que se realizará la medición, una vez realizado lo anterior, se dividió el aula en una rejilla regularmente espaciada estableciendo así un arreglo matricial, una vez dividida el aula se realizan las mediciones de cada punto, con un luxómetro, la medición de la iluminación en estos puntos se realizó a la altura del plano de trabajo (altura de los mesa-bancos), anotando los resultados y teniendo cuidado de no proyectar sombra sobre

el luxómetro en el momento de tomar las medidas y de leer el valor sólo cuando se haya estabilizado la lectura correspondiente, como se muestra en la figura 3.1.

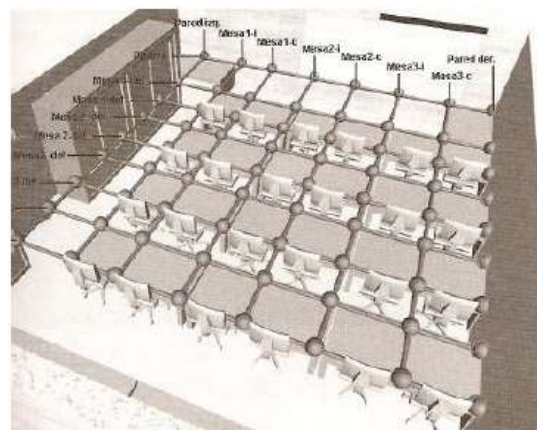


Figura 3.1 División matricial de un aula (fuente: Aviléz Ortiz, Sonia. (2007). Metodología para el diagnóstico de calidad del aire interior (CAI) en recintos escolares: caso UPIICSA.)

En el caso de las mediciones de niveles de ruido, simplemente se siguió un método empírico y aleatorio de levantamiento, ya que no se recomienda una metodología específica en la literatura revisada. Básicamente, se tomaron las lecturas dentro y fuera de los salones de clase, en puntos al azar y a diferentes horas de las actividades académicas, por ejemplo durante las clases y en el intermedio de clases, cuando los alumnos salen de las aulas.



3.1 Descripción del equipo de medición.

Para efectuar la toma de las lecturas, durante el levantamiento de información se utilizó el siguiente equipo (proporcionado por la UPIICSA):

a) Programmable Sound Level Meter (TES - 1352A), rango: 30dB - 130dB. Este instrumento de medición opera mediante un micrófono colocado en su parte superior y las lecturas aparecen en el "display" digital que puede observarse en la figura 3.1.1. Cabe mencionar que la escala de medidas se ajustó para cada lugar del levantamiento.



Figura 3.1.1 Decibelímetro (fuente: desarrollo propio)

b) Datalogging Light Meter (Sper Scientific 850008). Digital Instruments. Este instrumento consta de un sensor de iluminación que se coloca en la zona de medición que está diseñado bajo la modalidad plug & play. En las zonas más oscuras se utilizó una escala de medición menor a la normal (200 lx). Las lecturas se anotaron en papel directamente como las mostró el "display" digital que posee el instrumento, cuidando que se lograra una estabilidad aceptable, pues las lecturas varían por causas naturales de la iluminación.



Figura 3.1.2 Luxómetro (fuente: desarrollo propio)

4 RESULTADOS OBTENIDOS

En ambos casos (iluminación y ruido), se registraron las mediciones en papel y posteriormente se capturaron en una hoja de cálculo para ser analizados.

A pesar de que se encontraron discrepancias entre las aulas, en

ninguno de los casos se tuvo un valor menor a 200 luxes (ver tabla 4.1), que es el valor mínimo que acepta la norma DIN 5035, para puestos de trabajo.



| Aula | Máx. | Min. | Prom. |
|-----------------------|------|-------|-------|
| An. Sist. de la Prod. | 893 | 7.6 | 432.4 |
| Lab. de C. Aplic. 106 | 879 | 13.2 | 527.5 |
| Aula de Motores | 773 | 55.6 | 413.7 |
| Sist. Int. de Manuf. | 413 | 52.9 | 243.9 |
| Celda de robots I | 1228 | 59.5 | 340.8 |
| Lab. de C. Aplic. 104 | 821 | 104.0 | 497.1 |
| S. 2 de Lab. Quim. | 923 | 76.4 | 365.5 |
| S. 4 de Lab. Quim. | 1020 | 14.9 | 264.7 |
| S. 6 de Lab. Quim. | 685 | 54.1 | 357.2 |
| S. 8 de Lab. Quim. | 585 | 18.1 | 321.9 |

Tabla 4.1 Resultados del estudio de condiciones ambientales: iluminación (fuente: desarrollo propio)

Al observar la tabla 4.1, se puede concluir que de los salones del edificio de Laboratorios de Ciencias Aplicadas analizados, solamente el salón 106 tiene una iluminación promedio que cumple con el valor mínimo de 500 luxes que la norma mexicana acepta, pero debe recalcar el hecho de que este salón tiene dos secciones de ventanales y su iluminación interior se refuerza con la exterior. En este mismo edificio, el salón 104 tiene un valor promedio de iluminación muy cercano al mínimo de la norma, por lo que puede decirse que tiene una iluminación aceptable. Enseguida se encuentran los salones de Análisis Sistemático de la Producción y el espacio de la planta baja donde se imparten clases para alumnos de la carrera de Ingeniería en Transporte (Aula de Motores), que presentan niveles mayores a 400 luxes. Finalmente, los valores más bajos de iluminación los presentan los salones del laboratorio de robótica, donde los niveles de iluminación caen hasta 340

luxes en la Celda 1 de Robots, y 240 luxes en el salón de la materia de Sistema Integrados de Manufactura, que además es el valor promedio menor de todo el estudio.

Por otra parte, en los salones del edificio de Laboratorios Ligeros, en ningún caso se cumple con la norma. Solamente el salón 2 posee un nivel de iluminación mayor a 360 luxes, siendo los valores en los otros salones menores, pero aun mayores a 300 luxes. El valor menor lo tiene el salón 4 de la asignatura de Química, ya que cae aproximadamente a 260 luxes.

Para mejorar esta situación es necesario analizar detalladamente las gráficas individuales de los lugares del estudio, ya que en varios puntos de los salones se tiene un nivel mucho mayor al mínimo aceptable de 500 luxes, por ejemplo en el laboratorio de robótica, en la parte de la Celda 1 de Robots, donde el valor mayor en las lecturas fue de 1228 luxes, casi el triple del mínimo, que además presentó un valor mínimo en las lecturas de alrededor de 60 luxes, lo cual representa una iluminación muy heterogénea. Después de analizar cada caso por separado, se debe iluminar más solamente los puntos o zonas oscuras, o definitivamente cambiar el tipo de luminarias para que se abarque mayor área, además de colocarlas de manera sistemática.

En el caso de los niveles de ruido, los resultados del levantamiento se



pueden observar en la tabla 4.2, que se muestra a continuación.

| Aula | Máx. | Min. | Prom. |
|-----------------------|------|------|-------|
| Lab. de C. Aplic. 104 | 78.0 | 63.0 | 69.3 |
| Lab. de C. Aplic. 104 | 78.0 | 61.7 | 69.5 |
| Celda de Robots 2 | 77.7 | 48.5 | 61.3 |
| Sist. Int. de Manuf. | 69.5 | 51.5 | 60.1 |
| Man. Asist. por Cmp. | 75.1 | 54.2 | 62.2 |
| Lab. de C. Aplic. 106 | 67.4 | 52.0 | 59.3 |
| Lab. de C. Aplic. 105 | 70.0 | 53.0 | 60.8 |
| S. 2 de Lab. Quim. | 72.1 | 57.1 | 64.4 |
| S. 4 de Lab. Quim. | 76.4 | 62.5 | 69.0 |
| S. 6 de Lab. Quim. | 79.9 | 61.5 | 70.6 |
| S. 8 de Lab. Quim. | 78.0 | 50.0 | 63.0 |

Tabla 4.2 Resultados del estudio de condiciones ambientales: ruido (fuente: desarrollo propio)

Todos los valores promedio son menores a 71dB, por lo que puede afirmarse que se cumplen los requisitos de la norma, pues el valor mínimo de exposición que propone es de 90dB para una exposición continua de 48 horas. En general, puede decirse también que los niveles de ruido son homogéneos para todos los salones evaluados, siendo el rango de valores de entre 50dB mínimo y 79.9dB máximo, además de que los promedios varían solamente de 59.3 dB mínimo, hasta 70.6 dB máximo. Solamente los ruidos externos que suceden de manera aleatoria y una periodicidad variable y prolongada, afectan la audición, ya que no permitan que se escuche bien lo que se dice en las clases durante su emisión. En esta categoría se encuentran los ruidos de los transportes públicos (microbuses y camiones), las sirenas, los aviones,

las construcciones, las cortadoras de pasto y los eventos publicitarios (música). La UPIICSA cumple satisfactoriamente con la norma mexicana que regula los niveles de ruido.

5 SITUACIÓN EMPRESARIAL

Debido a que en México existe una variada y enorme cantidad de empresas de los más diversos géneros y tamaños, es necesario delimitar el contraste de las condiciones ambientales de las zonas o áreas de trabajo, en cuanto a niveles de iluminación y ruido, de la manera siguiente:

1. Se consideran para este análisis sólo los departamentos de producción: taller general y almacenes.
 2. Solamente se consideran las oficinas y departamentos relacionados con la producción: logística, ingeniería, jefatura de línea y oficina de mantenimiento.
 3. Las empresas consideradas en el análisis son:
 - a. Negociación Papelera Mercurio.
 - b. Federal Mogul.
 - c. Volvo Buses de México.
 - d. Distribuidora farmacéutica.
 - e. Manufacturera de sistemas de transporte y manejo de materiales.
- a. Negociación Papelera Mercurio es una empresa dedicada a la



producción y comercialización de envases, empaques, cajas plegadizas y artículos de promoción y publicidad fabricados en papel y cartón. Es una mediana empresa de capital nacional y clientela nacional, que incluye sucursales de empresas trasnacionales. Sus condiciones generales son aceptables, sin embargo existe una cantidad considerable de ruido producida por la maquinaria, principalmente de offset, que no se toma en cuenta, ya que los operarios y trabajadores en general no cuentan con protección auditiva. Debido a su naturaleza de empresa de las artes gráficas, la planta está bien iluminada en las zonas de las máquinas y cada estación cuenta con una mesa de inspección para el supervisor, correctamente iluminada, donde se aprueban principalmente los registros adecuados y las tonalidades. Las oficinas se encuentran en buenas condiciones pero se tienen muchas zonas oscuras en pasillos y rincones, además de encontrarse a un lado de la avenida, por donde circulan camiones de carga y tránsito local a todas horas, lo que aumenta el ruido externo. El almacén general se encuentra sellado pero tiene buena iluminación interior, sin embargo no cuenta con aislamiento acústico.

- b. En el caso de Federal Mogul, esta sucursal se dedica a la fabricación de retenes para automóviles. Debido a que se encuentran certificadas bajo las normas ISO 9000 e ISO 14000, los niveles de ruido están debidamente controlados. Una de las actividades principales es el troquelado, por lo que en toda la planta se exige el uso de tapones auditivos de seguridad y las condiciones de iluminación se verifican constantemente y se cambian periódicamente las luminarias. Las oficinas se encuentran en excelentes condiciones ambientales a pesar de ser austeras. Se tienen muros de cristal que favorecen la iluminación. Debido a su construcción se filtra ruido moderado del exterior y nulo de la planta. En esta planta no existen almacenes, los insumos y consumibles se surten directamente a las celdas de fabricación y los departamentos correspondientes.
- c. Volvo Buses de México es una empresa de capital y origen Sueco, que se dedica al ensamble de autobuses urbanos y foráneos de diversas calidades. A pesar de ser una empresa extranjera, no se tiene un estricto control de los niveles de ruido y de iluminación en almacenes, talleres, líneas de ensamble ni oficinas. Los edificios



y construcción en general son muy antiguos y carecen de diseño apegado a las normas vigentes. El equipo de protección no es exigido pero si se tiene una cultura de seguridad personal. Sin embargo, debido a que la nave es enorme y se encuentra ubicada en medio de la milpa, se tiene una iluminación natural que ayuda a la iluminación artificial, además de que no hay muros en los alrededores que encajonan el ruido. Esta planta y sus almacenes no son del todo ergonómicos pero aprovechan el entorno que los rodea para disminuir el riesgo a la salud de los trabajadores.

- d. Distribuidora farmacéutica es una empresa constituida por un enorme almacén donde se surten pedidos de manera automatizada y manual. Es una empresa de servicio que se dedica a la compra venta de medicinas y cuyo capital es cien por ciento mexicano. Las oficinas están diseñadas bajo la modalidad "Open Plan", es decir, sin muros, solamente existen divisiones moderadas entre departamentos, por lo que se tiene una distribución adecuada y uniforme de la iluminación. El ruido es moderado y no causa molestias generales. En contraste, los niveles de iluminación en el almacén son ampliamente descuidados. Existen zonas de trabajo muy oscuras y

desprotegidas del ruido. Las iluminarias no se cambian periódicamente por su alto costo, a pesar de que se tiene un buen diseño de la nave y un correcto modelo de lámparas aplicado. En la oficina de mantenimiento es necesario colocar lámparas individuales de trabajo y en el turno de la noche es muy insuficiente la iluminación general de toda la empresa. Definitivamente los niveles de ruido no se cuidan y se carece por completo de un sistema de protección y de seguridad en el trabajo.

- e. Finalmente, en la fábrica de transportadores se tienen las más paupérrimas condiciones ambientales, ya que la nave y las oficinas son sumamente antiguas y no se tiene buena iluminación. Esta es una mediana empresa metalmecánica de capital nacional, cuyo mercado principal son grandes empresas de la industria alimenticia mexicana. Las luminarias se cambian hasta después de finalizada su vida útil y en ningunos de los casos se cuida la seguridad de los trabajadores, se tienen prensas y equipo de acabados como esmeriles manuales, que hacen mucho ruido, además se cuenta con una sección donde se fabrican rodillos cónicos que se opera sin condiciones mínimas de seguridad.



Existen zonas muy oscuras en el taller y en el almacén no se cuenta con lámparas suficientes que puedan cubrir las áreas de los anaqueles completos. Como se encuentra ubicada en una zona altamente industrializada, se filtra mucho ruido externo, además de que las propias condiciones del edificio se prestan para permitir el paso de ruido proveniente de la calle.

En resumen, puede decirse que dependiendo del origen del capital y el tamaño de la empresa, se tiene una relación inversa con respecto al cuidado y gestión de las condiciones de trabajo, por lo menos en cuanto a la iluminación y ruido. En contraste con las condiciones de la UPIICSA, puede afirmarse que hay una similitud con las empresas nacionales de mediano tamaño y capital mayoritario nacional. Posiblemente la falta de presión gubernamental o de competitividad no se pone mucha atención a las condiciones ambientales en general, sin embargo debería hacerse un análisis que incluya el nivel de aprovechamiento en los centros educativos y las utilidades en las empresas, con relación al impacto de esta falta de atención al entorno de trabajo. Sería igualmente útil analizar las

condiciones de salud de cada individuo involucrado a través de los años de su operación y revisar cuantos han presentado deficiencias provocadas por las condiciones ambientales. El riesgo es latente y aunque no se regule por obligación gubernamental, debe ponerse atención, ya que la vida humana está por encima de todo ámbito educativo o empresarial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aviléz Ortiz, Sonia. (2007). Metodología para el diagnóstico de calidad del aire interior (CAI) en recintos escolares: caso UPIICSA.
- NEUFERT, Ernst, NEUFERT, Peter. (2006). Bauplanungslehre. Braunschweig: Vieweg und Sohn.
- OIT. (1998). Enciclopedia de Salud y seguridad en el trabajo. Madrid: Oficina Internacional del Trabajo.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STAN DARDS&p_id=9735, 3-XI-2008.
- <http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/>, 3-XI-2008.



Creación de una “Célula de Trabajo” en el área de Embarques y Taller 21 de Mexicana de Aviación

Autor: Rodríguez Valenzuela Manuel Alejandro

Dirección: Camino Real a Toluca 1150 Unidad Infonavit Santa Fe Edificio 12 Depto. 301 Del. Álvaro Obregón México D.F. C.P. 01209 Teléfonos: Casa 55-70-71-87 Ofna. 54-45-29-06. Correo electrónico: manuel.rodriquez-valenzuela@gemalto.com y marv457@hotmail.com

MC José Manuel García Córdova

Dirección: 2do callejón de Independencia No. 31-4 Col San Andrés Tetepilco C.P. 09440 México D.F. Tel (01 55) 25 95 60 67 Correo Electrónico: jgaciaco@ipn.mx, jmgarco@yahoo.com.mx

RESUMEN

Dado el interés por parte de los ejecutivos en la creación de un nuevo taller de embarques y contando con el espacio necesario, se realizó un nuevo lay-out basado en la teoría de células de manufactura, las cuales nos ayudan a optimizar todo el proceso de embalaje, con esto se podrá garantizar el envío oportuno de todos los materiales para su reparación, sin la

necesidad de manejarlo como urgente lo cual eleva los costos de embarque simplemente por querer recuperar el tiempo perdido. Así como la realización de grupos interdisciplinarios de trabajo los cuales facilitan la toma de decisiones

PALABRAS CLAVES

Distribución de Planta: La Distribución de planta consiste en la disposición o configuración de los departamentos, estaciones de trabajo y equipos que conforman el proceso de producción. Es la distribución espacial de los recursos físicos prevista para fabricar el producto.

Kanban: Técnica que nos permite tener el control adecuado de los materiales requeridos en el piso de producción para

realizar el proceso productivo, lanzando la señal oportuna cuando es necesario reabastecer de materia prima la línea de producción.

5's: Es una herramienta que permite mantener la organización y limpieza del lugar de trabajo, logrando con esto disminuir los desperdicios de una planta, que están escondidos tras el desorden y la falta de limpieza.

INTRODUCCION

Una buena distribución de la planta es la que proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores, los objetivos y principios

básicos de una distribución de planta son los siguientes:

- I. Integración total. Consiste en integrar en lo posible todos los factores que afectan la distribución, para obtener una



visión de todo el conjunto y la importancia relativa de cada factor.

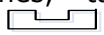
- II. Mínima distancia de recorrido. Al tener una visión general de todo el conjunto, se debe de tratar de reducir en lo posible el manejo de materiales, trazando el mejor flujo.
- III. Utilización del espacio cúbico. Aunque el espacio es de tres
- IV. dimensiones pocas veces se piensa en el espacio vertical. Esta acción es muy útil cuando se

tienen espacios reducidos y su utilización debe de ser máxima.

- V. Seguridad y bienestar para el trabajador. Este debe de ser uno de los objetivos principales en toda distribución.
- VI. Flexibilidad. Se debe de obtener una distribución fácilmente reajutable a los cambios que exija el medio, para poder cambiar el tipo de proceso de la manera más económica, si fuera necesario.

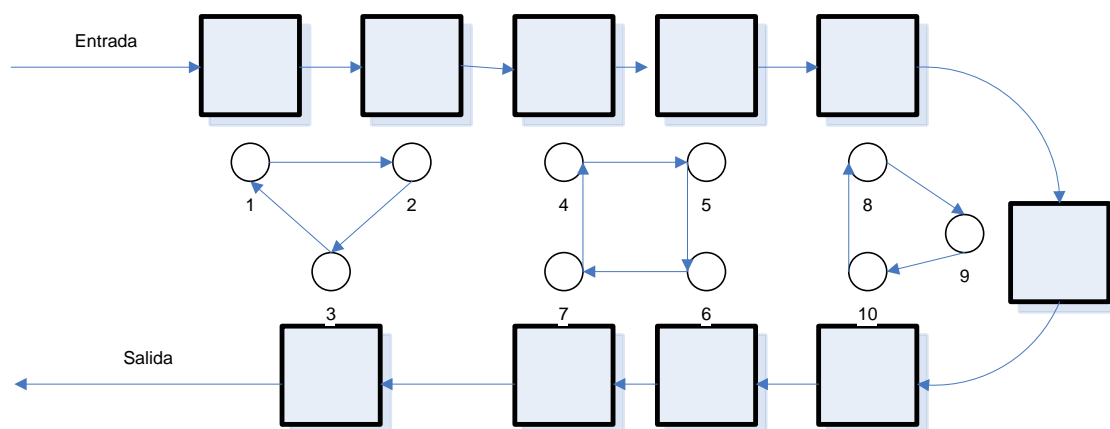
CELULAS DE MANUFACTURA

En el área de embarques y taller 21 de Mexicana de Aviación se detectaron varios problemas, los cuales son responsables de la baja productividad y los tiempos de respuesta excesivos de esta área. Entre los problemas mas complicados a combatir es la una distribución lógica, la cual afectara el manejo de los materiales, la utilización del equipo, los niveles de inventario, la productividad de los trabajadores, e inclusive la comunicación de grupo y la moral de los empleados.

Lo esencial de la distribución en U es que la entrada y la salida de una línea se encuentran en la misma posición y presenta algunas variaciones, tales como las formas cóncava () y circular. La principal ventaja de esta disposición es la flexibilidad para aumentar o disminuir el número necesario de trabajadores, adaptándose a los cambios en las cantidades a

producir (modificaciones de la demanda). Lo cual puede efectuarse incrementando o disminuyendo el número de operarios en el área interior de la línea dispuesta en forma de U.

La producción de arrastre Justo a Tiempo puede también conseguirse en cada proceso. Una unidad de material entrará al proceso mientras una unidad de producto se dirige a la salida. Puesto que ambas operaciones se llevan a cabo por el mismo trabajador, la cantidad de trabajo en curso en la maquinaria permanece siempre constante. Al mismo tiempo, como se mantiene una cantidad estándar de existencias en cada máquina, cualquier desequilibrio de operaciones entre los operarios se haría visible, lo que ayuda a llevar a cabo acciones para mejorar el proceso.



Distribución en planta en forma de U.



Finalmente, la disposición en U permite desarrollar áreas o regiones para operaciones específicas. Los sistemas que utilizan máquinas ampliamente automatizadas sitúan a menudo a los trabajadores únicamente a la entrada y a la salida. Puede tomarse como ejemplo una cadena suspendida. Si las posiciones para carga y descarga de material están distantes, se necesitarán dos personas y cada operario tendrá tiempo, ocioso o tiempo de espera. Sin embargo, si las posiciones de carga y descarga se encuentran situadas en el mismo punto de la línea, un solo operario puede manejar tanto las tareas de entrada como las de salida.

Basándonos en la metodología manufactura esbelta, la cual considera células de manufactura se inicio con

este proyecto considerando la metodología mas adecuada, Para detectar la situación actual en el Departamento de Embarques y Taller 21 para realizar el trabajo de embalaje y envío de componentes, así como el manejo de los materiales y el flujo de proceso, se realizó un cuestionario al **Encargado del Departamento de Embarques y Taller 21** y los resultados se analizan a continuación.

En el rubro de materiales se detectó que los componentes que llegan al Departamento de Embarques y Taller 21 provenientes de los demás talleres, del almacén o de estante, para ser embalados y enviados a reparación, en ocasiones permanecen almacenados sin identificación, por lo que el tiempo de reparación se incrementa.



Situación actual

Por otro lado, para la calificación del rol del personal en el Departamento de Embarques y Taller 21, se detectó que

en ocasiones el personal permanece ocioso debido a que algunas veces los componentes a ser embalados no



tienen la documentación que permita la salida de éstos. Además, el espacio físico disponible para el inventario en proceso (WIP: Work In Process) es demasiado reducido y se congestiona de componentes listos a ser enviados. Además en el rubro de Movimiento y Manejo de Materiales se detectó que se mueven con bastante frecuencia los componentes, ya que una vez que han sido embalados son llevados al área de transferencias para que sean cargados a los respectivos transportes (ya sea de algún proveedor externo o de Mexicana de Aviación)

Para la calificación del rubro de Espera en Almacenamiento se identificó que los componentes que deben ser embalados y enviados a reparación, permanecen más tiempo del necesario en el Departamento de Embarques y Taller 21 debido a que se desconoce su destino de reparación (escasa comunicación entre departamentos), porque no hay documentos que amparen la salida. O por el contrario, los proveedores de los procesos anteriores (almacén, estante o talleres) envían los componentes con el indicador de urgente, a un cuando no lo sean, y éstos son enviados con proveedores externos (FEDEX), por lo que se generan mayores gastos de envío.

En el rubro de Servicios se detectó que hay atrasos debido a que los componentes llegan con escasa información, o en su defecto, no son localizados e identificados los componentes que pertenecen a Mexicana de Aviación bajo consignación de algún proveedor o que tienen garantía. Por lo que al ser enviados y posteriormente se detecta que no debieron seguir ese curso, se incurre en costos de reproceso, de manejo, de envío, entre otros.

También se detectó que el espacio con el que se cuenta actualmente para el proceso de embalaje de los componentes y almacenamiento de éstos cuando están listos para enviarse, no es el adecuado. Por lo que en ocasiones se tienen varios

contenedores apilados y con poco espacio para manipularlos.

Para rubro de Cambio se identificó que la Distribución de Planta actual no obedece a una metodología de Distribución de Planta, por lo que no existen señalizaciones, áreas específicas para cada proceso y materiales.

En el Flujo de Materiales se detectó principalmente que el manejo de materiales no es el adecuado debido a que se cuenta con poco espacio para la manipulación de los mismos. Este rubro nos lleva a otro, en donde se valúa el espacio, en el cual se identificó que la actual Distribución de Planta no permite el manejo adecuado de los componentes, desde que son recibidos por el Departamento de Embarques y Taller 21, hasta que son colocados en el Área de transferencias.

En la Unidad de Tamaño se encontró que el correcto manejo de los contenedores de componentes permitiría que se dañasen menos y que se manipularan con mayor precisión, contrario a lo que hoy sucede.

Por último, uno de los rubros evaluados es el de la Seguridad, en donde se encontró que debido a una deficiente Distribución de Planta, se carece de líneas de seguridad, de espacios físicos bien definidos y de poca visibilidad el flujo de proceso para embalar y embarcar los componentes a ser reparados.

Una vez que se han analizado los principales rubros de la evaluación de la situación actual del Departamento de Embarques y Taller 21, se concluye que una Redistribución de Planta es una oportunidad de mejora que permitiría obtener una mejor distribución del espacio físico, llegando a tener una visibilidad del flujo del proceso más adecuada, mejores condiciones de seguridad, así como una mayor productividad y menor tiempo de preparación, embalaje y envío de los componentes a ser reparados.



Una de las técnicas a utilizar es la metodología de Systematic Lay-out Planning (Planeación Sistemática de la Distribución de Planta) para de esta manera conseguir un flujo de proceso más eficiente.

Como cualquier proyecto de organización, arranca desde un objetivo inicial establecido hasta la realidad física instalada, pasa a través de cuatro pasos de plan de organización.

El paso I es el de **LOCALIZACIÓN**. Aquí debe decidirse donde va a estar el área que va a ser organizada, este no es necesariamente un problema de nuevo físico. Muy comúnmente es uno de los determinados, si la nueva organización o reorganización es en el mismo lugar que está ahora, en un área de almacenamiento actual que puede estar hecha gratis para el propósito, en un edificio recientemente adquirido o en un tipo similar de un área potencialmente disponible.

Para efectos de este caso práctico, resultó realmente sencillo ya que cuentan con un almacén que no se utiliza y se estaba pensando en mudar todo el área de embarques a éste, ya que aquí se cuentan con todos los servicios, una mejor ubicación para la distribución de los productos embalados, la iluminación y seguridad

adecuada. Por lo cual no fue necesario realizar el análisis de clasificación por puntos.

El paso II es donde se **PLANEA LA ORGANIZACIÓN GENERAL COMPLETA**. Esta establece el patrón o patrones básicos de flujo para el área de que va a ser organizada. Esto también indica el tamaño, relación y configuración de cada actividad mayor, departamento o área.

El método SLP utiliza una técnica poco cuantitativa al proponer distribuciones con base en la conveniencia de cercanía entre departamentos. Aquí se muestran los resultados obtenidos de este análisis.

Es así como se obtienen los siguientes diagramas de relación, uniendo las áreas de acuerdo a las prioridades marcadas, mediante líneas de ayuda para visualizar con precisión el grado de relación.

Antes de empezar con la redistribución del área, tenemos que entender el proceso, para poder realizar un diagrama de relación y detectar de qué manera interactúan las diferentes áreas que intervienen en los procesos principales

| Letra | Cercanía | Num. De líneas |
|-------|--------------------------|----------------|
| A | Absolutamente Necesario | ===== |
| E | Especialmente Importante | ===== |
| I | Importante | ===== |
| O | Comun | ===== |
| U | Sin importancia | ===== |
| X | Indeseable | ~~~~~ |

Criterio para el diagrama de relación de relaciones.

| Numero | Razon |
|--------|------------------|
| 1 | Por control |
| 2 | Por higiene |
| 3 | Por proceso |
| 4 | Por conveniencia |
| 5 | Por seguridad |

Criterios de calificación de las relaciones.

En el primer paso, se establecen las relaciones entre las diferentes áreas y se grafican en una forma especial

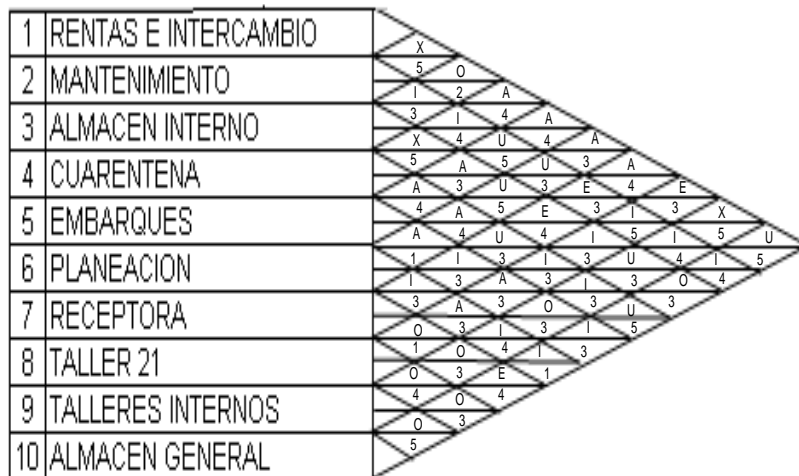
llamada diagrama de relaciones. Una relación es un grado relativo de cercanía, deseada o requerida, entre



distintas actividades, áreas, departamentos, cuartos, según lo determina el flujo de información (volumen, tiempo, costo, ruta) de una gráfica de recorrido, o de manera más cualitativa de las interacciones funcionales o de la información

subjetiva. Es así como se obtienen los siguientes diagramas de relación, uniéndose las áreas de acuerdo a las prioridades marcadas, mediante líneas de ayuda para visualizar con precisión el grado de relación.

DIAGRAMA DE RELACIÓN

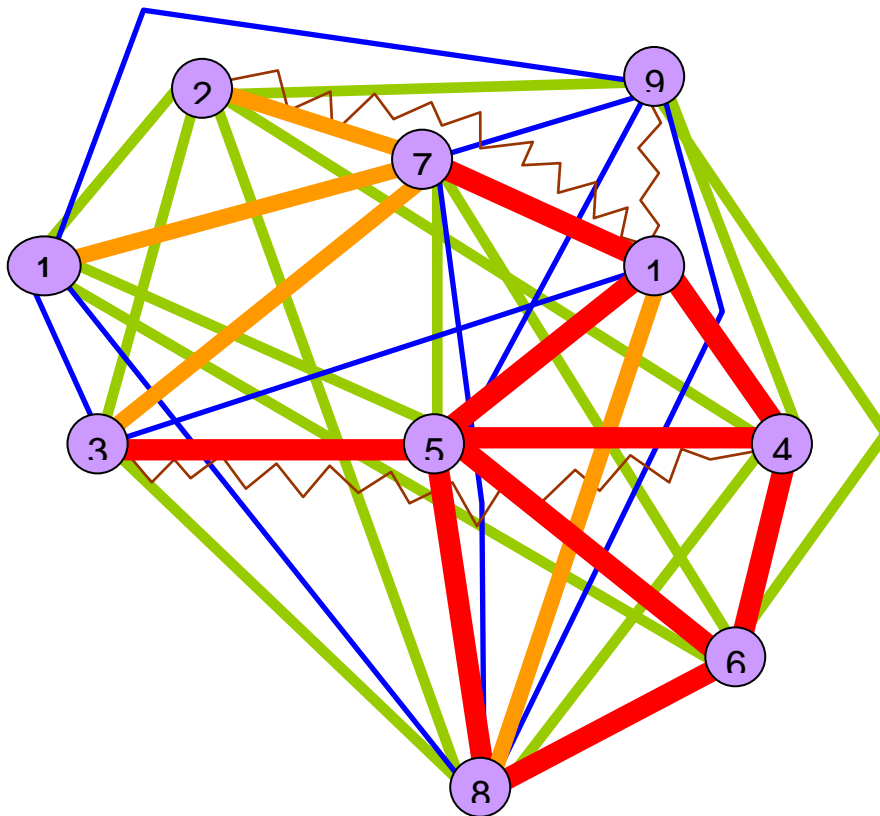


Es así como se obtienen los siguientes diagramas de relación, uniéndose las áreas de acuerdo a las prioridades marcadas, mediante líneas de ayuda para visualizar con precisión el grado de relación. Ahora nos podemos dar cuenta de que el área de rentas e intercambios, es indeseable (X) que se ubique junto al área de

mantenimiento, sin embargo, es absolutamente necesaria (A) su ubicación junto al área de cuarentena, embarques, planeación y el área receptora, con este diagrama podemos revisar la correlación de cada una de las áreas, siguiendo los criterios establecidos para la creación del mismo



Diagrama de hijos completos.



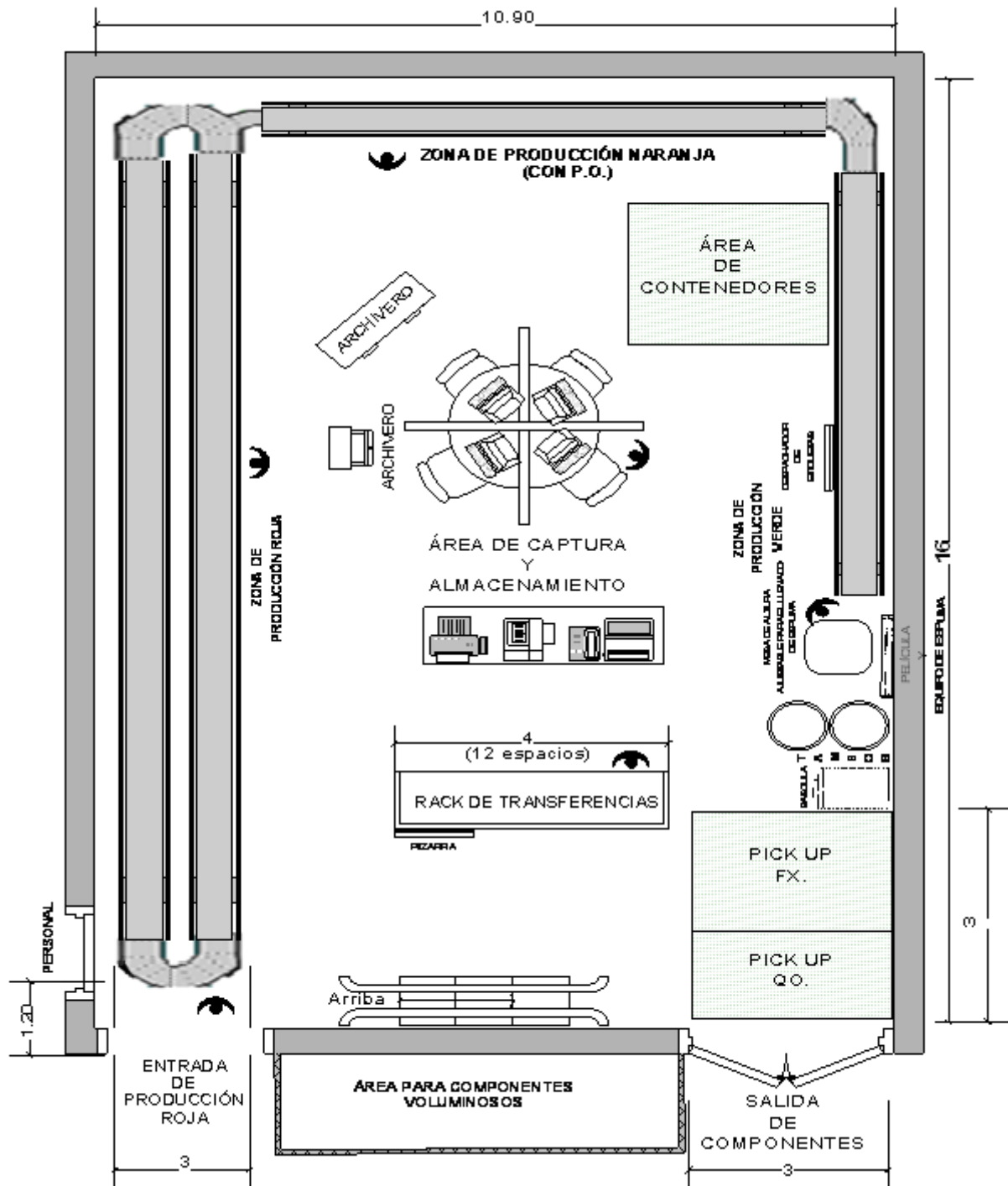
Para poder determinar las áreas que son absolutamente necesarias que se encuentren separadas por la mínima distancia, ya que su función requiere dicha cercanía, se utiliza el Diagrama de las A's, como a continuación se describe.

De esta manera por cada una de las correlaciones y su distancia

necesaria, se clasifican en E's, I's, O's, U's y X's, siendo estas últimas áreas las que por algún motivo no deben estar ubicadas a corta distancia una de la otra.

El paso III es la **PREPARACIÓN EN DETALLE** del plan de organización e incluye planear donde va a ser localizada cada pieza de maquinaria o equipo





Propuesta de la Célula de Manufactura para el Departamento de Embarques y Taller 21

El paso IV es **LA INSTALACIÓN**. Esto envuelve ambas partes, planear la instalación y hacer físicamente los movimientos necesarios. Indica los detalles de la distribución y se realizan

los ajustes necesarios conforme se van colocando los equipos. Por el alcance de este proyecto, la parte de la instalación depende de los directivos de esta compañía.



CELULA ADMINISTRATIVA

Una empresa o industria, depende del pleno funcionamiento de cada uno de sus áreas y departamentos por los cuales está conformada, la sincronía de estos, permite crear y desarrollar partes, bienes o servicios que hacen que la empresa funcione de manera eficiente.

Se detectó que en el Departamento de Embarques y Taller 21, existen desperdicios de tiempo de espera, debido a que los trabajadores involucrados en el flujo de embarque, se encuentran a distancias muy separadas lo que provoca comunicación deficiente, dando como resultado la generación de tiempos muertos y errores en la operación. Debido a lo anterior, se propone la creación de una Célula Administrativa que considera el involucramiento de un trabajador encargado de Compras, que provee una Orden de Compra que permite la selección del componente para determinar el destino de éste.

Además, considera un trabajador encargado de Rentas e intercambios, el cual realiza el filtro de los componentes que han sido adquiridos por un intercambio o que han sido alquilados. Esto con el fin de que los componentes que tienen garantía de reparación con los proveedores de éstos, no sean costeados por Mexicana de Aviación SA. de CV. y sean enviados a reparación por garantía.

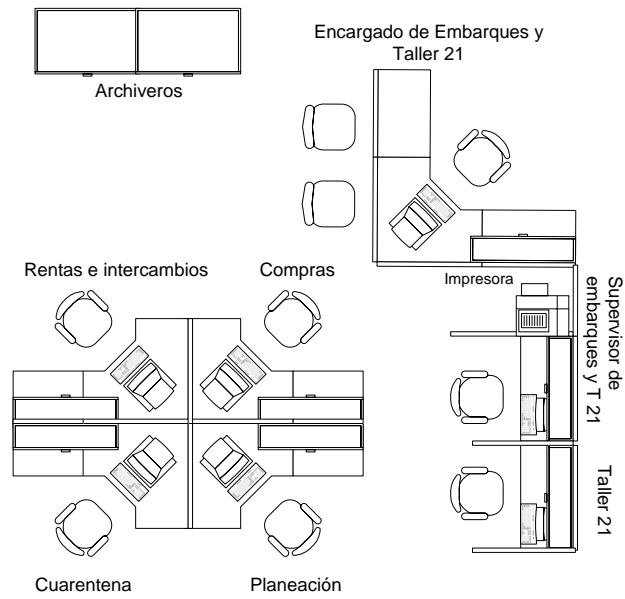
También se involucra al encargado de cuarentena, el cual filtra los componentes que han fallado varias veces en un tiempo corto, para que antes de ser embarcado y enviado a reparación a un taller externo, sea analizado el medio ambiente en donde funciona el componente, y así determinar si es el componente el que tiene la falla o es el medio en el que funciona éste.

De igual manera, se considera al encargado de Planeación, quien se encarga de determinar la prioridad de reparación del componente y de esta manera evitar costos por enviar de manera urgente componentes con proveedores de mensajería externa.

Una vez que se tienen identificados a los principales involucrados en el flujo de embarques, entonces se propone una Célula Administrativa que permita la interacción cercana de éstos. Se pretende que el flujo de información sea más eficiente, además que el filtro de componentes que realmente se requiere que sean enviados con alta prioridad sea el adecuado, que el tiempo de respuesta del área de compras sea menor para que los componentes sean enviados en tiempo y forma. También, disminuir los costos por enviar a reparación componentes que tienen garantía con el proveedor y que por falta de visibilidad de la información son enviados a reparar con altos



costos, tanto de embarque como de reparación.



Propuesta de la Célula Administrativa para el Departamento de Embarques y Taller 21.



CONCLUSIONES

Se podrá realizar el proceso de embalaje de una manera adecuada y más eficiente ya que uno de los beneficios con los que cuentan las células de manufactura es la creación de trabajadores polivalentes, y con estos podremos incrementar nuestra capacidad y disponibilidad del Recurso Humano en los cuellos de botellas, con la intención de reducirlos al mínimo.

Actualmente se cuenta con tres áreas diseñadas para el almacenamiento de la materia prima utilizada para la realización de los embarques, sin embargo, ninguna de estas tres se encuentra en un lugar óptimo para el manejo de este material, lo cual genera retrasos en la línea de embalaje. Con el nuevo modelo de distribución, se logrará concentrar todo este producto en 2 ubicaciones, una de ellas será un almacén balanceado y organizado apoyados en la teoría de control de inventarios, estandarización de operaciones y 5` s y el otro se encontrará dentro de la célula de manufactura el cual será manejado por medio del sistema Kanban. Con esto garantizamos el surtimiento adecuado a la línea de embalaje, así como la reducción de tiempo de búsqueda de la materia prima correcta, reducción del tiempo de tránsito para abastecer la línea, cero faltantes de material, pero sin la necesidad de tener un sobre inventario.

Se realizó el diseño de una célula de administrativa, que tiene como objetivo reducir el tiempo de repuesta de cada uno de los departamentos involucrados durante todo el proceso, así como la correcta toma de decisiones, y por consiguiente se logrará una correcta planeación de los embarques a realizar. Además esta célula administrativa también ayudara a reducir el tiempo de ciclo del área de embarques, ya que se trabajara en embalajes que son realmente ejecutables porque se cuenta con todos los elementos necesarios para su envío. Se logrará contar con un grupo interdisciplinario especializado para los embarques.

La manufactura esbelta, es una filosofía, que como tal no debe de ser tratada como una herramienta, siempre tenemos que tener muy claro que el principal activo de cualquier organización es la gente que

pertenece a ella (se menciona pertenece y no trabaja, ya que se crea un sentido de pertenencia), sino como una cultura que vive en cada uno de los miembros de la organización así como también en la congruencia de los directivos. La mejora continúa de una organización esta en la gente y no en las estrategias que se implementen, de ellos es de donde nacen las grandes ideas que nos ayudaran a mejorar todos nuestros procesos y caminar hacia la eliminación de las actividades que no agregan valor.

BIBLIOGRAFÍA.

- YASUHIRO MONDEN. (1998) Toyota production system. An integrated approach to Just-In-Time. 3rd. Edition, Engineering & Management Press.
- TAIICHI OHNO. (1988) Toyota Production System (Beyond large-Scale Production), editorial Productivity Press, Nueva York.
- JEFFREY K. LIKER. (2004) The Toyota Way, editorial McGraw Hill, Nueva York.
- LARRY RUBRICH & MADELYN WATSON.(1998) Implementing World Class Manufacturing. A Bridge to your Manufacturing Survival. Shop Floor Manual. WCM associates. Fort Wayne, Indiana.
- GUTIERREZ GARZA GUSTAVO. (2000) Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones. Quinta edición. Ediciones Castillo S. A. de C. V., Monterrey, Nuevo León, México.
- K. HODSON WILLIAM MAYNARD, Manual del Ingeniero Industrial. Tomo II. Cuarta edición. Mc. Graw Hill, México, Septiembre de 2001
- BACA URBINA GABRIEL (2002) Ed. Mc. Graw Hill
- MUTHER RICHARD (1987) Distribución de Planta. Editorial Interamericana.



El agua de limón... Un diseño de experimentos

Análisis de los factores principales que determina la preferencia del consumidor

Andrea Guadalupe Jiménez Herrera

Esmeralda Jiménez Quezada

Ivonne Evelia Caballero Hernández

*José Rosario López Hernández**

*Estudiantes de la clase de diseño de experimentos perteneciente a la Maestría en Ciencias con especialidad en ingeniería industrial.

INTRODUCCIÓN

Una de las tareas básicas de la ingeniería industrial es, sin lugar a duda, dar respuesta a la interrogante de ¿Cómo mejorar el diseño de cualquier producto o proceso? La respuesta no es fácil dado que depende de las particularidades del producto o proceso a estudiar.

Básicamente, existen dos vías para obtener información del proceso o producto a estudiar:

1. Observar y monitorear indicadores que muestren desviaciones de lo normalmente registrado a través de la estadística descriptiva, proponiendo acciones correctivas (reactivo).

2. Experimentar, es decir ocasionar cambios planeados, premeditados e intencionales al proceso o diseño del producto y así obtener respuestas útiles para su mejora (proactivo).

A esta segunda estrategia se le conoce como diseño experimental, que es un conjunto de técnicas que manipulan el proceso para inducirlo a proporcionar la información que se requiere para mejorarlo¹. Esta estrategia tiene sus orígenes en los trabajos de Ronald Fisher (1890-1962), desarrollados en la Estación Agrícola Experimental de Rothamsted, en el Reino Unido, donde introdujo el concepto de aleatorización y el análisis de varianza. A lo largo de varias décadas, la teoría del diseño de experimentos y sus aplicaciones se consolidaron y expandieron, recibiendo un fuerte impulso debido a las contribuciones de Genichi Taguchi, un estadístico japonés ampliamente conocido en Occidente.

Las técnicas del diseño de experimentos son aplicables a cualquier sector de la industria (agrícola, manufacturera o de servicios), no importando el tamaño de la organización.

A pesar de que existen otras técnicas para la mejora de productos, como estudios de mercado, Análisis de Modo Efecto-Falla (AMEF), Despliegue de la Función de Calidad (QFD), Plan Avanzado de Calidad del Producto (APQP), las técnicas del diseño de experimentos tienen como función principal, la ventaja de identificar los factores que influyen de manera determinante en el incremento o mejora de la calidad de un servicio o un producto específico.

Lo anterior, da pauta al desarrollo del presente proyecto, que tiene como objetivo identificar estadísticamente aquellas características significativas que influyen en la elaboración del agua de limón, tomando en cuenta las preferencias de quienes la consumen.

JUSTIFICACIÓN

La población mexicana consume una gran cantidad de agua de limón en su ingesta diaria, debido a las propiedades benéficas que esta fruta contiene. Por esto, se decidió aplicar el diseño de experimento en la elaboración de agua de limón para encontrar los factores (variables) que influyen en la decisión del consumidor y de esa manera mejorar el sabor de este producto.



Además, México es el principal productor de limón en el mundo con más de 86,000 hectáreas plantadas y un volumen de producción superior a un millón

D) Se bloquearon, es decir, permanecieron constantes los factores que pudieran influir en la respuesta tales como la cantidad de agua, cantidad de

| Factor controlable | Nivel 1 | Nivel 2 |
|--|----------------|---------------|
| A. Tipo de saborizante | Esencia | Limón natural |
| B. Proporción de azúcar | 2 proporciones | 1 proporción |
| C. Marca de agua | Marca A | Marca B |
| D. Temperatura a la cual se consume | Fría | Ambiente |
| E. Con o sin popote | Con popote | Sin popote |
| F. Material del envase en que se sirve | Plástico | Unicel |
| G. Color | Sin colorante | Con colorante |

Tabla 1. Elaboración propia, octubre de 2008.

121 mil toneladas. De la fruta cosechada, aproximadamente el 40% se destina para consumo en fresco y el 60% a la industria, para la obtención de aceite esencial, jugo concentrado y pectinas. De estos derivados, el más importante es el aceite esencial destilado que se exporta, principalmente, a los Estados Unidos.²

METODOLOGÍA

Planeación del experimento

A) Se eligió como unidad experimental a los miembros de la comunidad de UPIICSA de la sección de graduados en el horario vespertino.

B) Se determinaron los factores estudiados y sus respectivos niveles (diferentes valores que se asignan a cada factor estudiado) los cuales se muestran en la tabla I.

C) Se elaboraron ocho mezclas distintas de aguas de limón (corridas experimentales), siguiendo la recomendación del arreglo ortogonal L8 definido por la técnica de Taguchi. Se seleccionó este arreglo dado que permitía realizar el experimento en un lapso corto de tiempo y empleando pocos recursos. Se identificó cada corrida con una etiqueta de color distinta, como se muestra en la tabla 2.

hielo y la secuencia de la preparación del agua de limón.

E) Se definieron 10 degustaciones por cada tratamiento o mezcla, seleccionando al azar a las personas participantes, dando como resultado un tamaño del experimento de 80 observaciones

F) Se definió una escala para evaluar el grado de aceptación o rechazo, de la mezcla o tratamiento dado que la variable de respuesta fue del tipo cualitativo. La escala empleada fue:

I. Cuando el sabor era desagradable, 2. Cuando el sabor era normal y 3. Si el sabor era agradable. (formato I)

G) Se seleccionó la meta de calidad entre mayor sea la puntuación obtenida es mayor el agrado del consumidor.

Ejecución del experimento

A) En una primera instancia se elaboraron las 4 primeras bebidas que emplean saborizante artificial (esencia), aplicando el siguiente estándar:

a. El volumen de agua empleada en cualquiera de estos tratamientos (1, 2, 3, 4) fue de 1.5 litros.

b. La cantidad empleada de esencia fue la misma (25 ml en cada una)

c. Para los tratamientos 1 y 3 se emplearon 5 cubos de hielo en cada uno de ellos.

d. Para los tratamientos 2 y 3, se empleo la misma cantidad de colorante artificial.

e. El orden de la preparación de la mezcla fue: primero el agua, seguida de la esencia, del azúcar, el colorante artificial (sólo

1. Malo 2. Normal 3. Bueno

Color: _____ Sexo: F M

Formato 1. Fuente: Elaboración propia, octubre de 2008.

| Nivel 1 | Esencia | Azúcar 2 | Marca A | Fría | Con popote | Plástico | Sin colorante |
|------------|---------|----------|---------|----------|------------|----------|---------------|
| Nivel 2 | Limón | Azúcar 1 | Marca B | Ambiente | Sin popote | Unicel | Con colorante |
| PRUEBA | FACTOR | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | F | G |
| 1 Azul | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 Amarillo | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 Verde | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 4 Rojo | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 5 Morado | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 6 Café | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 7 Naranja | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 8 Negro | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |

Tabla 2. Fuente: Elaboración propia, octubre de 2008



para el tratamiento 2 y 3), finalizando con el hielo que fue sólo para los tratamientos I y 3.

f. Para el caso de las mezclas I y 2, se aplicó una y media proporción de azúcar, mientras que en la 3 y 4 sólo se empleó una proporción.

B) Una vez concluidas las mezclas, éstas se sirvieron en sus correspondientes vasos previamente etiquetados con base en el color correspondiente a la bebida que contenían (ver tabla 2)



C) Se realizó la invitación a los miembros de la comunidad quienes después de haber probado la muestra llenaron el formato, registrando su percepción de agrado o desagrado y el color de la etiqueta del vaso.

D) Concluidas las 4 corridas con sus respectivas 10 replicas, se elaboraron los 4 tipos restantes de bebidas pero ahora empleando el limón natural

a. El volumen de cada mezcla fue exactamente igual de 1.5 litros cada una

b. El número de limones exprimidos en cada mezcla fue de 6.

c. Para los tratamientos 5 y 7 se emplearon 5 cubos de hielo en cada uno de ellos.



d. Para los tratamientos 5 y 8, se empleó la misma cantidad de colorante artificial

e. El orden de la preparación de la mezcla fue: primero el agua, seguida del limón, del azúcar, del colorante artificial (sólo para el tratamiento 5 y 8), finalizando con el hielo que fue sólo para los tratamientos 5 y 7.

f. Para el caso de las mezclas 5 y 6, se aplicó una y media proporción de azúcar, mientras que en la 7 y 8 sólo se empleó una.

E) De igual forma se invitaron a cuarenta personas más a participar, quienes seleccionaron al

azar una de éstas bebidas y registraron su evaluación en el formato I.

ANALISIS DE RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente, el objetivo del diseño de éste experimento consistió en estudiar el efecto de siete factores previamente seleccionados sobre las respuestas del consumidor así como determinar cual valor de cada uno de ellos favorecía

| Fuente | GL | SS | MS | RAZON F | S* | % | F teórico $\alpha=0.05$ |
|--------------|----------|---------------|---------------|------------|------------|------------|-------------------------|
| A* | 1 | 0.0313 | 0.0313 | | | | |
| B | 1 | 1.0513 | 1.051 | 36.6 | 1.02 | 63% | 7.71 |
| C* | 1 | 0.0613 | 0.0613 | | | | |
| D | 1 | 0.3612 | 0.3612 | 12.6 | 0.33 | 20% | 7.71 |
| E* | 1 | 0.0113 | 0.0113 | | | | |
| F* | 1 | 0.0113 | 0.0113 | | | | |
| G | 1 | 0.1013 | 0.1013 | 3.5 | 0.07 | 4% | 7.71 |
| Error | | | | | | | |
| Error acumu | 4 | 0.1150 | 0.0288 | 1.0 | 0.20 | 12% | |
| TOTAL | 7 | 1.6288 | 0.2327 | 8.1 | 1.6 | 1.0 | |

Tabla 3. Elaboración Propia, octubre 2008.

su preferencia. para lograrlo se definieron ocho diferentes tipos de agua de sabor limón con base en un arreglo ortogonal L8 (técnica de Taguchi), dado que permite el estudio de siete factores con dos niveles cada uno (alternativas de decisión)

A los resultados de éstas corridas se les aplicó un análisis de varianza cuyos resultados se muestran en la tabla 3.

La proporción de azúcar contenida en el agua (factor B) y la temperatura a la cual se sirvió el agua de limón (factor D) afectaron de manera significativa la preferencia del consumidor. El primer factor contribuyó en un 62% a explicar el agrado o desagrado que generó la bebida preparada, mientras que la temperatura sólo contribuyó en un 20% en el comportamiento de la respuesta.

Los efectos de estos dos factores se dicen activos dado que el estadístico F determinado superó por mucho el valor F teórico definido para un nivel de significancia del 5%.

Contrario a lo que suponía el equipo de investigación, resultó que el hecho de emplear limones o un saborizante artificial en la preparación del agua no influyó significativamente en el gusto. En cuanto al uso de color en el agua de sabor limón, estadísticamente no marcó de manera significativa la preferencia del consumidor (el valor del estadístico F determinado resultó ser menor al valor teórico).



El resto de los factores controlables como son el tipo de saborizante, la marca de agua, el material del vaso en el que se sirvió y el uso de popote, no contribuyeron significativamente en el resultado de la evaluación de las distintas aguas de sabor limón. El criterio para definir cuál de los dos valores se deben seleccionar para cada uno de estos factores cuyo efecto estadístico en la respuesta fue prácticamente nulo, puede ser con base en la economía; por ejemplo, respecto al tipo de marca de agua se puede emplear la más económica teniendo la certeza de que esta decisión no afectará la preferencia del consumidor, lo mismo sucedería si se elimina el popote y si se emplea el vaso de unicef en lugar del plástico.

En la tabla 3 se observa un 12.4% de error

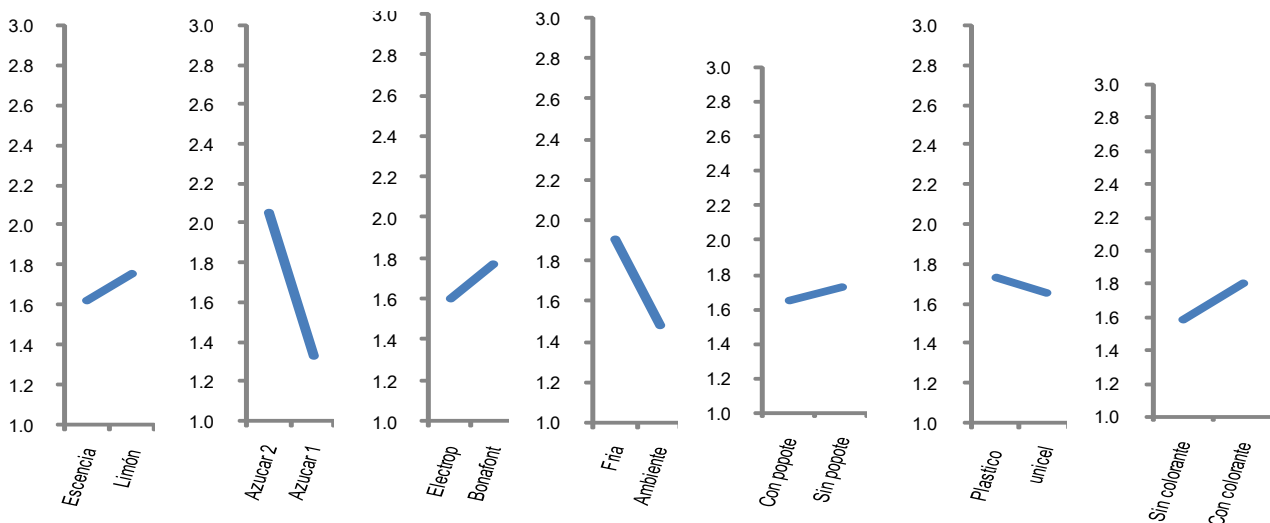


Gráfico 1. Fuente: Elaboración propia, octubre de 2008.

agrupado, éste porcentaje no corresponde en su totalidad al error en el desarrollo del experimento propiamente dicho, sino más bien al porcentaje de variabilidad no explicada, es decir en cualquier experimento siempre habrá un remanente de variabilidad debida a los efectos que tienen aquellos factores que no se estudiaron en el experimento. En nuestro caso particular, podemos suponer que este porcentaje de variación pudo haberse a tribuido al horario en que se realizó el experimento, o bien al clima húmedo que se observó en el momento de la aplicación o inclusive al estado de ánimo de los participantes. Lo importante aquí es no pasar por alto este indicador, que inclusive es generador de conocimiento al indicarnos que existe la

posibilidad de mejorar la definición de cualquier producto o proceso, y por lo tanto da pie a la realización de experimentos posteriores encaminados a encontrar aquellos factores que influyen significativamente en la preferencia del agua de sabor limón.

Ahora nos hace falta evaluar cuál de las combinaciones (arreglos) entre los diferentes niveles de cada uno de los factores definen el tipo de agua de sabor limón que tuvo mayor éxito entre los encuestados, para ello se aplicó la metodología de Taguchi. Él, con su propuesta de arreglos ortogonales, se enfoca básicamente a las cuestiones prácticas conformando la definición de éstas para facilitar el desarrollo del experimento.

Bajo esta misma línea se determinó la respuesta promedio de cada uno de los niveles de los factores,

cuyos resultados se muestran en el gráfico I.

Estas gráficas permiten visualizar cual es el nivel por factor que tuvo mayor aceptación entre los encuestados, lo que se traduce en un mayor conocimiento sobre las características que deberá cumplir el agua de sabor limón para llegar a ser la favorita entre los consumidores.

La pendiente de cada una de las líneas graficadas denota el grado de diferenciación en la preferencia, siendo los tres factores de mayor impacto: la proporción de azúcar, la temperatura del agua y el

| Prueba | Niveles | | | Resultado | Estimación | Identificar media |
|--------|---------|---|---|-----------|------------|-------------------|
| | B | D | G | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2.00 | 1.69 | media |
| 7 | 2 | 1 | 1 | 1.40 | -0.73 | a |
| 6 | 1 | 2 | 1 | 1.80 | -0.43 | b |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 1.10 | 0.08 | ab |
| 5 | 1 | 1 | 2 | 2.60 | 0.23 | c |
| 3 | 2 | 1 | 2 | 1.60 | -0.08 | ac |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 1.80 | -0.18 | bc |
| 8 | 2 | 2 | 2 | 1.20 | 0.13 | abc |

Tabla 4. Elaboración Propia, octubre 2008.



colorante artificial. Y los dos factores de menor diferenciación resultaron ser el tipo de material del vaso y el empleo del popote (menor inclinación).

El factor de contenido de azúcar, es el que presenta una mayor pendiente respecto del resto, lo que nos lleva a pensar que los niveles de éste probablemente estén muy distanciados uno del otro, y por lo tanto su efecto en la variable de respuesta al cambiar de una proporción a una y media sea muy amplio. Lo anterior puede servir de referencia para futuros experimentos en donde se afine el contenido de azúcar para optimizar la definición de la bebida.

Como es posible apreciar ninguna de las factores-niveles obtuvo una puntuación promedio superior al 2.2, sino más bien fluctuaron entre 1.3 y 2 puntos, lo que nos hace suponer de primera instancia que ninguno de éstos por sí sólo hizo que la bebida tuviera una gran aceptación o rechazo total, sino más bien fue la combinación de varios de ellos.

Dado que el criterio de calidad es: entre mayor puntuación otorgada a una bebida significa que es de mayor agrado, se observa en la grafica I que el agua de sabor con mayor preferencia (corrida confirmatoria) está definida por la combinación de: el uso de limón en lugar de saborizante artificial, el emplear una y media proporción de azúcar en vez de una sola, utilizando agua de la marca B, a una temperatura fría en vaso de plástico sin popote y empleando un colorante artificial. La definición de esta bebida coincidió exactamente con la bebida número 5, cuya respuesta promedio de evaluación fue de 2.6 puntos es decir el equivalente al 86.6% de la puntuación máxima (ver tabla 2).

En contraposición, la bebida que obtuvo la mínima puntuación fue la número 4 con 1.10 (36.6% de calificación), elaborada con esencia, con una proporción de azúcar, empleando agua marca B, servida a temperatura ambiente, sin popote y en un vaso de plástico sin colorante. Aquí se puede observar el contraste de elegir una combinación de factores utilizando un criterio subjetivo en comparación con el derivado de un estudio experimental.

En adición, se aplicó el algoritmo de Yates empleándose un arreglo factorial 2^3 , es decir de 3 factores con 2 niveles cada uno, dando un total de 8 combinaciones.

Estos tres factores seleccionados fueron: la proporción de azúcar (factor B), la temperatura (factor D) y el uso de colorante (factor G)

Los resultados se muestran en la tabla 4.

Nuevamente se confirma el mismo resultado observado con Taguchi, los factores que marcaron la diferencia en las preferencias son el contenido de azúcar, la temperatura y el color, al observar un valor absoluto de estimación superior al resto, de 0.73, 0.43 y 0.23 respectivamente. Donde la corrida con un mejor resultado coincidió con la bebida número 5 (calificación de 2.6 puntos) seguida de la bebida número 1 con una calificación promedio de 2, siendo la diferencia entre estas dos bebidas la aplicación de color artificial, lo que da una ventaja a la bebida no. 5 de 0.6 puntos adicionales en la evaluación.

Así mismo la interacción que no debe aplicarse en la bebida, según Yates, es la BD consistente en un bajo contenido de azúcar a temperatura ambiente, dado que fue la que obtuvo el mínimo valor absoluto de estimación (0.08).

Finalmente, el equipo se planteó la interrogante sobre si ¿el criterio de evaluación de las mujeres era estadísticamente diferente o igual al criterio de evaluación de los hombres?, en otras palabras si las mujeres eran más estrictas al evaluar o no. Por lo que se aplicaron dos pruebas de hipótesis, una diferencia de medias y otra prueba de igualdad de varianzas.

Los resultados indicaron que el sexo no estaba relacionado con el grado de severidad con que se evaluaron las bebidas, es decir el criterio de evaluación tanto de los hombres como el de las mujeres no son estadísticamente diferentes, y de igual forma ambos tienen el mismo grado de variabilidad o de error de apreciación en sus evaluaciones.



CONCLUSIONES

La realización del presente experimento ejemplifica como a través de la aplicación de las técnicas de diseño de experimentos se genera un proceso de aprendizaje respecto al producto o proceso que nos interesa mejorar.

La posibilidad de mejora de cualquier proceso o producto está en función directa del grado de conocimiento que se tenga sobre éste. Una de las mejores estrategias para lograrlo es a través de la experimentación dado que se induce la generación de la respuesta mediante la manipulación planeada y organizada de materiales, métodos y/o condiciones de operación para obtener datos que al analizarlos estadísticamente se traducen en información valiosa para su mejora, de manera rápida y con pocos recursos.

Tal es así, que la aplicación del diseño de experimentos en el presente proyecto nos permitió determinar por un lado aquella combinación de factores significativos (una y media proporción de azúcar, agua fría y colorante), que contribuyen a definir la mejor bebida de agua de limón, y por otro identificar aquellos factores no determinantes cuyos valores más adecuados pueden ser definidos en función de la mayor economía que proporcionen al producto. Llegar a estos resultados sin considerar el arreglo ortogonal o el de Yates hubiese exigido mayor cantidad de recursos y de tiempo, y al final nos hubiera llevado a resultados similares.

Sin lugar a dudas del aprendizaje derivado de este primer experimento, surge inevitablemente la necesidad de desarrollar nuevos experimentos que se planeen en un futuro, que permitan llevar a la definición del agua de sabor limón a condiciones óptimas

En resumen las técnicas de diseño de experimentos son una estrategia para inducir respuestas, probar conjeturas y generar aprendizaje. ¡Aplicalo!

BIBLIOGRAFIA

1 Gutiérrez Pulido, Humberto. De la Vara Salazar Román. Análisis y diseño de experimentos. Editorial McGrawHill, 2004, México.

2 www.campocolima.gob.mx/COSTOSPRODUCCION/LIMON/limon.pdf

3 Walole, Ronald E., Myers, Raymond; Myers, Sharon L. Probabilidad y estadística para ingenieros. Edit. Pearson, 1999, México

4 Ross, J Phillip. Taguchi Techniques for Quality Engineering. Edit. McGraw Hill, 1988, E.U.



El Turismo Mexicano como una opción de ingreso de divisas, ante la escasez del petróleo.

* M. en C. Jesús Manuel Reyes García. Profesor Investigador

* Dr. Juan Ignacio Reyes García. Profesor Investigador

**Ing. Omar Albino Sánchez. Alumno PIFI

En Abril de 2004 el analista y experto en petróleo, el iraní Alí Bakthari hizo una predicción: “Hacia final de año, veremos el petróleo a 50 dólares” dijo a la audiencia en la reunión anual de la Asociación para el Estudio del Petróleo y el Gas (ASPO, Association for the Study of Peak Oil) En Berlín.¹

Este personaje fue visionario, los precios del petróleo se encuentran al 15 de Junio de 2008, cerca de los 129 dólares... No obstante cualquier explicación que se pueda dar sobre el motivo del alza del precio del barril de crudo, a mediano y largo plazo no se avizora una baja del mismo, porque no debemos olvidar que se trata de un recurso que se agota, y esto se debe principalmente a que el petróleo de extracción barata se está agotando y estamos entrando al terreno del petróleo de extracción cara. Lo anterior aunado a que “una gran parte del aumento del consumo energético previsto tendrá lugar en los países periféricos, sobre todo en las nuevas potencias emergentes (en especial China e India). Todos ellos, tomados en conjunto, consumirán entonces sustancialmente más que los países de la OCDE (al contrario que hoy en día), y éstos últimos incrementarán también enormemente su dependencia energética exterior”²

Aunque todavía queda alrededor de 1 billón 200 mil millones de barriles en el planeta, cantidad que representa un poco más de la mitad del petróleo convencional que la naturaleza creó en eras geológicas anteriores, éste va a ser cada vez más difícil y caro de extraer porque el petróleo fácil y barato de producir ya se consumió.³

El petróleo como tal no se va a agotar nunca. Cuando el precio sea prohibitivo se dejará de extraer. En un pozo se aprovecha menos de la mitad del petróleo que hay, porque no hay tecnología para extraerlo todo. Con la subida de los precios o con nuevas tecnologías se podrá extraer el petróleo de las profundidades marinas,⁴ que es donde se encuentra.

“La revista ABC en línea, vaticina: “En condiciones geopolíticas y climáticas normales, el petróleo debería aminorar la velocidad de su carrera alcista de precios, pero hay tanta inestabilidad que la horquilla del precio del petróleo, se sitúa entre los 60 y los 150 dólares, alcanzando este último precio, en el caso de que haya ciclones violentos este verano en los Estados Unidos.”⁵ Sin embargo

³ Buenfil F.A. “Cuando se acabe el petróleo” Revista Electrónica”30/10/2005.

⁴ consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2006/05/24/152277.php

⁵ Velarde F,J. Revista ABC.es. 20080526. www.abc.es/20080526/economía-economía 29 de Mayo 2008

¹ www.crisisenergética.org/forum/viewtopic.php. 7/06/08

² Fernández D. El inicio del Fin de la Era de los Combustibles Fósiles. “Revista Viento Sur”. Otoño.2006.España



se observa la posibilidad de que el precio del petróleo alcance los 150 dólares en un par de meses sin que se presenten ciclones violentos.

Una prueba de la inestabilidad que vive el mercado del petróleo es que la semana pasada (esto se escribe el 15 de Junio de 2008), los

contratos de futuros de este producto para 2016, alcanzaron el precio de 139.3 dólares el barril, habiendo registrado además subidas de hasta 9 dólares en un solo día.

Observemos el comportamiento de los precios del petróleo a partir de 1970 a 2008

Tabla 1. Comportamiento de los Precios del Petróleo, Período 1970-2008

| Año | Evento propiciador de aumento en precio | Mes | Precio |
|------|--|--------------|--------|
| 1970 | | | 1.80 |
| 1974 | Embargo de la OPEP. 1er shock petrolero | | 10.00 |
| 1979 | La guerra Irán Irak 2do shock petrolero | | 20.00 |
| 1980 | Continúa la guerra que impulsa el precio | | 30.00 |
| 1981 | Efectos de la misma guerra | Ene-Feb- Mar | 39.00 |
| 1990 | Antes de la guerra del Golfo | Sep.- Oct. | 40.00 |
| 2001 | Ataque del de Septiembre | Septiembre | 30.00 |
| 2001 | Finales del año | Diciembre | 30.00 |
| 2003 | | Febrero | 40.00 |
| 2004 | | Mayo | 40.00 |
| 2004 | Inicio del aumento en los precios por | Septiembre | 50.00 |
| 2005 | exceso en la cantidad demandada, contra | Junio | 60.00 |
| 2005 | El escaso descubrimiento de nuevos yaci- | Agosto | 70.00 |
| 2007 | mientos. | Septiembre | 80.00 |
| 2007 | | Octubre | 90.00 |
| 2008 | | Enero | 100.00 |
| 2008 | | Marzo | 111.00 |
| 2008 | | Abril | 115.00 |
| 2008 | | Mayo | 120.00 |
| 2008 | | Mayo | 135.00 |
| 2008 | | Junio | 139.89 |

Fuente: -Elaboración propia con datos de Prodigy MSN Dinero-Noticias⁶.

En la tabla anterior, se observa que el incremento en los precios a partir de 1970 a Mayo de 2004, fue propiciado por eventos bien determinados que provocaron un shock en el precio del petróleo, observe que los precios en esta etapa se mantuvieron en el tiempo, sin embargo, a partir de Septiembre de 2004, los precios no permanecen estables, cambian rápidamente y el factor preponderante del alza en el precio, es el exceso de la cantidad demandada contra el escaso descubrimiento de nuevos pozos petroleros. Lo anterior lleva a la siguiente reflexión:

“Aunque se invierta más en exploración, cada vez se van a descubrir yacimientos más pequeños porque todos los grandes fueron descubiertos hace medio siglo (Figura 1), así como los mejores asientos en el cine se ocupan primero o las mejores tierras se cultivan antes que las peores. Desgraciadamente, sólo millones de años de condiciones ecológicas y geológicas muy particulares

⁶ <http://dinero.prodigy.msn.com/noticias/articulo.aspx?cp-documentid=8098424>



pueden crear más petróleo o cualquier otro recurso fósil. Actualmente se descubre sólo un barril de petróleo por cada cinco que se consumen a nivel mundial.”⁷

“De esta forma, si la producción de petróleo siguiera en el futuro al mismo ritmo que en 2006, las reservas mundiales –salvo que se encontrasen nuevos [yacimientos](#), durarían 41 años. En los últimos 30 años, la capacidad máxima de reservas de petróleo se alcanzó en 1989, cuando se estimó que éstas durarían 44 años más.”⁸

Figura 1. Descubrimientos anuales de yacimientos de petróleo desde 1930 y extracción

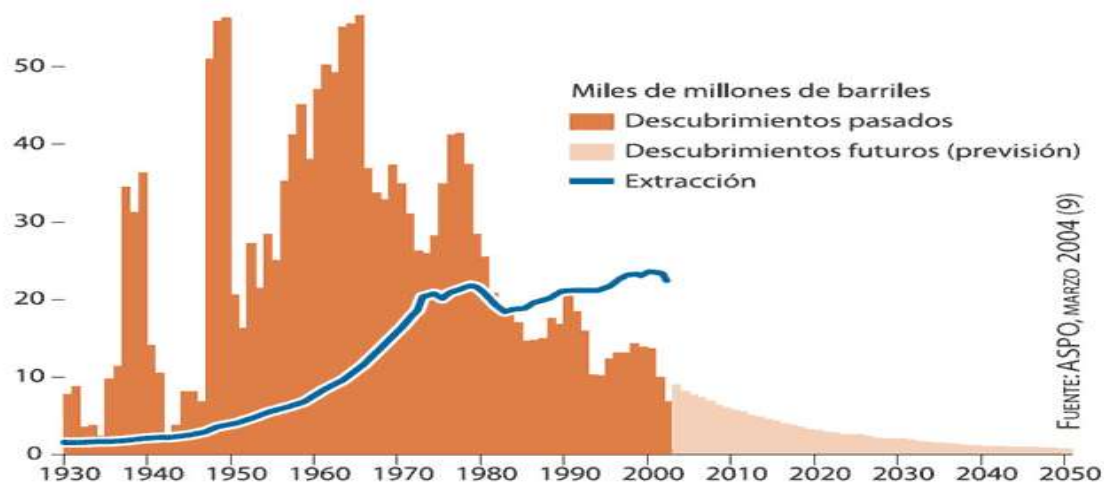


Figura 1. El creciente déficit entre los descubrimientos y la producción de petróleo a nivel mundial, hasta 2003. Se observa que a partir de los años 80 la extracción de petróleo a nivel mundial, comienza a superar el petróleo que se descubre cada año. (1 Gb. = mil millones de barriles). **Fuente:** ASPO, Boletín N° 57 - Septiembre 2005.⁹

Estimación de las reservas de petróleo.

Un aspecto substancial en el campo de las fuentes fósiles, es la distinción que se debe hacer entre recursos y reservas. Los recursos del petróleo, son todas aquellas zonas subterráneas, ubicadas a veces a considerable profundidad, que debido a sus características geológicas, contienen algún tipo de petróleo. Lo anterior no significa que estos yacimientos sean fácilmente explotables, ni que su petróleo se pueda extraer de forma económica, ni tampoco que los esfuerzos económicos invertidos en la extracción rebasen el valor que se recupere. Las reservas a diferencia de los recursos, son aquellos petrolíferos donde una extracción económica con la tecnología disponible parece factible, aunque los criterios de diferentes analistas, compañías y gobiernos pueden variar considerablemente. El tamaño de las reservas por definición, es más pequeño que el de los recursos, y a menudo la diferencia es enorme.

¿Cómo es posible determinar y por consecuencia conocer en forma práctica, el tamaño de las reservas del petróleo a nivel mundial?

⁷ <http://www.jornada.unam.mx/2005/10/30/mas-andres.html>. 23/05/08

⁸ <http://elpetroleo.aop.es/Tema4/Index3.asp.13>, de Junio de 2008

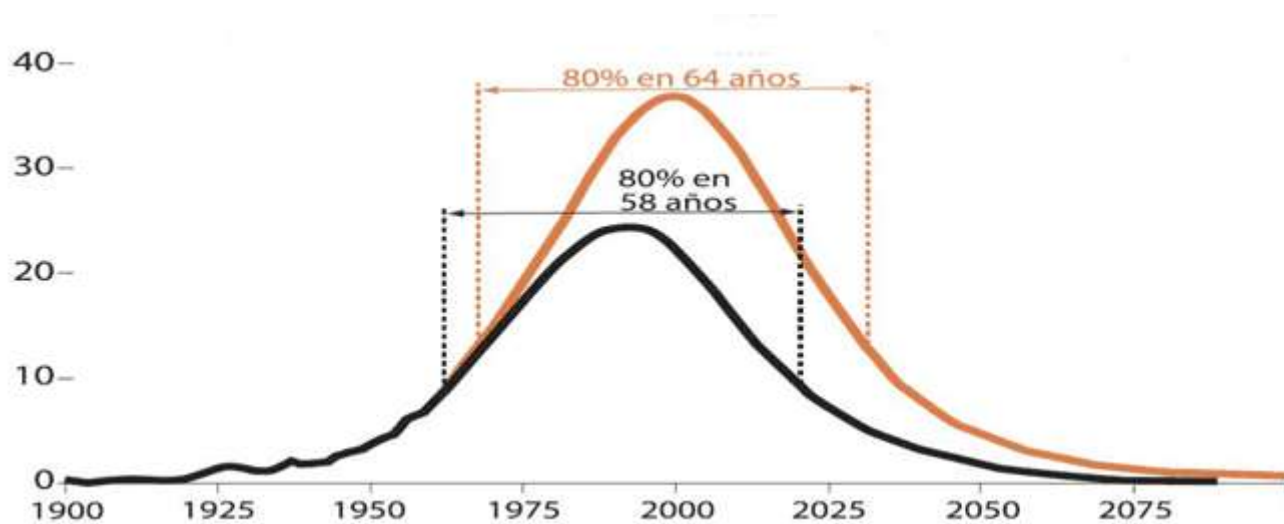
⁹ ASPO, Boletín N° 57 - Septiembre 2005



La respuesta más confiable, la encontramos en la teoría del pico de Hubbert, también conocida como cenit del petróleo, petróleo pico o agotamiento del petróleo, es una influyente teoría acerca de la tasa de agotamiento a largo plazo del [petróleo](#), así como de otros [combustibles fósiles](#). Pronostica que la producción mundial de petróleo llegará a su cenit y después decrecerá tan rápido como creció, resaltando el hecho de que el factor limitador de la extracción de petróleo es la energía necesaria que haya que aplicar y no su costo económico.

“El modelo propuesto en 1956 por el geólogo M.K. Hubbert (en aquel entonces empleado de la Shell). Muy plausible y exitoso, llamado de crecimiento logístico, aplicado a los datos de producción anual del petróleo en los 48 estados contiguos de Estados Unidos, condujo a Hubbert a la predicción que la producción doméstica de Estados Unidos alcanzaría su máximo alrededor del año 1969 con un subsecuente descenso en forma de campana.

Figura 2. Proyección de la producción mundial de petróleo publicada por Hubbert en 1971.



Fuente: Deffeyes S. K. “Hubbert’s Peak”¹⁰

La curva superior muestra que, aunque las reservas fuesen vez y media mayores, la fecha del pico de producción, sólo se retrasaría ocho años, y el tiempo que la humanidad invertiría en consumir todas las reservas mundiales, sólo se ampliaría 6 años.

La predicción se cumplió rigurosamente y desde entonces la curva de Hubbert describe la producción doméstica de petróleo de Estados Unidos con un margen de error del 5%. El mismo análisis fue realizado para el campo petrolero Prudhoe Bay en Alaska: En este caso el máximo de la producción anual se alcanzó en el año 1990 y ha estado decreciendo desde entonces.”¹¹

¹⁰ Deffeyes S. K. “Hubbert’s Peak”. The Impending World Oil Shortage. Published by Princeton University Press. 2003. USA.

¹¹ Probst O. El Ocaso del Petróleo y las Fuentes Energéticas Alternativas. Director del Departamento de Física e Investigador del Centro de estudios de Energía. ITESM. Campus Monterrey. PWG-PAPERS. Noviembre 2005



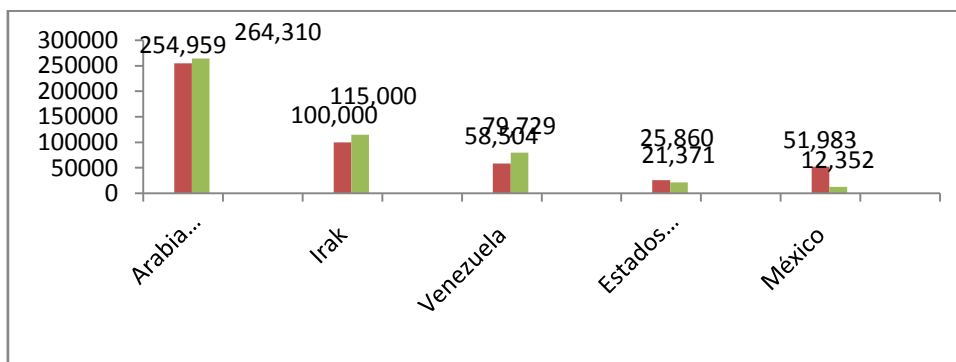
Para Hubbert el modelo tiene dos vertientes; la primera es que la producción del petróleo aumenta exponencialmente, mientras que el incremento de las reservas totales recuperables se encuentra lejos de ese crecimiento. A la relación de las variables mencionadas se le conoce como crecimiento no restringido, cumpliéndose con exactitud en todas las regiones productoras de petróleo del mundo, con excepción del Golfo Pérsico, por la disminución deliberada de la producción desde los años setenta, ordenada por los gobernantes.

La segunda vertiente es que el modelo muestra una disminución de la producción anual proporcional a la diferencia entre la cantidad de petróleo ya producida y acumulada y las reservas totales recuperables. Además señala que la producción de la última cantidad de petróleo, costará más por esfuerzos adicionales que la producción de la primera. Las dos afirmaciones le dan el valor logístico al modelo.

Reservas Probadas de los Principales Productores del Mundo.

En la figura siguiente se presentan las reservas probadas de crudo de los principales productores en dos fechas, en donde se observa la movilidad.

Fig. 3. Reservas probadas de crudo



Fuente INEGI.gob.mx.

1990 2005

Hasta este momento hemos analizado la problemática mundial que el petróleo presenta, problemática en la que México también está sumido. Veamos qué sucede con la producción y las reservas de petróleo de nuestro país.

El Cenit del Petróleo en México.

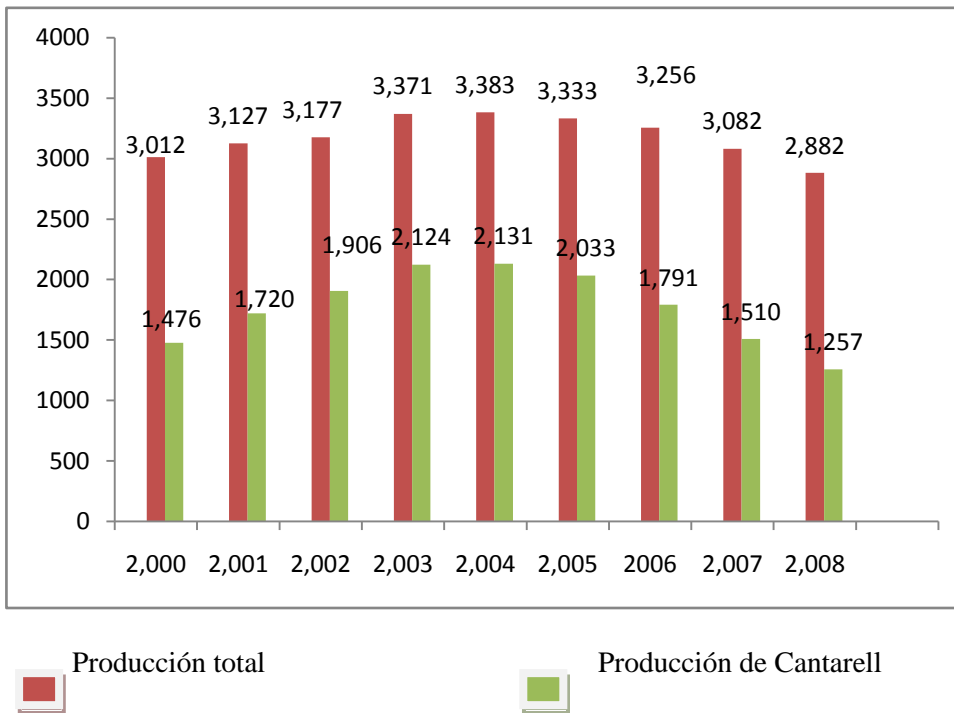
México, país productor de petróleo por excelencia, había venido aumentando su producción año con año, pues tuvo la suerte de descubrir un veneno extraordinario en Marzo de 1971, denominado “Cantarell”, solo superado por el complejo Ghawar, en Arabia Saudita, sin embargo Cantarell es el campo petrolero tipo costa más grande del mundo. Cantarell inicia operaciones en 1979.

A partir de 1979 ha producido 11,492 millones de barriles, (cifra a noviembre de 2005), está ubicado en la sonda de Campeche y actualmente su producción es de 2 millones 33 mil barriles diarios. Cantarell llegó a su pico de producción en 2004. PEMEX pronosticó que la



producción para 2007 sería de 1 millón 683 mil barriles diarios¹². La producción diaria que se obtuvo en 2007 fue de 1 millón 497 mil 300 barriles diarios, como se puede observar en el siguiente cuadro:

Fig. 4. Producción de Petróleo en México.. Producción Total y Cantarell (Miles de Barriles Diarios.)



Fuente: PEMEX Producción¹³

PEMEX no pudo sostener la tendencia de aumento continuo en la producción de petróleo, que venía logrando desde el año 1999, por el agotamiento gradual sufrido por Cantarell en el 2004. Este fue “año record” de extracción de crudo y el 2005, el inicio del ocaso de la era petrolera mexicana. El 2006 sería finalmente el año del desencanto, pues no se alcanzarían de ninguna manera, las altas metas que se habían pronosticado para ese año y para el 2007.

El Ocaso del Petróleo en México.

Después de que PEMEX alcanzó en el año 2004, un promedio de producción diaria de 3 millones 383 mil barriles, que representó el nivel mas alto de todos los tiempos, los resultados se revirtieron durante el 2005, y arrojaron un saldo menor, con un promedio de 3 millones 333 mil barriles al día. Lo que significa 50 mil barriles diarios menos. La tendencia negativa en la extracción de crudo, se confirma en 2006 con una baja respecto a 2005 de 77,000 barriles diarios, 174,000 barriles diarios menos en 2007 y 200,000 barriles diarios menos en 2008 a Junio. Ambos con respecto al año anterior. Observe que cada vez la producción disminuye en una cantidad mayor de barriles diarios.

¹² Los datos numéricos fueron tomados de <http://wikipedia.org/wiki/complejocantarell>. 09/05/08

¹³ <http://www.pemex.org.mx>. 08/06/08

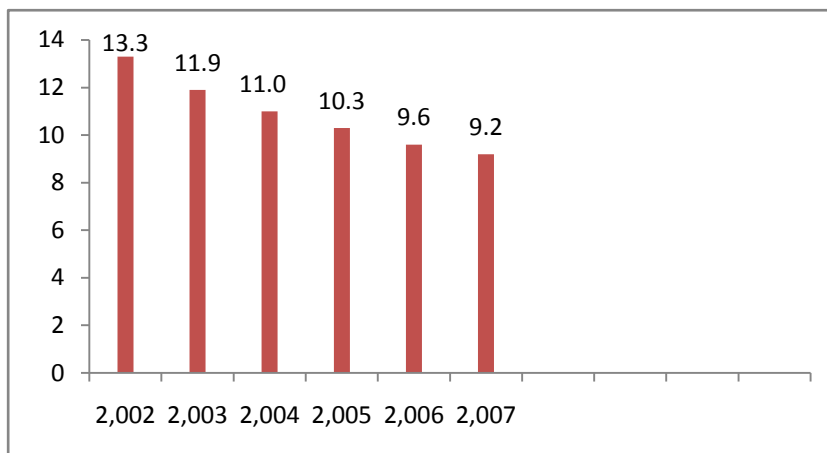


Reservas Probadas de Hidrocarburos.

Las reservas probadas representan la existencia comprobada y cuantificada de petróleo en yacimientos que aún no han sido explotados. México cuenta con reservas probadas de crudo por 12, 352 millones de barriles, por ello, ocupa el lugar 14 en el mundo. Con el nivel de producción actual, se calcula que durarán, aproximadamente, 9. Años.

De acuerdo con datos de PEMEX, bajo el ritmo de producción actual, las reservas probadas de crudo son suficientes sólo para los próximos nueve años.

Fig. 5. Relación Reserva/Producción de Hidrocarburos (años)



Fuente: Secretaría de Energía y Petróleos Mexicanos

“Aunque nuestras reservas probadas tienen una vida media de 9.2 años, al incorporar nuestros recursos prospectivos, nuestro país tiene hidrocarburos por el equivalente a más de 60 años a los ritmos de producción actual, declaró la titular de la Secretaría de Energía. Sin embargo, aclaró que la mayor parte de estos hidrocarburos se encuentra en el Golfo de México y de hecho, el 88 % de ellos se ubica en tirantes de agua de mil metros o más.”¹⁴

En su reporte financiero al cierre de 2007, la Secretaría de Energía informó que al sumar las reservas totales con los recursos prospectivos, se cuenta con casi 100 mil millones de barriles de petróleo crudo equivalente, lo que permitirá contar con hidrocarburos, como ya se mencionó, durante más de 60 años, a los ritmos de producción actual.

¹⁴ CNNEXPANSIÓN.com. Revista Electrónica. Roberto Jiménez
12 de Marzo 2008

Debate Político sobre el tipo de Empresa que debe ser PEMEX

Mientras esto sucede, nuestros políticos están enfrascados en un debate sobre la mejor figura jurídica y el tipo de funcionamiento que puede adoptar la paraestatal y sobre la disyuntiva entre la posibilidad de que nuestros técnicos petroleros puedan desarrollar tecnología propia para explotar el petróleo en las profundidades señaladas, o que nuestro país tenga que asociarse con otros países, compartiendo parte de la riqueza producida.

Sin embargo, la producción disminuye y las reservas también. La razón principal es que cada vez es más difícil y cara la extracción, de tal manera que si México no resuelve positivamente la disyuntiva en la que se encuentra, no podrá gozar de esta riqueza y se quedará sin petróleo explotable. Es necesario



mencionar que si en este momento se tomara la decisión de explotar las aguas profundas, tendríamos el primer barril de petróleo en el 2018.

Si consideramos que PEMEX aporta el 38% de los recursos fiscales y éstos se encuentran comprometidos dentro del presupuesto de egresos, sería catastrófica la desaparición de esta importante fuente fiscal, por lo que debería pensarse ya, en empezar a abrir el abanico de posibilidades fiscales.

El Turismo como fuente alternativa de Ingresos Fiscales

Ante el riesgo de que nuestro país pudiera tener problemas para conseguir los cuantiosos recursos que provienen del petróleo, es urgente pensar seriamente en una fuente alterna y duradera de ingresos fiscales. Esta no estará en la tecnología, ni en el desarrollo científico, pues para lograr resultados en estos renglones, se requiere de un cambio educativo de 180 grados que llevará mucho tiempo y en el que nuestro país se encuentra bastante rezagado.

La fuente más viable podría estar en la explotación turística internacional, para lo cual es necesario realizar una correcta definición de los destinos y un análisis profundo de cada uno de ellos para explotar su riqueza natural, colonial o moderna, también será necesario hacer un análisis exhaustivo de los puntos débiles que limitan el turismo internacional y hacer posible que México aumente considerablemente las divisas por este concepto.

México se encuentra entre los primeros 10 destinos turísticos del mundo y ocupa el lugar número 14 en captación de divisas por la actividad turística internacional. La necesidad inmediata, es aprovechar de una manera racional los más de 11 mil kilómetros de litorales mexicanos, pues actualmente se aprovecha sólo cinco por ciento de ellos. A pesar de ese desaprovechamiento, el “turismo ocupa el tercer lugar en la generación de ingresos para el país, pues trae recursos por 12

mil millones de dólares anuales. El petróleo ocupa el primer lugar y las remesas el segundo lugar.”¹⁵

Es necesaria la diversificación en el turismo para aprovechar “la variedad y diversidad geográfica, climatológica y de suelos; la existencia de muchos y muy variados ecosistemas, grandes atractivos naturales y una enorme riqueza cultural”¹⁶ hay que promover el ecoturismo, el turismo de aventura, el cultural, el de naturaleza, el religioso, el de convenciones, y el colonial que son potencialmente capaces de generar tantos ingresos como el turismo de sol y playa.

Además” La capacidad del sector turístico en el combate a la pobreza, se demuestra cuando se observa que seis por ciento de la planta laboral del país trabaja en esa actividad, que emplea a dos millones de personas y que de ellas dependen siete millones de mexicanos, lo que representa siete por ciento de la población. De acuerdo con estadísticas oficiales, quienes trabajan en el sector turístico obtienen ingresos 32 por ciento superiores a los ingresos del promedio nacional y por ello, tienen una mejor calidad de vida”¹⁷

¹⁵ “El Turismo, Una Nueva Opción para el Desarrollo de Hidalgo. Versión estenográfica de las palabras del Presidente Ernesto Zedillo. El Chico Hidalgo. 6 de Agosto de 1997.

¹⁶ <http://www.planeta.com/planeta/98/0598ecoboom.html>. 22/06/08

¹⁷ <http://www.elperiodicodemexico.com/nota.php?sec=Turismo&id=145174>. 24 de Junio 2008



Por lo tanto, es necesario desarrollar un plan nacional, coordinado por la Federación en el que se involucre al encargado de la tarea turística en cada estado, se haga un análisis de amenazas y oportunidades que este sector presenta, alimentando el análisis con los aciertos de los países que han tenido éxito en la explotación turística, para que se modifique y se engrandezca el sentido turístico que hasta la fecha se ha tenido de nuestros destinos nacionales. Esto implica un estudio profundo por los encargados de cada entidad, de su infraestructura, de la seguridad que brinda a los visitantes y de los cuidados que se prodigan a las playas, a las aguas a las calles, etc. Analizar las virtudes y debilidades propias requiere de un proceso analítico con base en argumentos lógicos y no falaces. Tenemos la oportunidad de ser uno de los países más prósperos del mundo en este terreno, identifiquemos las causas de por qué no lo somos.

Se propone en el proyecto del cual se desprende este trabajo, recomendar un plan integral que brinde ideas que permitan visualizar al turismo como una fuente importante de recursos que le dé viabilidad al desarrollo del país.

Bibliografía:

Libros y Papers.

- **Deffeyes S. K.** “Hubbert’s Peak”. The Impending World Oil Shortage. Published by Princeton University Press. 2003. USA.
- **Probst O.** El Ocaso del Petróleo y las Fuentes Energéticas Alternativas. Director del Departamento de Física e Investigador del Centro de estudios de Energía . ITESM. Campus Monterrey. PWG-PAPERS. Noviembre 2005

Revistas y Boletines

- **Fernández D. R.** “El inicio del Fin de la Era de los Combustibles Fósiles”. “Revista Viento Sur”. Otoño.2006.España
- **Buenfil F.A.** ”Cuando se acabe el petróleo” “Masiosare”.Revista Electrónica” <http://www.jornada.unam.mx/2005/10/30/mas-andres.html.30/10/2005>
- **Velarde F,J.**”El petróleo en su cénit” **Revista ABC**.es. 20080526.

www.abc.es/20080526/economía-economía
29 de Mayo 2008

- **ASPO**, Boletín N° 57 - Septiembre 2005
- **Roberto Jiménez.** “PEMEX debe mojarse los pies”.CNEXPANSIÓN.com. Revista Electrónica. 12 de Marzo 2008
- “El Turismo, Una Nueva Opción para el Desarrollo de Hidalgo. Versión estenográfica de las palabras del Presidente Ernesto Zedillo. El Chico Hidalgo. 6 de Agosto de 1997.

Direcciones electrónicas

- www.crisisenergética.org/forum/viewtopic.php. 7/06/08
- http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2006/05/24/152277.php
- <http://dinero.prodigy.msn.com/noticias/articulo.aspx?-documentid=8098424>. 12/06/08
- <http://www.jornada.unam.mx/2005/10/30/mas-andres.html.23/05/08>
- <http://elpetroleo.aop.es/Tema4/Index3.asp.13>. de Junio de 2008
- <http://www.pemex.org.mx>. 8 de Junio 2008
- <http://wikipedia.org/wiki/complejocantarell>. 09/05/08
- <http://www.elperiodicodemexico.com/nota.php?sec=Turismo&id=145174>. 24 de Junio 2008



Variación de los precios del Petróleo: Su Repercusión al Presupuesto del IPN para el año 2009.

Escamilla García Pablo Emilio*
Muñoz Sánchez Christian*
Alvarado Galván José*
Vargas Gabriel*
Herrera Francisco*

* **Alumnos de la Maestría en Ciencias en Administración y miembros del Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI), para el ciclo 2008.**

RESUMEN

El presente trabajo analiza los datos históricos de los precios del petróleo para predecir su comportamiento, utilizando Métodos estadísticos concretos, con estos datos se calcula el impacto al presupuesto de egresos en el rubro de Educación y específicamente en la partida asignada al Instituto Politécnico Nacional (IPN).

La Información proviene de la Paraestatal Petróleos Mexicanos, en sus informes Estadísticos 2005, 2006 y 2007 extraídos de su página de Internet.

INTRODUCCIÓN

El gobierno federal contempla a la venta de petróleo como fuente principal de ingresos para el país en el año 2009. Existen aspectos fundamentales a tomar en consideración en este tema. Un factor primordial es la producción; un estudio realizado por la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) estableció que la producción de México se verá disminuida el próximo año y agregó que la baja en la producción tendrá un impacto en las importaciones, ya que obligará a México a elevar sus compras de gasolina, este estudio es congruente

con declaraciones realizadas por Petróleos Mexicanos (PEMEX) semanas atrás, ya que anunció que las importaciones de gasolina para 2009 crecerán 5.4 por ciento, manteniendo la tendencia de los últimos cinco años. El factor producción es el más importante sobre otras cuestiones como el precio y el tipo de cambio, sin embargo estas cuestiones también deben ser analizadas cuidadosamente, ya que tienen gran injerencia en las ventas de petróleo.

Si bien es cierto que las variaciones del precio del barril de petróleo en el mercado internacional pueden



establecer un precio superior al establecido en el presupuesto federal de egresos para el próximo año, el cual fue fijado en 70 dólares por barril, la inestabilidad y devaluación que esta teniendo el peso mexicano frente a divisas como el dólar y el euro, representa un riesgo latente que se puede traducir en una merma en el presupuesto diseñado.

Teniendo un estimado promedio de producción de 3 millones de barriles diarios de los cuales 2 millones son para exportación¹⁸, se tienen dos cuestiones, primero, si el precio del barril estimado para 2009 (70 USD) es menor, como así lo indica las pronósticos realizados anteriormente en la presente investigación, se tiene que, el precio pronosticado para 2009 según la metodología de mínimos cuadrados seguida en la investigación es de 57 dólares en promedio, luego entonces, a un promedio de 2 millones de barriles exportador por día y a un precio de venta de 57 dólares en contraste con los 70 presupuestados dólares, el ingreso es 22% menor, teniendo una pérdida de mas de 2 millones de dólares diarios, tan solo por la variación en el precio presupuestado. De igual manera el ingreso se verá afectado por el tipo de cambio que tenga el peso frente al dólar. Este déficit representa mermas en diversos ámbitos y sectores de suma importancia para la economía y el desarrollo de México.

Un sector que ya se vio afectado desde el momento de la publicación

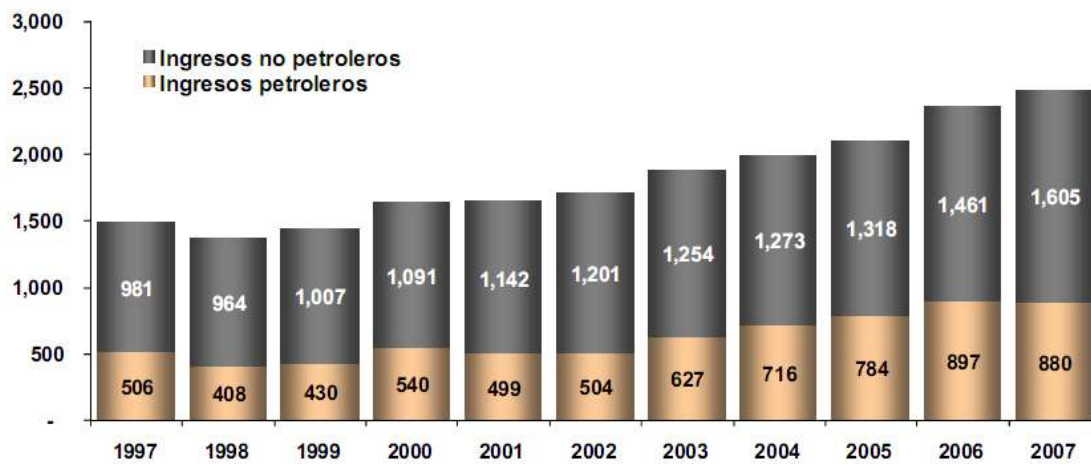
del presupuesto federal para el 2009 es la educación. Aspectos como la educación superior y el posgrado han sido afectados al asignarse montos inferiores a los gastos ejercidos, siendo un decremento del 4.2 por ciento.

Centrando la investigación en un caso en particular, es necesario analizar el caso del Instituto Politécnico Nacional (IPN), ya que, en el presupuesto asignado en el paquete económico para el ejercicio fiscal 2009 no garantiza el cumplimiento de los objetivos y planes de educativos de trabajo de la institución. El monto asignado al IPN es 18.68% menor al que la institución solicito (8 mil 713.2 millones de pesos otorgados, contra 10 mil 714.7 millones solicitados).

¹⁸ Petróleos Mexicanos, Memoria de Labores 2006, Marzo 2007 p:80



INGRESOS PRESUPUESTALES DEL SECTOR PÚBLICO (Miles de millones de pesos de 2007)



Fuente: SHCP

A continuación se presenta la metodología establecida para la determinación de los pronósticos en los precios de petróleo:

- Mínimos cuadrados o Análisis de Tendencia.
- Aislamiento Exponencial.
- Variaciones estacionales.

METODOLOGÍA:

Para validar el estudio se llevaron a cabo las siguientes técnicas estadísticas:

De cada uno de ellos se desprende un valor sobre el precio:

Tabla de Datos Anuales:

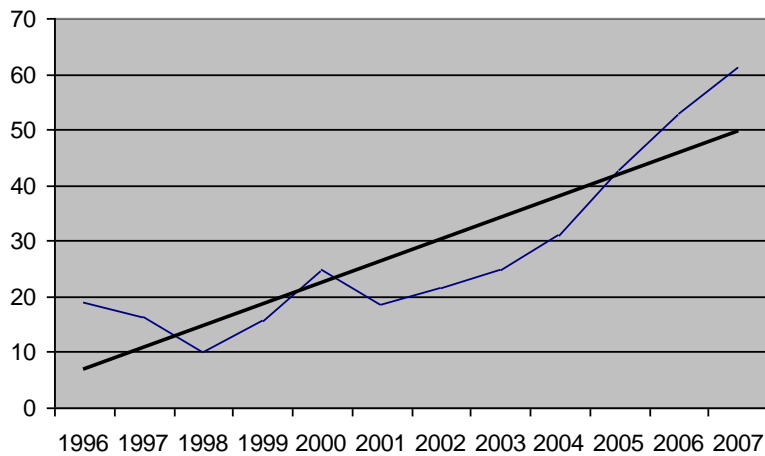
| dólares por barril | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | (%) |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------------|
| Precio promedio | 18.94 | 16.46 | 10.18 | 15.57 | 24.8 | 18.61 | 21.5 | 24.8 | 31.05 | 42.71 | 53.04 | 24.2 |

Fuente: SHCP



Para Cada Método el resultado es:

| Año | Mínimos Cuadrados | Aislamiento Exponencial |
|------|-------------------|-------------------------|
| 2008 | 53.428 | 59.39 |
| 2009 | 57.298 | - |



| Variaciones Estacionales | Trimestre | Predicción/ Precio |
|--------------------------|-----------|--------------------|
| 2008 | 1 | 65.17 |
| | 2 | 68.74 |
| | 3 | 71.89 |
| | 4 | 69.22 |
| 2009 | 1 | 70.58 |
| | 2 | 74.33 |
| | 3 | 77.62 |
| | 4 | 74.63 |

El precio actual del petróleo es de 54.04 USD y cada día disminuye

más; el precio presupuestado por el gobierno es de 70 USD.



LA EXPLICACIÓN: Recorte del suministro para contener caída de precio

El petróleo, que valía menos de dos dólares por barril en 1970, experimentó una vertiginosa estampida en los últimos cinco años hasta llegar a rebasar los 100 dólares. En 1970: el petróleo saudita se fijó oficialmente en 1.80 dólares por barril. Para 1974, el precio por el cual las refinerías compran el crudo importado supera los 10 dólares y, en 1979, el petróleo importado supera los 20 dólares. Ya en 1980, el barril de crudo cuesta a las refinerías más de 30 dólares por primera vez y sube hasta alrededor de 39 dólares a comienzos de 1981, en plena guerra Irán-Irak.

En 1983, el New York Mercantile Exchange (Nymex) comienza a cotizar los precios del petróleo, y en los últimos días de septiembre, las cotizaciones superan fugazmente 40 dólares el barril. Después, en septiembre de ese mismo año, el mercado preocupado por el abastecimiento supera la barrera de los 50 dólares. En junio de 2005, pasa los 60 dólares y al término de agosto del mismo año alcanza la marca de los 70 dólares.

Pero a poco más de dos semanas de iniciada la actual crisis financiera y bancaria mundial que se origina en Estados Unidos, las cotizaciones de los crudos de referencia empiezan un declive que los coloca en el rango de los 70 dólares, y en el caso de México por debajo del precio

presupuestado para 2008 de 70 dólares y a sólo poco más de nueve dólares del que contempla el presupuesto de 2008.

Esto indica que la variación Menor esta Representada por el Método de Mínimos cuadrados (Tendencia) para 2008 con un rango favorable a las finanzas públicas de 61.2 centavos de dólar.

El Presupuesto de Egresos de la Federación para 2009 será 5.7 por ciento superior al de 2008, para ubicarse en 2.280 billones de pesos, informó el Secretario de Hacienda, Agustín Carstens.

De igual forma, especifico en la Cámara de Diputados que el presupuesto privilegiará los sectores de seguridad y desarrollo social.

El presupuesto prevé un crecimiento económico de 3.0 por ciento, una plataforma de producción petrolera de 2.750 millones de barriles diarios y un precio de la mezcla mexicana de petróleo de 80.30 dólares por barril, en tanto, la paridad peso-dólar se proyecta en 10.70 pesos.

LEY DE EGRESOS 2009

Los ingresos para el Estado en el presupuesto 2009 son de 3.045 billones de pesos (unos 239,010 millones de dólares), 200,000



millones de pesos más que el proyecto del Gobierno.

“Un déficit de 1.8 (por ciento) para darle más recursos y poder gastar más en el presupuesto”.

PRESUPUESTO EN EL RUBRO DE EDUCACIÓN

Presupuesto Total 2009 **TODAS LAS DEPENDENCIAS:**

\$ 2, 820, 000, 000,000.00.

Con un precio estimado para el barril de la mezcla de petróleo de 70 dólares, menor a los 75 dólares que había propuesto el Gobierno

Dos Millones ochenta y dos mil millones de pesos o 2.820 billones de pesos

- Total del Ramo (Gasto Total): **\$185, 469, 857,665.00**
- Presupuesto del Instituto Politécnico Nacional (Gasto Total): **\$ 8, 713, 243,085.00**
- El porcentaje que representa es aproximadamente el **5%** contra el Total del Ramo.

Porcentaje en relación al presupuesto total en educación:

| Respecto al Gasto Total | |
|-------------------------|------|
| Educación | 7% |
| IPN | 0.3% |

Si el presupuesto de egresos esta calculado con 70 dólares por Barril y se ha anunciado que el rubro que no sufriría cambio es Seguridad Publica (SP) con un Gasto Presupuestado de: \$ 30, 955, 938,380.00

Con base en el precio actual del petróleo la caída al ingreso de las finanzas públicas para 2009 sería de un absoluto 30% ponderado de acuerdo al Ingreso Petrolero.

El análisis queda representado en la siguiente tabla:

| | Presupuesto Ponderado | Diferencia | % |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|----|
| IPN | \$ 7,966,393,677.71 | \$ 746,849,407.29 | 9% |
| Educación | \$ 169,572,441,293.71 | \$ 15,897,416,371.29 | 9% |
| Total Todas las dependencias | \$ 2,578,285,714,285.71 | \$ 241,714,285,714.29 | 9% |



CONCLUSIONES

En México se depende de sobremanera del Ingreso Petrolero para el financiamiento del sector Público, una reducción en el ingreso Petrolero por precio de venta de un Dollar impacta en \$ 12, 000, 000.00 aproximadamente en el presupuesto de egresos, Esto refleja la vulnerabilidad de las Finanzas del país.

Estos resultados hacen suponer que las famosas reformas estructurales donde se incluye la de Energéticos y en especial la petrolera son absolutamente indispensables para la viabilidad del país en el futuro, especialmente ahora que los mercados convulsionan victimas de un modelo económico en declive, el poder legislativo tiene la gran tarea de demostrarle al país su verdadero compromiso mas allá de los intereses políticos y personales que existen.

Se requiere de un Gobierno responsable que gaste en lo necesario, que impulse la economía, el empleo, la educación etc. pero sobre todo que sepa guiar a todos a una estabilidad real y no ficticia.

<http://www.pemex.com>
<http://www.shcp.gob.mx>
<http://www.banxico.org.mx>

REFERENCIAS



Carta de Probabilidad de Weibull

Israel Jair Pérez Pérez* Israel González Barrera*, José Antonio Ruiz Ayerdi*, Christian Bonilla Monzón*, Antonio Romero Hernández*, Juan José Hurtado Moreno**

*alumnos de la maestría de Administración de UPIICSA **maestro de la maestría en Administración.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es mostrar la aplicabilidad en el campo de la ingeniería.

Introducción

Un tipo de distribución estadística aplicable al estudio de la fiabilidad en problemas relativos a la fatiga y vida de componentes y materiales es la distribución de Weibull, que recibe su nombre del investigador sueco que la desarrolló; esta distribución se caracteriza por considerar la tasa de fallos variable, siendo utilizada por su gran flexibilidad, al poder ajustarse a una gran variedad de funciones de fiabilidad de dispositivos o sistemas.

La prevención de pérdidas o seguridad industrial aplicada con rigor científico está basada, en gran parte, en la aplicación de los métodos probabilísticos a los problemas de fallos en los procesos industriales. Todo ello se ha llevado a cabo a través de una disciplina denominada **ingeniería de fiabilidad**, para la cual se disponen de las adecuadas técnicas de predicción, que han sido fundamentales para el aseguramiento de la calidad de productos y procesos.

La distribución de Weibull complementa a la distribución exponencial y a la normal, que son casos particulares de aquella, como veremos. A causa de su mayor complejidad

sólo se usa cuando se sabe de antemano que una de ellas es la que mejor describe la distribución de fallos o cuando se han producido muchos fallos (al menos 10) y los tiempos correspondientes no se ajustan a una

distribución más simple. En general es de gran aplicación en el campo de la mecánica.

Aunque existen dos tipos de soluciones analíticas de la distribución de Weibull (método de los momentos y método de máxima verosimilitud), ninguno de los dos se suele aplicar por su complejidad. En su lugar se utiliza la resolución gráfica a base de determinar un parámetro de origen (t_0). Un papel especial para gráficos, llamado papel de Weibull, hace esto posible. El procedimiento gráfico, aunque exige varios pasos y una o dos iteraciones, es relativamente directo y requiere, a lo sumo, álgebra sencilla.

La distribución de Weibull nos permite estudiar cuál es la distribución de fallos de un componente clave de seguridad que pretendemos controlar y que a través de nuestro registro de fallos observamos que éstos varían a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso. El método no determina cuáles son las variables que



influyen en la tasa de fallos, tarea que quedará en manos del analista, pero al menos la distribución de Weibull facilitará la identificación de aquellos y su consideración, aparte de disponer de una herramienta de predicción de comportamientos. Esta

metodología es útil para aquellas empresas que desarrollan programas de mantenimiento preventivo de sus instalaciones.

Características generales

Sabemos que la tasa de fallos se puede escribir, en función de la fiabilidad, de la siguiente forma:

$$\lambda(t) = - \frac{\frac{d[R(t)]}{dt}}{R(t)}$$

$$\text{Ó } R(t) = \exp \left[- \int \lambda(t) dt \right]$$

Siendo:

- $\lambda(t)$ - Tasa de fallos
- $R(t)$ - Fiabilidad
- $F(t)$ - Infiabilidad o Función acumulativa de fallos
- t - Tiempo

En 1951 Weibull propuso que la expresión empírica más simple que podía representar una gran variedad de datos reales podía obtenerse escribiendo:

Por lo que la fiabilidad será:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - t_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Siendo:

- t_0 - parámetro inicial de localización
- η - parámetro de escala o vida característica
- β - parámetro de forma



Se ha podido demostrar que gran cantidad de representaciones de fiabilidades reales pueden ser obtenidas a través de ésta ecuación, que como se mostrará, es de muy fácil aplicación.

La distribución de Weibull se representa normalmente por la función acumulativa de distribución de fallos $F(t)$:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right] \quad (1)$$

Siendo la función densidad de probabilidad:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right] \quad (2)$$

La tasa de fallos para esta distribución es:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (3)$$

Las ecuaciones (1), (2) y (3) sólo se aplican para valores de $(t - t_0) \geq 0$. Para valores de $(t - t_0) < 0$, las funciones de densidad y la tasa de fallos valen 0. Las constantes que aparecen en las expresiones anteriores tienen una interpretación física:

- t_0 es el parámetro de posición (unidad de tiempos) 0 vida mínima y define el punto de partida u origen de la distribución.
- η es el parámetro de escala, extensión de la distribución a lo largo, del eje de los tiempos. Cuando $(t - t_0) = \eta$ la fiabilidad viene dada por:
 $R(t) = \exp - (1)^\beta = 1/\exp 1^\beta = 1 / 2,718 = 0,368$ (36,8%)
Entonces la constante representa también

el tiempo, medido a partir de $t_0 = 0$, según lo cual dado que $F(t) = 1 - 0,368 = 0,632$, el 63,2 % de la población se espera que falle, cualquiera que sea el valor de β ya que como hemos visto su valor no influye en los cálculos realizados. Por esta razón también se le llama usualmente vida característica.

- β es el parámetro de forma y representa la pendiente de la recta describiendo el grado de variación de la tasa de fallos.

Las variaciones de la densidad de probabilidad, tasa de fallos y función acumulativa de fallos en función del tiempo para los distintos valores de β , están representados gráficamente en la Figura 1.



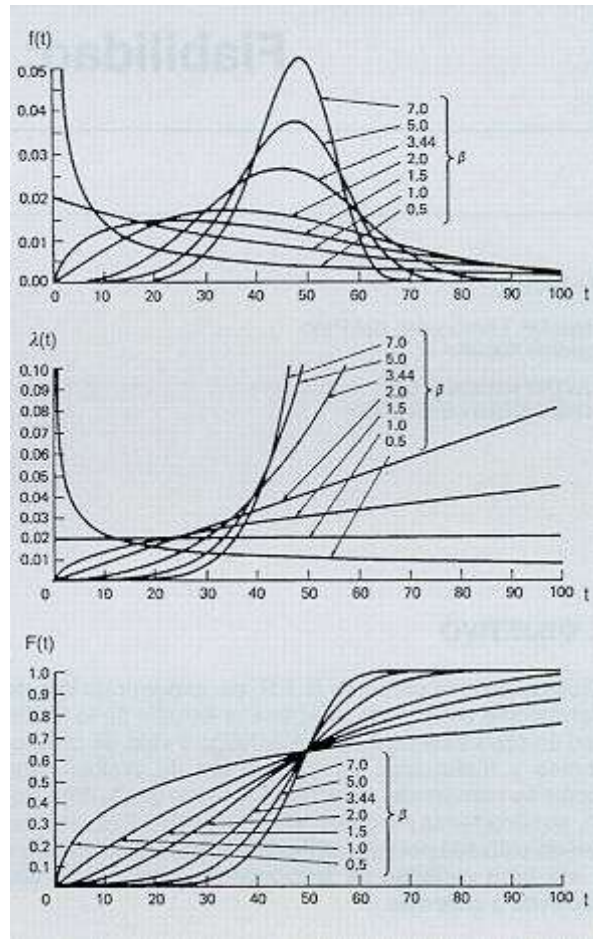


Fig. 1: Variación de la densidad de probabilidad $f(t)$, tasa de fallos $\lambda(t)$ y la función acumulativa de fallos $F(t)$ en función del tiempo para distintos valores del parámetro de forma β

Representación de los modos de fallo mediante la distribución de weibull

En el estudio de la distribución se pueden dar las siguientes combinaciones de los parámetros de Weibull con mecanismos de fallo particulares:

- a. $t_0 = 0$: el mecanismo no tiene una duración de fiabilidad intrínseca, y:
 - si $\beta < 1$ la tasa de fallos disminuye con la edad sin llegar a cero, por lo que podemos suponer que nos encontramos en la juventud del componente con un margen de seguridad bajo, dando lugar a fallos por tensión de rotura.

- si $\beta = 1$ la tasa de fallo se mantiene constante siempre lo que nos indica una característica de fallos aleatoria o pseudo-aleatoria. En este caso nos encontramos que la distribución de Weibull es igual a la exponencial.
- si $\beta > 1$ la tasa de fallo se incrementa con la edad de forma continua lo que indica que los desgastes empiezan en el momento en que el mecanismo se pone en servicio.
- si $\beta = 3,44$ se cumple que la media es igual a la mediana y la distribución de Weibull es sensiblemente igual a la normal.



- b. $t_0 > 0$: El mecanismo es intrínsecamente fiable desde el momento en que fue puesto en servicio hasta que $t = t_0$, y además:
- si $\beta < 1$ hay fatiga u otro tipo de desgaste en el que la tasa de fallo disminuye con el tiempo después de un súbito incremento hasta t_0 ;
 - si $\beta > 1$ hay una erosión o desgaste similar en la que la constante de duración de carga disminuye continuamente con el incremento de la carga.
- c. $t_0 < 0$. Indica que el mecanismo fue utilizado o tuvo fallos antes de iniciar la toma de datos, de otro modo
- si $\beta < 1$ podría tratarse de un fallo de juventud antes de su puesta en servicio, como resultado de un margen de seguridad bajo.
 - si $\beta > 1$ se trata de un desgaste por una disminución constante de la resistencia iniciado antes de su puesta en servicio, por ejemplo debido a una vida propia limitada que ha finalizado o era inadecuada.

Análisis de Weibull

Uno de los problemas fundamentales de la distribución de Weibull es la evaluación de los parámetros (t_0, η, β) de esta distribución. Para ello se dispone de dos métodos: a través únicamente del cálculo mediante el método de los momentos o el de máxima verosimilitud, en el que intervienen ecuaciones diferenciales difíciles de resolver, por lo que se utilizan poco, y mediante la resolución gráfica, que

utiliza un papel a escala funcional llamado papel de Weibull o gráfico de Allen Plait que es el que vamos a desarrollar.

Resolución gráfica

El papel de Weibull (fig. 2 y 3) está graduado a escala funcional de la siguiente forma:

En el eje de ordenadas se tiene: $\ln \ln [1 / 1 - F(t)]$ (Doble logaritmo neperiano)

En el eje de abscisas, tenemos: $\ln (t - t_0)$



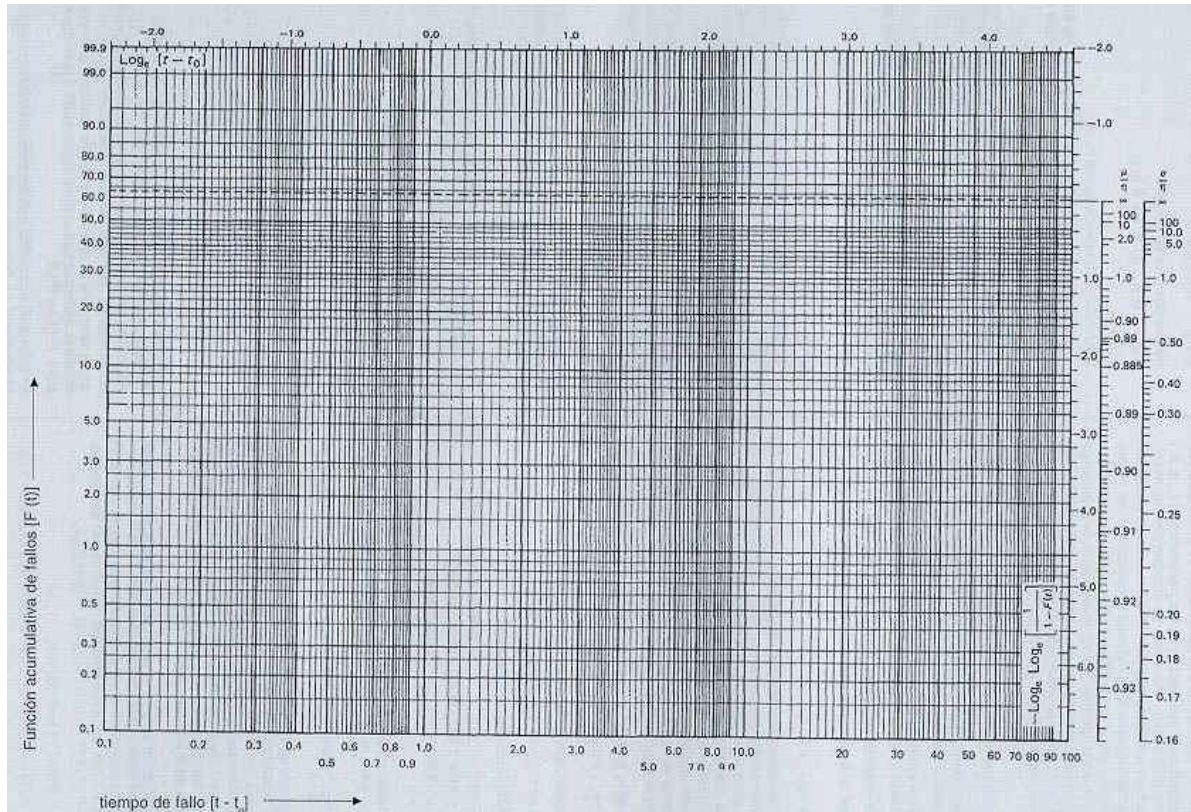


Fig. 2: Muestra del papel de Weibull

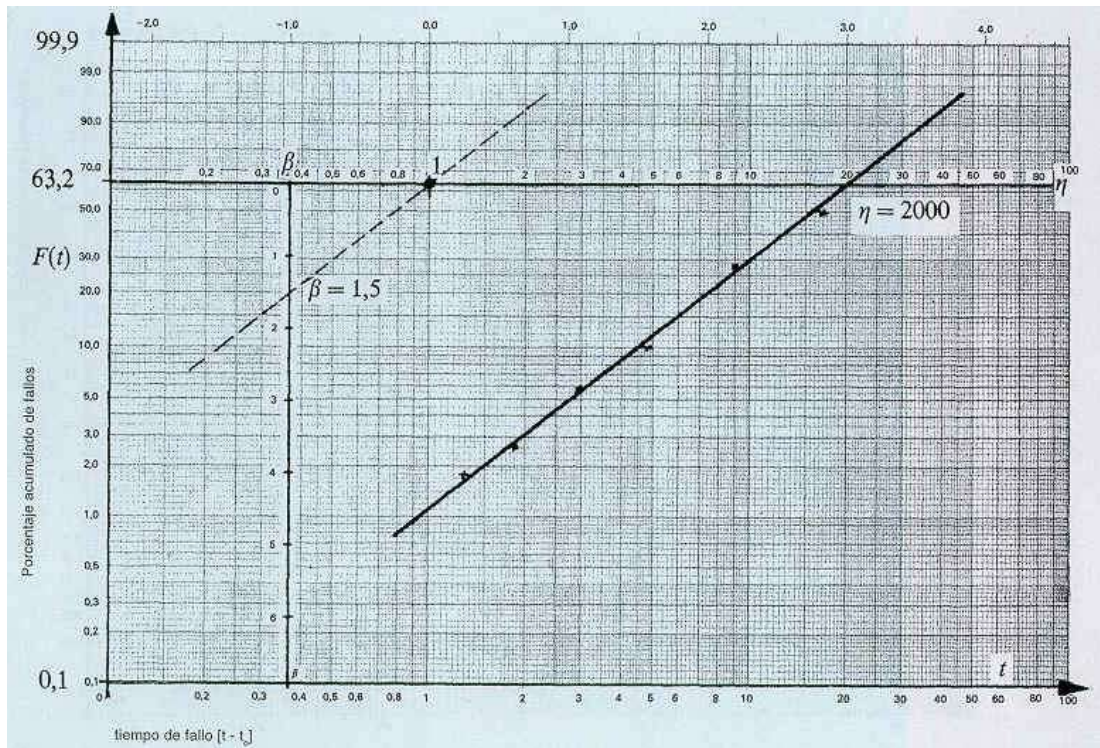


Fig. 3: Lectura de los parámetros h y β en el papel de Weibull



Ejemplo

Se realizó el experimento de observación del Tiempo de Vida en tres grupos diferentes de Velas de Cumpleaños para pastel.

Y se obtuvieron los siguientes datos:

| Tiempo: Min.Seg. | Fiestita \$15 | Magivel \$15 | Alegría \$19 |
|---------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 8.41 | 6.27 | 7.27 |
| 2 | 8.48 | 8.08 | 7.31 |
| 3 | 8.57 | 8.13 | 7.36 |
| 4 | 9.00 | 8.22 | 7.39 |
| 5 | 9.30 | 8.35 | 7.44 |
| 6 | 9.37 | 8.42 | 7.49 |
| 7 | 9.45 | 9.13 | 7.52 |
| 8 | 9.56 | 9.19 | 7.57 |
| 9 | 10.15 | 9.31 | 8.23 |
| 10 | 10.40 | 10.05 | 8.28 |

Después se utilizaron las tablas de datos Ranks para asociar la Mediana Ranks con cada observación y así poder graficar en la hoja correspondiente (fig.4):



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 1 | 0,5000 | 0,2929 | 0,2063 | 0,1591 | 0,1294 | 0,1091 | 0,0943 | 0,0830 | 0,0741 | 0,0670 | 0,0611 | 0,0561 | 0,519 | 0,0483 | 0,0452 | 1 |
| 2 | | 0,7071 | 0,5000 | 0,3864 | 0,3147 | 0,2655 | 0,2295 | 0,2021 | 0,1806 | 0,1632 | 0,1489 | 0,1368 | 0,1266 | 0,1178 | 0,1101 | 2 |
| 3 | | | 0,7937 | 0,6136 | 0,5000 | 0,4218 | 0,3648 | 0,3213 | 0,2871 | 0,2594 | 0,2366 | 0,2175 | 0,2013 | 0,1873 | 0,1751 | 3 |
| 4 | | | | 0,8409 | 0,6853 | 0,5782 | 0,5000 | 0,4404 | 0,3935 | 0,3557 | 0,3244 | 0,2982 | 0,2760 | 0,2568 | 0,2401 | 4 |
| 5 | | | | | 0,8706 | 0,7345 | 0,6352 | 0,5596 | 0,5000 | 0,4519 | 0,4122 | 0,3789 | 0,3506 | 0,3263 | 0,3051 | 5 |
| 6 | | | | | | 0,8909 | 0,7705 | 0,6787 | 0,6065 | 0,5481 | 0,5000 | 0,4596 | 0,4253 | 0,3958 | 0,3700 | 6 |
| 7 | | | | | | | 0,9057 | 0,7979 | 0,7129 | 0,6443 | 0,5878 | 0,5404 | 0,5000 | 0,4653 | 0,4350 | 7 |
| 8 | | | | | | | | 0,9170 | 0,8194 | 0,7406 | 0,6756 | 0,6211 | 0,5747 | 0,5347 | 0,5000 | 8 |
| 9 | | | | | | | | | 0,9259 | 0,8368 | 0,7634 | 0,7018 | 0,6494 | 0,6042 | 0,5650 | 9 |
| 10 | | | | | | | | | | 0,9330 | 0,8511 | 0,7825 | 0,7240 | 0,6737 | 0,6300 | 10 |
| 11 | | | | | | | | | | | 0,9389 | 0,8632 | 0,7987 | 0,7432 | 0,6949 | 11 |
| 12 | | | | | | | | | | | | 0,9439 | 0,8743 | 0,8127 | 0,7599 | 12 |
| 13 | | | | | | | | | | | | | 0,9481 | 0,8822 | 0,8249 | 13 |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | 0,9517 | 0,8899 | 14 |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | 0,9548 | 15 |

| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |
|----|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 1 | 0,0424 | 0,0400 | 0,0378 | 0,0358 | 0,0341 | 0,0330 | 0,0315 | 0,0301 | 0,0288 | 0,0277 | 0,0266 | 0,0256 | 0,0247 | 0,0239 | 0,0231 | 1 |
| 2 | 0,1034 | 0,09775 | 0,0922 | 0,0874 | 0,0831 | 0,0797 | 0,0761 | 0,0728 | 0,0698 | 0,0670 | 0,0645 | 0,0621 | 0,0599 | 0,0579 | 0,0559 | 2 |
| 3 | 0,1644 | 0,1550 | 0,1465 | 0,1390 | 0,1322 | 0,1264 | 0,1207 | 0,1155 | 0,1108 | 0,1064 | 0,1023 | 0,0986 | 0,0951 | 0,0919 | 0,0888 | 3 |
| 4 | 0,2254 | 0,2125 | 0,2009 | 0,1905 | 0,1812 | 0,1731 | 0,1653 | 0,1582 | 0,1517 | 0,1457 | 0,1402 | 0,1351 | 0,1303 | 0,1259 | 0,1217 | 4 |
| 5 | 0,2865 | 0,2700 | 0,2553 | 0,2421 | 0,2302 | 0,2198 | 0,2099 | 0,2009 | 0,1927 | 0,1851 | 0,1781 | 0,1716 | 0,1655 | 0,1599 | 0,1546 | 5 |
| 6 | 0,3475 | 0,3275 | 0,3097 | 0,2937 | 0,2793 | 0,2665 | 0,2545 | 0,2437 | 0,2337 | 0,2245 | 0,2159 | 0,2081 | 0,2007 | 0,1939 | 0,1875 | 6 |
| 7 | 0,4085 | 0,3850 | 0,3641 | 0,3453 | 0,3283 | 0,3132 | 0,2992 | 0,2864 | 0,2746 | 0,2638 | 0,2538 | 0,2445 | 0,2359 | 0,2279 | 0,2204 | 7 |
| 8 | 0,4695 | 0,4425 | 0,4184 | 0,3968 | 0,3774 | 0,3599 | 0,3438 | 0,3291 | 0,3156 | 0,3032 | 0,2917 | 0,2810 | 0,2711 | 0,2619 | 0,2533 | 8 |
| 9 | 0,5305 | 0,5000 | 0,4728 | 0,4484 | 0,4264 | 0,4066 | 0,3884 | 0,3718 | 0,3566 | 0,3425 | 0,3295 | 0,3175 | 0,3063 | 0,2959 | 0,2862 | 9 |
| 10 | 0,5915 | 0,5575 | 0,5272 | 0,5000 | 0,4755 | 0,4533 | 0,4330 | 0,4145 | 0,3975 | 0,3819 | 0,3674 | 0,3540 | 0,3415 | 0,3299 | 0,3191 | 10 |
| 11 | 0,6525 | 0,6150 | 0,5816 | 0,5516 | 0,5245 | 0,5000 | 0,4776 | 0,4572 | 0,4385 | 0,4212 | 0,4053 | 0,3905 | 0,3767 | 0,3639 | 0,3519 | 11 |
| 12 | 0,7135 | 0,6725 | 0,6359 | 0,6032 | 0,5736 | 0,5466 | 0,5223 | 0,5000 | 0,4795 | 0,4606 | 0,4431 | 0,4270 | 0,4119 | 0,3979 | 0,3848 | 12 |
| 13 | 0,7746 | 0,7300 | 0,6903 | 0,6547 | 0,6226 | 0,5933 | 0,5669 | 0,5427 | 0,5204 | 0,5000 | 0,4810 | 0,4635 | 0,4471 | 0,4319 | 0,4177 | 13 |
| 14 | 0,8356 | 0,7875 | 0,7447 | 0,7063 | 0,6717 | 0,6400 | 0,6115 | 0,5854 | 0,5614 | 0,5393 | 0,5189 | 0,5000 | 0,4823 | 0,4659 | 0,4506 | 14 |
| 15 | 0,8966 | 0,8450 | 0,7991 | 0,7579 | 0,7207 | 0,6867 | 0,6561 | 0,6281 | 0,6024 | 0,5787 | 0,5568 | 0,5364 | 0,5176 | 0,5000 | 0,4835 | 15 |
| 16 | 0,9576 | 0,9025 | 0,8535 | 0,8095 | 0,7698 | 0,7334 | 0,7007 | 0,6708 | 0,6433 | 0,6180 | 0,5946 | 0,5729 | 0,5528 | 0,5340 | 0,5164 | 16 |
| 17 | | 0,9600 | 0,9078 | 0,8610 | 0,8188 | 0,7801 | 0,7454 | 0,7135 | 0,6843 | 0,6574 | 0,6325 | 0,6094 | 0,5880 | 0,5680 | 0,5493 | 17 |
| 18 | | | 0,9622 | 0,9126 | 0,8678 | 0,8268 | 0,7900 | 0,7562 | 0,7253 | 0,6967 | 0,6704 | 0,6459 | 0,6232 | 0,6020 | 0,5822 | 18 |
| 19 | | | | 0,9642 | 0,9169 | 0,8735 | 0,8346 | 0,7990 | 0,7662 | 0,7361 | 0,7082 | 0,6824 | 0,6584 | 0,6360 | 0,6151 | 19 |
| 20 | | | | | 0,9659 | 0,9202 | 0,8792 | 0,8417 | 0,8072 | 0,7754 | 0,7461 | 0,7189 | 0,6936 | 0,6700 | 0,6480 | 20 |
| 21 | | | | | | 0,9669 | 0,9238 | 0,8844 | 0,8482 | 0,8148 | 0,7840 | 0,7554 | 0,7288 | 0,7040 | 0,6808 | 21 |
| 22 | | | | | | | 0,9684 | 0,9271 | 0,8891 | 0,8542 | 0,8218 | 0,7918 | 0,7640 | 0,7380 | 0,7137 | 22 |
| 23 | | | | | | | | 0,9698 | 0,9301 | 0,8935 | 0,8597 | 0,8283 | 0,7992 | 0,7720 | 0,7466 | 23 |
| 24 | | | | | | | | | 0,9711 | 0,9329 | 0,8976 | 0,8648 | 0,8344 | 0,8060 | 0,7795 | 24 |
| 25 | | | | | | | | | | 0,9722 | 0,9354 | 0,9013 | 0,8696 | 0,8400 | 0,8124 | 25 |
| 26 | | | | | | | | | | | 0,9733 | 0,9378 | 0,9048 | 0,8740 | 0,8453 | 26 |
| 27 | | | | | | | | | | | | 0,9743 | 0,9400 | 0,9080 | 0,8782 | 27 |
| 28 | | | | | | | | | | | | | 0,9752 | 0,9420 | 0,9111 | 28 |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | 0,9760 | 0,9440 | 29 |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | 0,9768 | 30 |

Figura 4. Tabla de Datos Ranks.



| Fiestita \$15 | | Magivel \$15 | | Alegría \$19 | |
|----------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Datos min. | Mediana Ranks | Datos min. | Mediana Ranks | Datos min. | Mediana Ranks |
| 8.41 | 6.7 | 6.27 | 6.7 | 7.27 | 6.7 |
| 8.48 | 16.2 | 8.08 | 16.2 | 7.31 | 16.2 |
| 8.57 | 25.9 | 8.13 | 25.9 | 7.36 | 25.9 |
| 9.00 | 35.5 | 8.22 | 35.5 | 7.39 | 35.5 |
| 9.3 | 45.2 | 8.35 | 45.2 | 7.44 | 45.2 |
| 9.37 | 54.8 | 8.42 | 54.8 | 7.49 | 54.8 |
| 9.45 | 64.5 | 9.13 | 64.5 | 7.52 | 64.5 |
| 9.56 | 74.1 | 9.19 | 74.1 | 7.57 | 74.1 |
| 10.15 | 83.8 | 9.31 | 83.8 | 8.23 | 83.8 |
| 10.40 | 93.3 | 10.05 | 93.3 | 8.28 | 93.3 |

Datos asociados con mediana Ranks.

Tabla 1.

Adicionalmente a los datos anteriores se les aplicó el “Análisis Estadístico” de Excel y se obtuvieron los siguientes datos:

| <i>FIESTITA</i> | | <i>MAGIVEL</i> | | <i>ALEGRIA</i> | |
|---------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|-------------|
| Media | 9.269 | Media | 8.515 | Media | 7.586 |
| Error típico | 0.213575123 | Error típico | 0.321849689 | Error típico | 0.115327553 |
| Mediana | 9.335 | Mediana | 8.385 | Mediana | 7.465 |
| Desviación estándar | 0.675383841 | Desviación estándar | 1.017778081 | Desviación estándar | 0.364697744 |
| Varianza de la muestra | 0.456143333 | Varianza de la muestra | 1.035872222 | Varianza de la muestra | 0.133004444 |
| Curtosis | -0.748695518 | Curtosis | 2.122699536 | Curtosis | 0.89673323 |
| Coefficiente de asimetría | 0.304832798 | Coefficiente de asimetría | -0.899216228 | Coefficiente de asimetría | 1.504397399 |
| Rango | 1.99 | Rango | 3.78 | Rango | 1.01 |
| Mínimo | 8.41 | Mínimo | 6.27 | Mínimo | 7.27 |
| Máximo | 10.4 | Máximo | 10.05 | Máximo | 8.28 |
| Suma | 92.69 | Suma | 85.15 | Suma | 75.86 |
| Cuenta | 10 | Cuenta | 10 | Cuenta | 10 |
| Nivel de confianza(95.0%) | 0.483140494 | Nivel de confianza(95.0%) | 0.728074578 | Nivel de confianza(95.0%) | 0.260889049 |

Los puntos de la tabla No.1 se representan en las hojas de Weibull, y quedaron de la siguiente forma, como se muestra en la siguiente figura No.5:



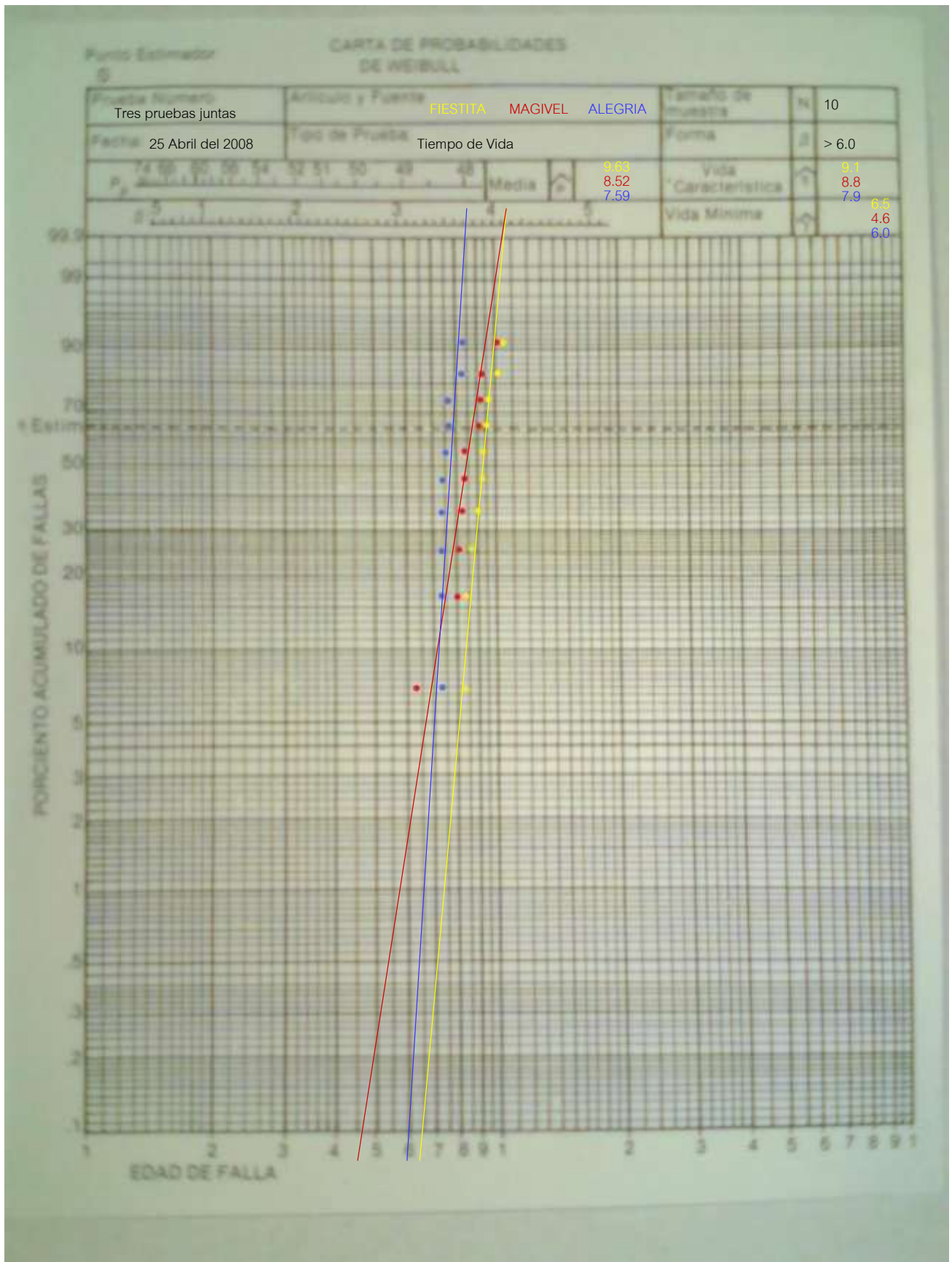


Figura No.5. Datos graficados en la hoja de Weibull de la tabla No.1



Aplicaciones de la Distribución

Esta metodología es útil para aquellas empresas que desarrollan programas de mantenimiento preventivo de sus instalaciones. Otros ejemplos prácticos son por ejemplo:

- Una empresa esta por adquirir un lote de 1000 resistencias especiales para horno, y hay tres diferentes marcas en el mercado, cada una a diferente costo y cada una con diferentes tiempos de vida; para lo cual es conveniente aplicar esta distribución a una muestra de 10 resistencias por cada tipo de marca; y con los resultados obtenidos podremos decidir mejor nuestra compra y obtener un ahorro real.
- Una empresa mexicana esta por invertir en una nueva maquina Alemana, que tiene un sistema mecánico, un sistema eléctrico y un sistema hidráulico; la empresa mexicana ha investigado con otras empresas que han adquirido maquinas similares y ha logrado reunir datos importantes de tiempos de falla reales en cada uno de los sistemas. Y tales datos pueden ser usados en esta distribución; y de este modo poder determinar un presupuesto real de trabajo para los siguientes cinco años o más, y poder anticiparse a fallas prematuras con un adecuado plan de mantenimiento. Con la finalidad de sacar el mayor beneficio económico de la inversión realizada.
- La empresa X esta por sacar al mercado un nuevo producto, para lo cual desea ofrecer a los compradores un periodo largo de garantía que haga más atractiva la compra; sin embargo este periodo debe ser provechoso a la empresa; porque de lo contrario los gastos por garantías cobradas, podrían poner en peligro la estabilidad de la empresa. La distribución de Weibull aplicada en los prototipos y en los productos finales, antes de ser aprobados para su producción en masa; resolverían el problema planteado, ya que se podría determinar el valor de γ vida mínima y asignar el periodo conveniente de garantía antes de la primera falla.
- Esta distribución es aplicada ampliamente en la aeronáutica donde los mantenimientos preventivos deben ser de la más alta fiabilidad a modo de garantizar la seguridad de los pasajeros que hacen uso de las aeronaves.



Conclusiones

Las conclusiones de los tres experimentos son:

- a) La vida mínima γ es menor en la marca MAGIVEL 4 minutos con 60 centésimas, 6 minutos en la marca ALEGRIA y 6 minutos con 50 centésimas en la marca FIESTITA.
- b) La vida característica η en la marca ALEGRÍA es la más pequeña con un valor de 7 minutos 90 centésimas, en la marca MAGIVEL es de 8 minutos con 80 centésimas y en la marca FIESTITA esta vida característica llega a los 9 minutos con 10 centésimas.
- c) La mayor forma de β la presenta la marca ALEGRÍA, debido a que su pendiente es la mas pronunciada; por tanto esta es la marca más confiable en función del tiempo y numero de fallas, debido a que la diferencia entre su vida mínima y máxima es la menor de las tres marcas observadas.
- d) La forma β en los tres experimentos es mayor de 6.0; por lo que las tres marcas de velas tienen un comportamiento normal en función del tiempo, sin grandes variaciones de vida entre las muestras observadas y
- e) relacionadas a cada una de las marcas.

- f) La marca menos confiable es MAGIVEL, debido a que su pendiente es la menos pronunciada, y la diferencia entre el valor mínimo y máximo es la mayor de las tres marcas; lo que quiere decir que puede tener varias fallas prematuras antes de que se cumpla el tiempo de vida característico de dicha marca.
- g) Otro aspecto importante es el costo que es el siguiente:

| | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| Fiestita | Magivel | Alegría |
| \$15 | \$15 | \$19 |

- h) Con todos los datos anteriores, γ , η , μ y costo; podemos decir que la mejor marca es FIESTITA. Esta conclusión se aprecia también en la figura No.5 donde se ilustran las tres marcas.
- i) Peor marca: MAGIVEL.



Referencias en la WEB

- @ http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_331.htm
- @ <http://www.rcm2-soporte.com/documentos/Fundamentos%20del%20Analisis%20de%20Weibull.pdf>
- @ <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2000/may-jun/art-12.pdf>
- @ <http://www.geocities.com/SiliconValley/Horizon/8685/continuas.html>
- @ http://saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/publicaciones/revistaforestal/vol44-2/articulo44_2_5.pdf



¿Qué es el diseño de experimentos y cuáles son sus técnicas?

Andrea Guadalupe Jiménez Herrera
Esmeralda Jiménez Quezada
Ivonne Evelia Caballero Hernández
José Rosario López Hernández*
Juan José Hurtado Moreno**

*Estudiantes de la clase de Diseño de Experimentos perteneciente a la Maestría en Ciencias con especialidad en ingeniería industrial.

** Maestro de la maestría en Ingeniería Industria-UPIICSA

INTRODUCCION

El diseño de experimentos (DDE) es una de las técnicas estadísticas que llegó a tener mayor popularidad en la década de los 90's. En 1920, el científico británico R.A. Fisher lo desarrolló como una metodología para obtener el máximo conocimiento derivado de los datos experimentales. En su etapa inicial, el diseño de experimentos, estaba restringido casi exclusivamente a especialistas en el área de matemáticas, no fue sino hasta el desarrollo de los trabajos realizados por Taguchi, un ingeniero japonés, quien le dio un enfoque práctico. El trabajo de Taguchi revolucionó la presentación del material del diseño de experimentos de la teoría matemática, que había permanecido prácticamente ignorada, a términos útiles y prácticos¹⁹.

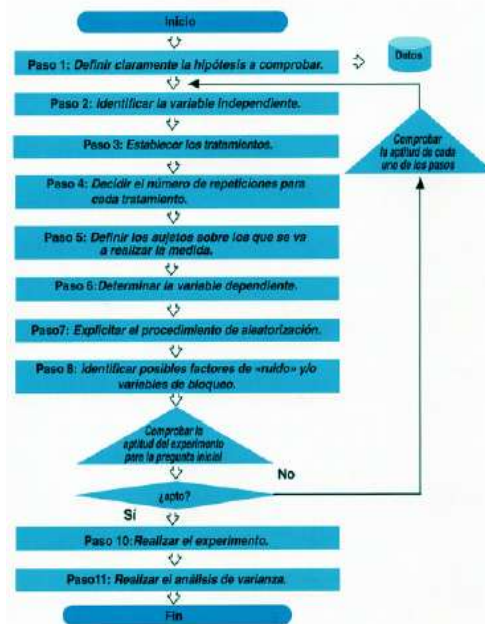
El diseño de experimentos es una metodología destinada a la planificación y análisis de un experimento para asegurar obtener información relevante respecto al problema bajo investigación, de tal forma que permite realizar inferencias estadísticas válidas. En un experimento, se seleccionan ciertos factores para su estudio, se alteran éstos de manera deliberada y controlada, posteriormente se observa el efecto resultante; es decir se crean y se preparan lotes de prueba para verificar las hipótesis establecidas sobre las causas de un determinado problema u objeto de estudio.²⁰ En resumen, el diseño de experimentos es una herramienta de gran utilidad para determinar las causas de los efectos así como también para estratificar la importancia que cada una de éstas tiene.

Como una breve introducción a las técnicas del diseño de experimentos, definimos algunos de los principales conceptos comúnmente empleados en esta disciplina:

- Unidad experimental. Es el objeto sobre el cual se efectúa el proceso de medida
- Observación. Es una toma de medida de una variable
- Variable. Característica observable de un objeto que puede adoptar diferentes valores. Dentro del diseño de experimentos existen diferentes tipos:
 - Variable Independiente. Es el factor a controlar (causa) que se supone influye sobre la características que se mide (efecto). Para comprobar su influencia, el investigador manipulará sus valores durante el experimento. A cada uno de éstos valores que se le asigne se le conoce con el nombre de "nivel de tratamiento"
 - Variable dependiente. Es aquella variable resultante (efecto) que se mide en cada observación del experimento

- Variables extrañas. Son aquellas que no pueden ser manipuladas, pero que influyen en la variable dependiente. También se les conoce como "ruido" o "error experimental",
- Variable de bloqueo. Puede intervenir en la variable dependiente, pero se decide eliminar su influencia controlándola mediante bloques de observaciones, en donde el valor de ésta variable se asume constante.

- Repetición. Volver a tomar una observación para un mismo nivel de tratamiento.
- Aleatorización. Consiste en asignar a las unidades experimentales diferentes niveles de tratamiento al azar, con la finalidad de que los efectos extraños se contrarresten entre las distintas



observaciones, previniendo la existencia de algún sesgo.²

A través del diseño de experimentos se planifica, se conduce el experimento y se analizan estadísticamente los resultados del mismo, lo que implica el desarrollo de una secuencia de pasos los cuales se muestran en la figura 1.

Fig1.Fuente: www.fundibeg.org, Noviembre 2008

¹⁹ <http://www.itch.edu.mx/academic/industrial/ingcalidad/unidad1.html>

²⁰ www.fundibeg.org

³ http://www.fundibeg.org/metodologias/herramientas/diseño_de_experimentos.pdf



Para delinear cada una de estas etapas existen una gran diversidad de diseños experimentales, ¿cómo elegir el más adecuado para el problema que se quiere resolver? Desafortunadamente no hay una respuesta única, sólo una serie de criterios que permiten guiar la decisión, como son:

- El objetivo del experimento
- El número de factores a controlar
- El número de niveles correspondiente a cada factor
- Los efectos a analizar
- Los recursos y el tiempo disponibles para llevar a cabo el experimento
- El sentido de urgencia así como la precisión deseada⁴.

Con la finalidad de facilitar la selección del diseño experimental que mejor se adecue a la situación que se pretende estudiar, a continuación se desglosan en tres grandes rubros las técnicas más comúnmente utilizadas, describiendo de una manera general su objetivo, aplicación, características, y análisis estadístico empleado.

I. DISEÑOS EMPLEADOS PARA COMPARAR DOS O MÁS TRATAMIENTOS.

Permite comparar el desempeño de dos o más tratamientos (máquinas, proveedores, procesos, materiales, etc.), con la finalidad de evaluar cual es que permite alcanzar los requerimientos de calidad y productividad. La comparación se realiza a través de sus medias y varianzas y no pretende estudiar el efecto de los factores bloqueados.

⁴ Gutiérrez Pulido, Humberto. De la Vara Salazar, Román. "Análisis y Diseño de Experimentos" Edit. Mc Graw Hill. México, 2004





| DF | Descripción general | Premisas, hipótesis y técnicas estadísticas empleadas | Características | Mañiz-Enriaco Datos | Mañiz-Enriaco Datos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|-----------------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|--------------------|--|--|---|------------------|----------------|-----------------|--|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|-----------------|--|--|--|-----------------------|------------------|----------------|-----------------|--|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|---|-----------------|--|-----------------------|--|-----------------------|--|--|---|-----------------|--|---|-------|---|--|-----------------------|--|--|--|--|--|
| 1 | <p>*Solo se consideran 2 fuentes de variación: tratamientos y error aleatorio. Si el mismo experimento se repite en orden aleatorio completo</p> <p>*La diferencia entre estos es el número de factores de bloque que se controlan en el mismo experimento.</p> <p>*Los tratamientos y factores de bloque secundario, entran con la finalidad de hacer una comparación justa, válida y precisa de tratamientos y no como factores que interesan en sí mismos</p> | <p>*Factores de bloque = 0 : ANOVA Con 1 criterio de clasificación</p> <p>*ANOVA separa la variabilidad debida a los tratamientos y la debida al error. Cuando la letra predominante sobre la zona de error es el error, los tratamientos tienen efecto y por lo tanto las medias son diferentes. Cuando los tratamientos contribuyen igual o menos que el error se concluye que las medias son iguales.</p> | <p>*Solo considera 2 fuentes de variabilidad : los tratamientos y el error aleatorio (No incluye variabilidad por factores bloque)</p> <p>*Las corridas experimentales se realizan en orden aleatorio completo</p> <p>*No hay bloques</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tratamiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1</td> <td>T2</td> </tr> <tr> <td>Y₁₁</td> <td>Y₂₁</td> </tr> <tr> <td>Y₁₂</td> <td>Y₂₂</td> </tr> <tr> <td>Y₁₃</td> <td>Y₂₃</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>Y_{1n}</td> <td>Y_{2n}</td> </tr> </tbody> </table> | Tratamiento | | T1 | T2 | Y ₁₁ | Y ₂₁ | Y ₁₂ | Y ₂₂ | Y ₁₃ | Y ₂₃ | ... | ... | Y _{1n} | Y _{2n} | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tratamiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1</td> <td>T2</td> <td>...</td> <td>Tj</td> </tr> <tr> <td>b1</td> <td>Y₁₁</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>b2</td> <td>Y₂₁</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>bi</td> <td>Y_{in}</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Tratamiento | | T1 | T2 | ... | Tj | b1 | Y ₁₁ | | | b2 | Y ₂₁ | | | ... | ... | | | bi | Y _{in} | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>SC</th> <th>GL</th> <th>CM</th> <th>F₀</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SC_T = Σ_{i=1}^k Y_{i.}² / N</td> <td>k-1</td> <td>CM_T = SC_T / (k-1)</td> <td>F₀</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_E = SC_T - SC_T</td> <td>N-k</td> <td>CM_E = SC_E / (N-k)</td> <td>F₀ = CM_T / CM_E</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_T = Σ_{i=1}^k Σ_{j=1}^N Y_{ij}² / N</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | SC | GL | CM | F ₀ | p-value | SC _T = Σ _{i=1} ^k Y _{i.} ² / N | k-1 | CM _T = SC _T / (k-1) | F ₀ | P(F> F ₀) | SC _E = SC _T - SC _T | N-k | CM _E = SC _E / (N-k) | F ₀ = CM _T / CM _E | P(F> F ₀) | SC _T = Σ _{i=1} ^k Σ _{j=1} ^N Y _{ij} ² / N | | | | |
| Tratamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 | T2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y ₁₁ | Y ₂₁ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y ₁₂ | Y ₂₂ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y ₁₃ | Y ₂₃ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ... | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y _{1n} | Y _{2n} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T1 | T2 | ... | Tj | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b1 | Y ₁₁ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b2 | Y ₂₁ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ... | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| bi | Y _{in} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC | GL | CM | F ₀ | p-value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _T = Σ _{i=1} ^k Y _{i.} ² / N | k-1 | CM _T = SC _T / (k-1) | F ₀ | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _E = SC _T - SC _T | N-k | CM _E = SC _E / (N-k) | F ₀ = CM _T / CM _E | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _T = Σ _{i=1} ^k Σ _{j=1} ^N Y _{ij} ² / N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | <p>*La diferencia entre estos es el número de factores de bloque que se controlan en el mismo experimento.</p> <p>*Los tratamientos y factores de bloque secundario, entran con la finalidad de hacer una comparación justa, válida y precisa de tratamientos y no como factores que interesan en sí mismos</p> | <p>*Hipótesis a probar sobre la respuesta media que logra cada tratamiento es : H₀ : μ₁ = μ₂ = ... = μ_k = μ H₁ : μ_i > μ_j para algún i < j Es decir, se prueba la hipótesis de que no existen diferencias entre los efectos de los diferentes</p> <p>* Análisis de varianzas (ANOVA) permite identificar si los valores de la variable dependiente (electro) "dependen" (o efectivamente de los tratamientos, es decir, de los valores de la variable independiente (supuesta causa) o si bien predomina el efecto de otros factores extraños (error o ruido) adecuado en un cuadro</p> | <p>*Considera 3 fuentes (supuestas) de variabilidad: factor tratamientos, factor bloques (luz, día, hora, etc.) y error aleatorio. El completo debido a que en cada bloque se repiten todos los tratamientos.</p> <p>*La aleatorización se hace dentro de cada bloque, es decir no se realiza en forma total. No se aleatoriza el orden de las corridas experimentales en relación a los bloques, sólo se aleatoriza el orden de las corridas dentro de cada bloque evitando sesgos en la comparación de los bloques más no los evita en la comparación de los bloques</p> <p>* Se emplea un diseño en bloques para que la fuente adicional de variación no sesge las comparaciones</p> <p>* Cada medición será el resultado del efecto del tratamiento, del efecto del bloque al que pertenece y de cierto error que se espera sea aleatorio. Si cualquiera otro factor adicional el efecto de éste se carga al error pudiendo enmascarar el efecto del factor de interés al aplicar la ANOVA, de aquí la carga de aplicar el bloque, evitando que otro factor no contemporáneo afecte los datos en el experimento.</p> <p>* No existe efecto de interacción entre el factor bloque y el factor de tratamiento.</p> <p>Si es de interés el estudio del factor bloque al mismo nivel del factor de tratamientos lo recomendable es emplear un diseño factorial k x b</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Bloques I</th> <th colspan="2">Tratamiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>A-Y_{1b}}</td> <td>T1</td> <td>T2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>B-Y_{2b}}</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>C-Y_{3b}}</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>k</td> <td>K-Y_{kb}}</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table> | Bloques I | | Tratamiento | | 1 | A-Y _{1b}} | T1 | T2 | 2 | B-Y _{2b}} | ... | ... | 3 | C-Y _{3b}} | ... | ... | ... | ... | ... | ... | k | K-Y _{kb}} | ... | ... | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fuentes de variabilidad</th> <th>Sumas de cuadrados</th> <th>Grados de libertad</th> <th>Cuadrados medios</th> <th>F₀</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tratamientos</td> <td>SC_T</td> <td>k-1</td> <td>CM_T</td> <td>F₀</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>Bloques</td> <td>SC_B</td> <td>b-1</td> <td>CM_B</td> <td>F₀ = CM_T / CM_B</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>SC_E</td> <td>(k-1)(b-1)</td> <td>CM_E</td> <td>F₀ = CM_T / CM_E</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>SC_T</td> <td>N-1</td> <td>CM_T</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Fuentes de variabilidad | Sumas de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F ₀ | p-value | Tratamientos | SC _T | k-1 | CM _T | F ₀ | P(F> F ₀) | Bloques | SC _B | b-1 | CM _B | F ₀ = CM _T / CM _B | P(F> F ₀) | Error | SC _E | (k-1)(b-1) | CM _E | F ₀ = CM _T / CM _E | P(F> F ₀) | Total | SC _T | N-1 | CM _T | | | | | |
| Bloques I | | Tratamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | A-Y _{1b}} | T1 | T2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | B-Y _{2b}} | ... | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | C-Y _{3b}} | ... | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| k | K-Y _{kb}} | ... | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fuentes de variabilidad | Sumas de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F ₀ | p-value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tratamientos | SC _T | k-1 | CM _T | F ₀ | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bloques | SC _B | b-1 | CM _B | F ₀ = CM _T / CM _B | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Error | SC _E | (k-1)(b-1) | CM _E | F ₀ = CM _T / CM _E | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | SC _T | N-1 | CM _T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | <p>*Diseño en el que se controlan dos factores de bloque y uno de tratamientos: los tres factores tienen la misma cantidad de niveles. Los factores de bloque y los tratamientos se distribuyen en forma adecuada en un cuadro</p> | <p>*Factores de bloque = 2 : ANOVA Con 3 criterios de clasificación</p> | <p>*Tiene 4 fuentes de variabilidad que pueden afectar la respuesta: tratamientos, factor de bloque I (columnas), factor de bloque II (renglones) y el error aleatorio. Los tres factores mencionados se priorizan en la misma cantidad de niveles, y se emplean letras latinas para denotar los tratamientos o niveles del factor de interés. Sea A,B, C, ..., K tratamientos o comparar y por tanto ambos factores de bloques tienen k bloques cada uno.</p> <p>* Se aleatoriza los columnas y renglones, y después los diferentes tratamientos se asignan de manera aleatoria a las letras latinas que denotan los niveles del factor de interés</p> <p>* La regla fundamental es que cada letra debe aparecer sólo una vez en cada renglón y cada columna, para su selección y aleatorización: 1. Se constituye el cuadro latino más sencillo 2. Se aleatoriza el orden de los renglones y posteriormente el de las columnas 3. Asignar aleatoriamente los tratamientos a las letras latinas.</p> <p>* Se prueba la hipótesis sobre los efectos de tratamiento, del factor renglón y del factor columna</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Bloques II (columnas)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>A-Y_{1b}}</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>B-Y_{2b}}</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>C-Y_{3b}}</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>k</td> <td>K-Y_{kb}}</td> </tr> </tbody> </table> | Bloques II (columnas) | | 1 | A-Y _{1b}} | 2 | B-Y _{2b}} | 3 | C-Y _{3b}} | ... | ... | k | K-Y _{kb}} | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sumas de cuadrados</th> <th>Grados de libertad</th> <th>Cuadrados medios</th> <th>F₀</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SC_T</td> <td>k-1</td> <td>CM_T</td> <td>F₀</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_B</td> <td>k-1</td> <td>CM_B</td> <td>F₀ = CM_T / CM_B</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_E</td> <td>(k-2)(k-1)</td> <td>CM_E</td> <td>F₀ = CM_T / CM_E</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_T</td> <td>k-1</td> <td>CM_T</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Sumas de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F ₀ | p-value | SC _T | k-1 | CM _T | F ₀ | P(F> F ₀) | SC _B | k-1 | CM _B | F ₀ = CM _T / CM _B | P(F> F ₀) | SC _E | (k-2)(k-1) | CM _E | F ₀ = CM _T / CM _E | P(F> F ₀) | SC _T | k-1 | CM _T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bloques II (columnas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | A-Y _{1b}} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | B-Y _{2b}} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | C-Y _{3b}} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ... | ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| k | K-Y _{kb}} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sumas de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F ₀ | p-value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _T | k-1 | CM _T | F ₀ | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _B | k-1 | CM _B | F ₀ = CM _T / CM _B | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _E | (k-2)(k-1) | CM _E | F ₀ = CM _T / CM _E | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _T | k-1 | CM _T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | <p>*Diseño en el que se controlan tres factores de bloque y uno de tratamientos: los cuatro factores tienen la misma cantidad de niveles.</p> | <p>*Factores de bloque = 3 : ANOVA Con 4 criterios de clasificación</p> | <p>*La hipótesis fundamental es la de los tratamientos, los otros 2 proporcionan un adicional al objetivo ya que permiten comprobar la relevancia de controlar los factores de bloque</p> <p>* No es necesario hacer el primer cuadro latino, luego se aleatoriza el día, dado que se pueda intercalado adicional debido a factores no controlados que cambian con el tiempo</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sumas de cuadrados</th> <th>Grados de libertad</th> <th>Cuadrados medios</th> <th>F₀</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SC_T</td> <td>k-1</td> <td>CM_T</td> <td>F₀</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_B</td> <td>k-1</td> <td>CM_B</td> <td>F₀ = CM_T / CM_B</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_E</td> <td>(k-3)(k-1)</td> <td>CM_E</td> <td>F₀ = CM_T / CM_E</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_T</td> <td>k-1</td> <td>CM_T</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Sumas de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F ₀ | p-value | SC _T | k-1 | CM _T | F ₀ | P(F> F ₀) | SC _B | k-1 | CM _B | F ₀ = CM _T / CM _B | P(F> F ₀) | SC _E | (k-3)(k-1) | CM _E | F ₀ = CM _T / CM _E | P(F> F ₀) | SC _T | k-1 | CM _T | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sumas de cuadrados</th> <th>Grados de libertad</th> <th>Cuadrados medios</th> <th>F₀</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SC_T</td> <td>k-1</td> <td>CM_T</td> <td>F₀</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_B</td> <td>k-1</td> <td>CM_B</td> <td>F₀ = CM_T / CM_B</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_E</td> <td>(k-3)(k-1)</td> <td>CM_E</td> <td>F₀ = CM_T / CM_E</td> <td>P(F> F₀)</td> </tr> <tr> <td>SC_T</td> <td>k-1</td> <td>CM_T</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Sumas de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F ₀ | p-value | SC _T | k-1 | CM _T | F ₀ | P(F> F ₀) | SC _B | k-1 | CM _B | F ₀ = CM _T / CM _B | P(F> F ₀) | SC _E | (k-3)(k-1) | CM _E | F ₀ = CM _T / CM _E | P(F> F ₀) | SC _T | k-1 | CM _T | | | | | | | | | |
| Sumas de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F ₀ | p-value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _T | k-1 | CM _T | F ₀ | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _B | k-1 | CM _B | F ₀ = CM _T / CM _B | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _E | (k-3)(k-1) | CM _E | F ₀ = CM _T / CM _E | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _T | k-1 | CM _T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sumas de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F ₀ | p-value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _T | k-1 | CM _T | F ₀ | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _B | k-1 | CM _B | F ₀ = CM _T / CM _B | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _E | (k-3)(k-1) | CM _E | F ₀ = CM _T / CM _E | P(F> F ₀) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC _T | k-1 | CM _T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

II. DISEÑOS EMPLEADOS PAR ESTUDIAR EL EFECTO DE VARIOS FACTORES DE MANERA SIMULTÁNEA SOBRE UNA O MÁS VARIABLES DE RESPUESTA

Permiten conocer mejor cómo es la relación entre los factores y sus efectos, generando conocimiento que permita tomar acciones y decisiones que mejoren el desempeño del proceso. Determina una combinación de niveles de los factores en la cual el desempeño del proceso sea mejor que en las condiciones de operación actuales, es decir permite encontrar nuevas condiciones de operación del proceso que eliminen o disminuyan cierto problema de calidad en la variable de salida, que traducido en la práctica significa buscar centrar la media de la respuesta de interés en su valor objetivo y con variabilidad mínima.

Los factores pueden ser cualitativos (máquinas, materiales, operadores, presencia o ausencia de una operación previa, etc.) o cuantitativos (temperatura, velocidad, presión, etc.)

Los diseños factoriales 2^k son ampliamente utilizados en la industria e investigación debida a su eficacia y versatilidad, son útiles cuando el número de factores esta entre 2 y 5 (entre 4 y 32 tratamientos), si el número de factores es >5 se recomienda utilizar el factorial fraccionado 2^{k-p} .

Más del 80% de los experimentos se derivan en una mejora del proceso, donde lo aprendido en un primer estudio, se deriva en el desarrollo de nuevos experimentos que logran llevar al proceso a condiciones de operación óptimas.

Los diseños factoriales se subdividen en multi factoriales completos y factoriales fraccionados (Figura 2) .En la tabla II, se describen con mayor detalle algunos de los principales diseños experimentales factoriales.

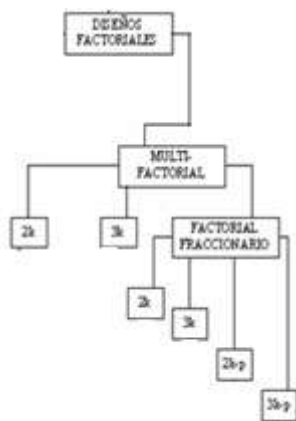


Fig2. Novembre 2008

III .DISEÑOS ROBUSTOS

Empleados en la optimización del diseño de productos y procesos en sus tres etapas:

- a) Diseño del sistema
- b) Diseño de parámetros
- c) Diseño de tolerancias

Aplicable en la industria, pretende encontrar aquella combinación de factores que proporcione un desempeño más estable y confiable a un precio de manufactura bajo.

Su objetivo es determinar la combinación de niveles de los factores controlables, en la cual los factores de ruido no afectan a proceso, aun que éstos no se controlen. Lo "robusto" significa hacer al proceso o producto insensible o resistente a factores ruido que no está en nuestras manos controlar

Se enfoca en las etapas de diseño de nuevos productos o procesos, atacando las fuentes de variación ambientales, de deterioro y de manufactura, dado que en esta etapa es posible reducir el costo en materiales y de manufactura

Desarrollado por Taguchi, quien realizó una aproximación más práctica que teórica al diseño de experimentos con la finalidad de reducir costos emanados de la experimentación.

CONCLUSIONES.

Visualizar la gama de diseños experimentales en términos generales permite contar con más elementos para decidir de manera más certera aquellas herramientas que mejor se ajusten a la problemática a resolver con el uso adecuado de los recursos disponibles.





| DE | Descripción general | Prerriba. Hipótesis y técnica estadística empleada | Características | Matriz. Estrada Datos | Matriz. Análisis de Datos |
|----|---------------------------------------|--|--|---|---------------------------|
| 1 | 1.0) Diseños multifactorial completo | <p>El diseño factorial estudio el efecto de un factor sobre un solo factor o sobre uno, varias repeticiones o combinaciones de los niveles de los factores. El número de tratamientos que se aplican al número de factores que componen = niveles", donde K = número de factores.</p> <p>* Para los k factores no tienen la misma importancia. Ejemplo: k=3 factores: 1ero con 4 niveles y los 2 restantes con 2 niveles (4x2x2=16 combinaciones)</p> | <p>* Considera factores A, B, C, ... K con niveles a, b, c, ... respectivamente, donde K es el factor último o último factor a estudiar, se puede construir el diseño factorial general "a¹ b¹ ... k¹" tratamientos. Siendo posible estudiar 1 efectos principales, [(1+1)/2] interacciones dobles, [(1+1)(1+1)/2] interacciones triples, y así sucesivamente hasta el efecto sobre la respuesta significa el efecto sobre la medida de la característica de calidad</p> <p>* Las hipótesis se prueban mediante ANOVA, donde aquel factor con p-value <= e se dice que influye de manera significativa sobre la respuesta, además de que entre más factores se agregan, el efecto de cada uno de los factores estudiados, de esta forma no es viable estudiar efecto de únicamente en 2 niveles</p> <p>* Los modelos más comunes son el de 2² y 2³ (donde se requiere al menos 2 repeticiones)</p> | <p>a.1. DISEÑO FACTORIAL CON 2 FACTORES. Considere los factores A y B con a y b (a, b > 2) diseños con menos de 4 factores se común replicado para poder tener la potencia en las pruebas estadísticas sobre los efectos de interés, por lo que si se corren n repeticiones, el total de corridas será igual a: n(a*b) y AB, como hipótesis, como hipótesis. No: Efecto A=0; Efecto B=0; Efecto AB=0; No: Efecto AC=0; Efecto BC=0; Efecto ABC=0</p> | |
| 2 | 2.0) Diseños factoriales fraccionados | <p>Este es un diseño que controla de k factores con los niveles: cada uno, los factores y los factores pueden referirse como nivel inferior, intermedio y superior. Estos niveles se representan mediante los dígitos 0 (nivel inferior), 1 (intermedio) y 2 (superior).</p> <p>* Las hipótesis se prueban mediante ANOVA</p> <p>* Se requieren al menos 2 repeticiones del experimento</p> <p>* El mejor nivel de los factores no significativos puede ser la economía, productividad o reducir en la variabilidad de la respuesta</p> | <p>* Cada combinación de tratamientos de un diseño 3k se presenta mediante k dígitos, donde el primero indica el nivel de A, el segundo señala el nivel de B, ..., y el último dígito, el nivel de k. Por ejemplo, en un diseño 32 en 100 representa la combinación de tratamientos, en la que tanto el factor A como el B están en el nivel inferior, y el 01 representa la combinación de tratamientos que corresponde al factor A en el nivel inferior y a B en el nivel intermedio.</p> <p>* La interacción genérica de los factores se puede estudiar mediante la formación de bloques y la construcción de factoriales fraccionados. La adición de un tercer nivel permite modelar con una relación cuadrática la relación entre el diseño y la respuesta.</p> <p>* Este diseño es una combinación del diseño 2k y son muy útiles como las que se emplean cuando todos los factores actúan a tres niveles.</p> | | |
| 3 | 3.0) Diseños factoriales fraccionados | <p>La elección a través de la cual es posible experimentar con una cantidad considerable de factores; reduciendo el número de corridas experimentales, pero el mismo de información valiosa, se le llama diseño factorial fraccionado.</p> <p>* Se emplean experimentos de escalamiento para determinar el subconjunto de factores que son críticos</p> | <p>* Permite reducir el número de corridas experimentales y al mismo tiempo obtener información acerca de los efectos relevantes de los más importantes los efectos principales, seguidos de interacciones dobles, luego triples, cuadradas, etc.</p> | | |
| 4 | 4.0) Diseños factoriales fraccionados | <p>* A menudo se diseña un fraccionamiento mayor del diseño 3k para valores de no decenas a grandes de k. En general, puede construirse una fracción (1/3) P de un diseño 3k para p < k, donde la fracción 3k/2 es la fracción (1/3) P de un fraccionamiento p componentes de interacción, y usar estos efectos para descomponer las interacciones de los factores de los bloques. Cada bloque contiene un diseño factorial fraccionado 3k/p.</p> <p>* La relación 1 define cualquier fracción, con la de los p efectos elegidos inicialmente y de sus (3k-2p-1)/2 interacciones generalizadas. Los alias de cualquier efecto se obtienen al considerar el componente de interacción se determinan multiplicando el efecto por 1 e 12 módulos 3</p> | <p>* La relación 1 define cualquier fracción, con la de los p efectos elegidos inicialmente y de sus (3k-2p-1)/2 interacciones generalizadas. Los alias de cualquier efecto se obtienen al considerar el componente de interacción se determinan multiplicando el efecto por 1 e 12 módulos 3</p> | | |



| DE | Descripción general | Formas, hipótesis y técnicas estadísticas empleadas | Características | Matriz Estadística Datos | Matriz Análisis de Datos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|--------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|-----|-----|---|-------|---|-------|-----|---|---|---|---|---|-----|---|----------------|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <p>3.1. Diseño Robusto de Factores</p> | <p>* Su objetivo es además de estudiar el efecto de varios factores controlables sobre uno o varios caracteres de calidad, es lograr productos y procesos robustos frente a las causas de variabilidad (ruido) que hacen que las características de los productos no cumplan con los requisitos de los clientes. * Se dice que un producto o proceso es robusto cuando su funcionamiento es consistente ante las condiciones cambiantes del medio. * El ruido, el ruido es cualquier elemento en el cual existen factores de ruido (no controlables) Considerados de manera explícita o implícita, cuyo efecto se pretende minimizar de manera indirecta, encontrando la combinación de niveles de los factores de proceso que sí se puedan controlar, en donde el efecto de dicho factor no tiene un efecto significativo.</p> | <p>* A medida que se conoce mejor la relación entre los factores controlables y los no controlables con la variable de respuesta se está en posición de determinar mejores condiciones de operación del proceso. * El ruido, el efecto de los factores no controlables que hace que el proceso no sea robusto al ruido. Particularmente se ajusta la media al valor nominal con un factor de ajuste. * Se dice que un producto o proceso es robusto cuando su funcionamiento es consistente ante las condiciones cambiantes del medio. * El ruido, el ruido es cualquier elemento en el cual existen factores de ruido (no controlables) Considerados de manera explícita o implícita, cuyo efecto se pretende minimizar de manera indirecta, encontrando la combinación de niveles de los factores de proceso que sí se puedan controlar, en donde el efecto de dicho factor no tiene un efecto significativo.</p> | <p>1. La metodología Taguchi define 3 medidas: 1. Diseño robusto ante el medio ambiente, 2. Diseño y desarrollo de objetivos, 3. Minimización de variaciones respecto a un valor objetivo. * Taguchi establece que los métodos de diseño de experimentos se pueden aplicar en la mejora de diseño del producto y/o proceso, en sus etapas: 1. Diseño del sistema, 2. Diseño de parámetros y 3. Diseño de tolerancias. * La estrategia clave: Reducción de variabilidad, desde fases del impacto negativo a la sociedad (consumidor, productor) para el desarrollo de un producto cuando este se deriva de un valor designado como medio, representado como: $(Y) = k(x)^2$, donde k es una constante que depende de las tolerancias y costos de reparación. $L(Y)$ es la función de pérdida que evalúa la calidad con base en la desviación respecto al valor objetivo, tolerancia del fabricante, del consumidor y costos de reparación. * Taguchi define calidad como reducción de la variabilidad en torno a la meta. * La función de pérdida es una herramienta excelente para evaluar la parada en la etapa inicial del desarrollo del producto. * Ventajas del diseño robusto: 1. Reduce los costos y procesos que implican el ruido, objetivos con mínimos variación, que sea inherente a los cambios operacionales, o a las variaciones de sus componentes, al menor costo de fabricación. 2. Eficaz, primero en minimizar la variación y después llevar la media a su valor nominal. 3. El diseño de experimentos tiene su mayor impacto en la etapa de diseño del producto o proceso. 4. El diseño con arreglo externo e interno, permiten manejar el ruido, como parte del experimento</p> | <p>* FACTOR SEÑAL: el usuario puede elegir la señal (valor promedio de respuesta) que desea en un momento dado del producto. Se llama factor señal a dispositivo que permite cambiar el nivel de operación de acuerdo a los deseos del usuario. Así el producto debe ser robusto en cada nivel del factor señal. * FACTOR RUIDO: Son aquellos que no se pueden controlar, o que resultan muy caro controlarlos. Los factores se clasifican como externo (ambiente en que el producto o proceso se desarrolla) y los factores de ruido (variación de una unidad o otra debido a sus componentes, o bien a la falta de uniformidad en la manera de operar) y de deterioración (efectos observables a través de tiempo)</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>3.2. Arreglos ortogonales</p> | <p>* Son un conjunto especial de cuadros latino empleados para producir los mejores parámetros para el diseño óptimo del proceso con el mínimo número de experimentos (pruebas). * Simplifica el diseño estadístico para examinar simultáneamente los factores de proceso, que de hecho son diseños factoriales completos, fraccionados o mixtos. * Taguchi NO enfatiza el estudio de las interacciones, prefiere saturar los arreglos y sólo estudiar los efectos principales de cada factor</p> | <p>* Los arreglos ortogonales más comunes son: L4, L8, L12, L16, L9 y L18 (el subíndice indica el número de combinaciones de niveles que forman el arreglo). Donde se predeline la manera de asignar los factores a las columnas, lo cual es muy importante respetar para evitar confundir efectos principales con los que no lo son. * Taguchi acomodó las columnas de los arreglos ortogonales en un orden diferente a los Yates (factoriales). * Taguchi recomienda asignar a la fila columna cada factor más difícil de manejar durante el experimento (el más difícil de cambiar a su nivel de una prueba a otra). * Taguchi no enfatiza como el experimento en orden aleatorio, sino más bien se anticipa a las complicaciones prácticas estructurando el orden de las columnas conforme a éstas dificultades.</p> | <p>1. La metodología Taguchi define 3 medidas: 1. Diseño robusto ante el medio ambiente, 2. Diseño y desarrollo de objetivos, 3. Minimización de variaciones respecto a un valor objetivo. * Taguchi establece que los métodos de diseño de experimentos se pueden aplicar en la mejora de diseño del producto y/o proceso, en sus etapas: 1. Diseño del sistema, 2. Diseño de parámetros y 3. Diseño de tolerancias. * La estrategia clave: Reducción de variabilidad, desde fases del impacto negativo a la sociedad (consumidor, productor) para el desarrollo de un producto cuando este se deriva de un valor designado como medio, representado como: $(Y) = k(x)^2$, donde k es una constante que depende de las tolerancias y costos de reparación. $L(Y)$ es la función de pérdida que evalúa la calidad con base en la desviación respecto al valor objetivo, tolerancia del fabricante, del consumidor y costos de reparación. * Taguchi define calidad como reducción de la variabilidad en torno a la meta. * La función de pérdida es una herramienta excelente para evaluar la parada en la etapa inicial del desarrollo del producto. * Ventajas del diseño robusto: 1. Reduce los costos y procesos que implican el ruido, objetivos con mínimos variación, que sea inherente a los cambios operacionales, o a las variaciones de sus componentes, al menor costo de fabricación. 2. Eficaz, primero en minimizar la variación y después llevar la media a su valor nominal. 3. El diseño de experimentos tiene su mayor impacto en la etapa de diseño del producto o proceso. 4. El diseño con arreglo externo e interno, permiten manejar el ruido, como parte del experimento</p> | <p>Arreglo L4 (fracción 23-1) <table border="1"> <tr><th>Num de Columna</th><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>5</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>6</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>7</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>8</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>9</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table> Arreglo L9(34-2) <table border="1"> <tr><th>Num de Columna</th><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>5</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>6</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>7</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>8</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>9</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table> Arreglo L8 (fracción 27-4) <table border="1"> <tr><th>Num de Columna</th><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>5</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>6</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>7</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>8</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>9</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table> 2 factores: columnas 1,2 3 factores: columnas 1,2,3 4 factores: columnas 1,2,4,7 5 factores: columnas 1,2,4,7,6 6 factores: columnas 1,2,4,7,6,5 7 factores: las siete columnas</p> | Num de Columna | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 3 | 2 | 6 | 2 | 3 | 1 | 3 | 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 8 | 3 | 2 | 1 | 1 | 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | Num de Columna | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 3 | 2 | 6 | 2 | 3 | 1 | 3 | 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 8 | 3 | 2 | 1 | 1 | 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | Num de Columna | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 8 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Num de Columna | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Num de Columna | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Num de Columna | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>3.3. Diseño con arreglos interno y externo</p> | <p>Propósito por Taguchi, para determinar condiciones de operación robustas a uno o varios factores de ruido. Consiste en la combinación de los factores de control</p> | <p>Permite introducir el efecto de los factores de ruido en cada combinación de factores controlables, suponiendo que al menos los factores de controlables, permitiendo manejar como parte del experimento</p> | <p>Para determinar que tipo de selección está en la medida y la desviación estándar, se realiza un diagrama de dispersión con las puntas (Y, S) calculadas en los arreglos del arreglo interno. Si los puntos caen en una banda horizontal a lo largo del eje X, entonces la media y la desviación estándar son independientes. Zidobaba. Con los factores que sólo afectan la media de la característica de calidad, se lleva ésta a su valor objetivo. Para determinar que tipo de selección está en la medida y la desviación estándar, se realiza un diagrama de dispersión con las puntas (Y, S) calculadas en los arreglos del arreglo interno. Si los puntos caen en una banda horizontal a lo largo del eje X, entonces la media y la desviación estándar son independientes. Zidobaba. Con los factores que sólo afectan la media de la característica de calidad, se lleva ésta a su valor objetivo. Una vez identificados los factores de control y de ruido, se constituyen 2 arreglos ortogonales, uno para cada tipo de factor, se sobrepone el arreglo de los factores de control y los factores de ruido. Es decir, en cada combinación de los factores controlables (arreglo interno) se están "simulando" distintos tipos de ruido que pueden ocurrir (arreglo externo) la mejor combinación de los factores de control es aquella que produce el menor ruido, independientemente de la variación y simultáneamente la media se encuentra más cerca del valor nominal. Una desventaja es que requiere una gran cantidad de corridas experimentales</p> | <p>Arreglo externo <table border="1"> <tr><th>Factores de Control</th><td>N</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>M</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>L</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>K</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td></tr> </table> Factores Controlables <table border="1"> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>E</th><th>F</th><th>G</th></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>Y12</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>Y22</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>Y11</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>Y21</td></tr> </table> Media <table border="1"> <tr><th>Row</th><th>n</th><th>Señal</th><th>I</th><th>Ruido</th><th>S/R</th></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>Y19</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>Y29</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>Y19</td></tr> <tr><td>5</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>Y29</td></tr> <tr><td>6</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>Y19</td></tr> <tr><td>8</td><td>3</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>Y29</td></tr> <tr><td>9</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td></td></tr> </table> </p> | Factores de Control | N | 1 | 2 | 3 | 3 | M | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | L | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | K | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | A | B | C | D | E | F | G | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Y12 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | Y22 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | Y11 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | Y21 | Row | n | Señal | I | Ruido | S/R | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Y19 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | Y29 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | | 4 | 2 | 1 | 1 | 2 | Y19 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | Y29 | 6 | 2 | 3 | 3 | 3 | | 7 | 3 | 1 | 1 | 2 | Y19 | 8 | 3 | 2 | 2 | 2 | Y29 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Factores de Control | N | 1 | 2 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | B | C | D | E | F | G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Y12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | Y22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | Y11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | Y21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Row | n | Señal | I | Ruido | S/R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Y19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | Y29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 2 | 1 | 1 | 2 | Y19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | Y29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 2 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 3 | 1 | 1 | 2 | Y19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 3 | 2 | 2 | 2 | Y29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla III. Diseño Robusto (Nov/09)

Propuesta de un sistema de contingencias de protección civil, ante eventualidades de afectación a centros educativos en el Distrito Federal

M en C Raúl junior Sandoval José Emanuel Castelán Cortés**;
kstr_134@hotmail.com
Erick Yoel Rodríguez Gonzales**; eryo_yoel@hotmail.com
SEPI – UPIICSA – IPN*

Documento presentado en el XXXVI Semana Interdisciplinaria celebrada en la UPIICSA – IPN el 3 de noviembre del 2008

Resumen:

El diseño de sistemas permite el manejo de la información, no solo en una institución, sino para el uso provechoso de varias personas. En este caso, podremos ver dos propuestas de sistemas web para la divulgación de información acerca de lo que es la protección civil en el mundo, en México y más específico, en el D.F.

Se pretende usar estos medios para promover el conocimiento de medidas de previsión, protección y recuperación en caso de diversos fenómenos de mayor frecuencia en el Distrito Federal, permitiendo exponer la utilidad de la informática en otros ámbitos de estudio, demostrando por que las carreras de la informática se consideran interdisciplinarias, y en este caso, las conjuntaremos con la investigación.

Antecedentes:

El sistema de protección civil es aquel por el que cada país proporciona la protección y la asistencia para todos los habitantes de una región, ante cualquier tipo de accidente, catástrofe o situación de riesgo, así como la protección de bienes y del medio ambiente. Detrás de este sistema encontramos una

vasta historia y antecedentes para su formación global, nacional, estatal, regional y municipalmente regido por leyes y reglamentos, programas y estructuras.

Como finalidad de esta investigación es conocer más acerca de este sistema, sus orígenes, principios, estructura y modo de operación, delimitándonos exclusivamente al sistema de protección civil del Distrito Federal. Con base a ello, se elaborará un CD para su distribución y una página web. Ambos con fines informativos a los habitantes del Distrito Federal.

Proposición:

Con el objetivo de relacionar la Protección Civil con el medio ambiente se desarrollo una presentación multimedia en el cual podemos encontrar seis módulos de información:

1.- ¿Qué es la protección civil?

En este modulo se explica de forma breve los conceptos fundamentales para tener las bases de lo q es Protección Civil y lo que es un riesgo.



2.- Cuidados para la población del Distrito Federal y zona Metropolitana.

En este apartado se muestra lo que se debe hacer antes, durante y después de algún desastre como pueden ser: lluvias e inundaciones, terremotos, tormentas, maremotos o tsunamis, olas de frío o calor, incendios forestales, rayos y relámpagos y seguridad en edificios.

3.- Recomendaciones para el cuidado del medio ambiente.

Es este modulo se trata de dar a conocer lo peligroso que es el cambio climático para nuestro planeta y se dan algunos consejos para tratar de disminuir sus efectos, algunos de estos son: reciclar, ahorrar el agua, disminuir el consume de energía eléctrica entre otros.

4.- Resultados y Referencias Bibliográficas.

En este apartado se dan a conocer las diversas fuentes de información y los resultados a los que se pretenden llegar con el diseño de este proyecto.

5.- Sistema de Protección Civil del Distrito Federal.

En este apartado se da un link para continuar con un segunda propuesta de un sistema multimedia de Protección Civil con el contenido que se describe a continuación.

También, con el fin de captar la atención del usuario común, presentamos una modalidad multimedia, que combina movimiento, animación y posiblemente, sonido. Podremos ver 5 módulos de información.

1) Módulo de introducción.

La introducción a la protección civil, donde describe el origen de dicho sistema, a partir de la ONU, organismo encargado de la paz y seguridad mundial. Y junto a otros órganos, como la UNESCO, encargada, en este ámbito, a la divulgación académica de lo que propone protección civil, el ISO, encargado de las normas que garanticen la calidad en diversas ramas del conocimiento, que a veces, la falta de estas propician la vulnerabilidad ante fenómenos. Y la Cruz Roja, instituto altruista encargada de la salvaguarda de la gente en general, ante diversas catástrofes.

Los modelos de protección civil han llegado a México, donde se han fundamentado a base de normas, planes y leyes. Y en el caso del Distrito Federal, busca la protección ante fenómenos comunes en esta zona como trombas, inundaciones, erupciones volcánicas, incendios forestales y contingencias por contaminación ambiental. Todo esto, llevado a cabo mediante programas llevado a cabo a lo largo de las 16 delegaciones que lo componen.

2) Módulo de antecedentes.

Explicado de modo breve, la protección civil es el sistema de cada país que proporciona protección y asistencia ante cualquier tipo de accidente o catástrofe, y la salvaguarda de los viene y del medio ambiente.

Se origina al proponerse en el protocolo 2 de los Tratados de Ginebra el 12 de agosto de 1949. Se basa mediante cuatro principios éticos: la humanidad (busca siempre la protección de la gente), la imparcialidad (protege sin



discriminar géneros, razas, o preferencias), neutralidad (defiende a cualquier persona, sin importar los conflictos políticos entre países) y la corresponsabilidad (promueve la unión y colaboración entre voluntarios). Los colores de la protección civil son el azul que representa tranquilidad y protección. Este color se encuentra en un triángulo que cada lado simboliza al gobierno, los grupos comunitarios y a la población. El círculo que lo rodea, es color amarillo que simboliza alerta y visibilidad.

3) Módulo de organismos participantes.

De lo general a lo particular, hay organismos que originan y apoyan a la protección civil.

Internacionalmente, encontramos a la ONU, la UNESCO, el ISO, y la Cruz Roja, como habíamos visto previamente.

Y en América, encontramos que el TLCAN, y las organizaciones normativas como la Canadian Standards Association y la ANSI, promovieron que se propusiera en México.

El gabinete mexicano controla diversos elementos de la protección civil en el país, como la Cruz Roja Mexicana, la NOM, y la NMX que regulan normas de calidad y protección, el CONOCER y el CENAPRED que promueven la divulgación de medidas de protección, y los planes DN-III-E y la Labor Social que comprometen al ejército y a la marina de brindar apoyo en caso de eventualidades.

En el Distrito Federal, encontramos que la Secretaría de Seguridad Pública del D.F. apoya a la seguridad civil en caso de desastres bajo la ley de protección civil del

D.F. y cada delegación promueve programas internos de protección.

Y como apoyo, están la UVM y el IPN, brindando apoyo educativo y social, así como instituciones de normatividad distrital.

4) Módulo de emergencias.

Publica la metodología de protección civil, la que consiste en explicar que hacer antes, durante y después de un desastre.

Del lado de la prevención, nos dicen que integran estrategias y acciones para evitar la aparición de un fenómeno. Por ejemplo, en un fenómeno como una inundación, podremos reducir la probabilidad de ocurrencia manejando medidas como colocar documentos importantes en muebles altos, mantener en buen estado las conexiones eléctricas, limpiar drenajes, desagües y coladeras, y no colocar muebles de desecho en azoteas.

La protección ante un desastre se lleva a cabo mediante estrategias y acciones y estrategias para anular o disminuir los daños en estructuras físicas o sociales. Por ejemplo, en un sismo, en este orden, debemos dar alarma en caso de movimiento, desalojar el edificio, dirigirse a zonas de seguridad, contar con equipo de protección, y seguir los consejos de “No corro”, “No grito” y “No empujo”.

La recuperación consiste en corregir cualquier desperfecto que haya originado el desastre. Comúnmente, se busca dar apoyo a personas afectadas, evaluar daños a edificios, determinar acciones a seguir y contactar a las autoridades de protección civil y del gobierno del Distrito Federal.



5) Módulo de carteles

Podremos ver la visualización de diversos carteles publicados a lo largo del proyecto en este semestre en curso (Agosto – Diciembre del 2008), como lo son, medidas de previsión y protección ante desastres como inundaciones, trombas, sismos, erupciones volcánicas, incendios y poluciones; una explicación acerca de lo que es la vulnerabilidad ante un desastre y que factores la componen; un histórico de desastres históricos y que lecciones han dejado cada uno para la protección civil; y un expediente de los principales fenómenos en cada delegación en el D.F.

Conclusiones:

En el desarrollo de este prototipo de Protección Civil y el cuidado del medio ambiente se pudo dar un enfoque para conocer la importancia que tiene la Protección Civil y su amplio espacio que lo involucra, así como hacer consciencia en las personas de lo importante que es conservar a nuestro planeta en buenas condiciones.

Estas propuestas permiten ver un enfoque interdisciplinario de lo que implica una investigación. Por un lado, los conocimientos técnicos del desarrollo de sistemas web, sean en HTML o en Flash, la aplicación de metodologías de diseño de programas como los vistos previamente.

Y por otro lado, la aplicación de estos conocimientos, para la generación de medios de divulgación de los conocimientos obtenidos al investigar acerca de la protección civil del Distrito Federal, permitiendo, no solo a nosotros ampliar nuestros conocimientos en otros campos de estudio, sino el permitir a la comunidad estudiantil

de mantenerse informada acerca de qué hacer en caso de un suceso desastroso antes, durante y después de este.

- *PROFESOR INVESTIADOR DE UPIICSA
- **ALUMNOS PIFI UPIICSA



INCORPORACIONES TECNOLÓGICAS E IMPACTO EN LAS ORGANIZACIONES: UNA APLICACIÓN

Autores: Alaniz Bustamante Lizbeth

ibeth_1907@hotmail.com

Miranda Bocardo Selene Marisol

linkin_sln@hotmail.com

Molina Barrios Santiago

shagoba1303@hotmail.com

RESUMEN

En este artículo se presentan aspectos relacionados con la gestión del conocimiento, las nuevas tecnologías, los sistemas de información y su impacto en las organizaciones, se describe la experiencia de los autores en la implantación de una aplicación WEB para facilitar el proceso del programa Institucional "Estímulos al Desempeño de los Investigadores" (EDI) del Instituto Politécnico Nacional.

PALABRAS CLAVE

Gestión del conocimiento, tecnología, Sistemas de Información, Resistencia al cambio, Procesos, Cambios tecnológicos, Capacitación, Actualizaciones.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día las organizaciones dependen cada vez más del uso inteligente de la información y de la tecnología para ser competitivas, y se van convirtiendo en organizaciones intensivas en la información; las personas se informatizan, puesto que utilizan las tecnologías de la información en muchos actos de su vida diaria, y consumen grandes cantidades de información en el ocio y en el negocio. Una de las características comunes de estas

nuevas disciplinas reside en su visión integradora de conceptos, así, la gestión del capital intelectual se basa en localizar y organizar los distintos activos intelectuales generalmente dispersos por la organización: los centrados en las personas (experiencia, capacidad creativa, liderazgo, habilidades), que se acumulan en las mentes y las manos de los miembros de las organizaciones; los activos de propiedad intelectual (patentes, copyright, derechos de diseño, y en general todo tipo de know-how, registrado o no); los activos infraestructurales (conocimiento de cómo funciona la organización, como los métodos para la gestión del personal, sistemas de información implantados en la organización) en definitiva toda la cultura que hace que la organización funcione. En este orden de ideas se elaboraron los protocolos "Herramientas Tecnológicas de Soporte a la Administración del Conocimiento" y "La Tecnología de la Información y Administración del Conocimiento: Una Aplicación.", con el fin de dar continuidad al proyecto SIP, explotando así con una visión integradora la Base de Datos (BD) generada en la captura en línea de la productividad de los



profesores-investigadores participantes en la EDI. Ante esta situación encontramos la negatividad del personal que está en contacto con la aplicación que debido al miedo, falta de interés, entre otros aspectos, generan que se dé una resistencia al cambio y se insista en trabajar con métodos tradicionales. En este artículo se habla de lo que son estos temas, partiendo desde que es un sistemas de información, las tecnologías de información, de algunos de los beneficios que trae la pagina Web que se está implantando así como también de algunos de los factores que pueden ser generadores de la resistencia al cambio.

JUSTIFICACIÓN

Las grandes empresas en la actualidad se hacen más competitivas dentro de su ramo y cada vez adoptan más estrategias a fin de garantizar el éxito, entre estas estrategias podemos encontrar la utilización de herramientas de optimización, basadas en la Informática que al instalarse como una herramienta de trabajo genera una reacción negativa de parte del recurso humano y encontramos lo que llamamos Resistencia al cambio, consientes de esta necesidad se considera importante hacer referencia a temas que de alguna manera puedan facilitar la implementación de soluciones informáticas dentro de las organizaciones haciendo conciencia en el Recurso Humano de las bondades de la tecnología no solo en el ámbito de trabajo sino en la vida cotidiana y así que se vea reflejada en el momento de enfrentarse ante la instalación de soluciones informáticas; puesto que en administración del conocimiento, como en

la mayoría de las áreas, el éxito de la implementación de una herramienta tecnológica depende en gran parte de factores no técnicos, como el factor humano, los procesos organizacionales y la cultura.

OBJETIVO

Facilitar la incorporación de Soluciones Informáticas en las organizaciones concientizando al factor humano para vencer la resistencia al cambio y lograr resultados con éxito.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Un sistema de información es un conjunto organizado de elementos que permite recolectar, clasificar, integrar, procesar, almacenar y difundir información interna y externa que la Institución necesita para tomar decisiones en forma eficiente y eficaz.

Dentro de la administración un sistema de información permite un optimo manejo de datos, esto para que la Institución tenga la fiabilidad de difundirla y en base a ello trazar una decisión en dirección a los buenos resultados.

Los elementos de un sistema de información son:

- Personas
- Datos
- Actividades o técnicas de trabajo
- Recursos informáticos y de comunicación





TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

Las tecnologías de información y comunicaciones han desempeñado un rol importante para responder rápidamente ante cualquier condición cambiante del entorno, actualmente las organizaciones implementan soluciones tecnológicas avanzadas con la incorporación de las diferentes formas de aplicación y con las facilidades que aportan al aplicar este tipo de herramientas.

Las tecnologías de la información han dado origen a la sociedad digital, caracterizada por compartir información y conocimiento instantáneamente y en cualquier lugar.

BENEFICIOS DE UN PORTAL WEB

- Atiende las necesidades de los investigadores de forma rápida.
- Reduce tiempos de traslado para presentar proyectos personalmente

- Permite que la difusión de la información sea con mayor facilidad y acceso. [2]

La innovación tecnológica es la mas importante fuente de cambio dentro de una organización, es por ello que el portal web para el programa institucional EDI “Estímulo al Desempeño de los Investigadores” con el fin de cumplir con sus objetivos, se mantiene a la vanguardia.

El portal WEB-EDI esta integrado por el software: Administración del usuario; Administración de Catálogos; Captura de Productividad; Reportes de Productividad; Un Modelo de Mantenimiento, además de su nuevo rubro de Evaluación.

A lo largo de su implementación aproximadamente 900 investigadores del instituto politécnico nacional participantes de la convocatoria EDI han logrado capturar su información



en línea, a pesar de las dudas que han surgido.

Se debe de tomar en cuenta que en una institución como lo es el IPN con una larga tradición en la educación, orientada hacia los campos tecnológicos al avance de la ciencia y a su aplicación, se deben renovar día con día las formas de trabajo, es así como el portal "EDI" pretende ser una herramienta efectiva y eficaz para el logro de los objetivos de la secretaria de investigación y posgrado, implementando un novedoso sistema de información que sin duda reducirá considerablemente el tiempo de captura de los datos de cada uno de los investigadores participantes.

CAMBIOS EN LAS ORGANIZACIONES

El cambio de cultura no sucederá sin el involucramiento, compromiso y apoyo activo de los miembros de toda la organización. Es por ello que el Sistema de Información EDI ha sido creado para brindar apoyo a la Secretaría de Investigación y Posgrado que tiene como misión formar científicos y personas altamente capacitadas que aporten ideas innovadoras para resolver problemas relevantes y/o complejos que aporten en el entorno y desarrollo del país.

RESISTENCIA AL CAMBIO

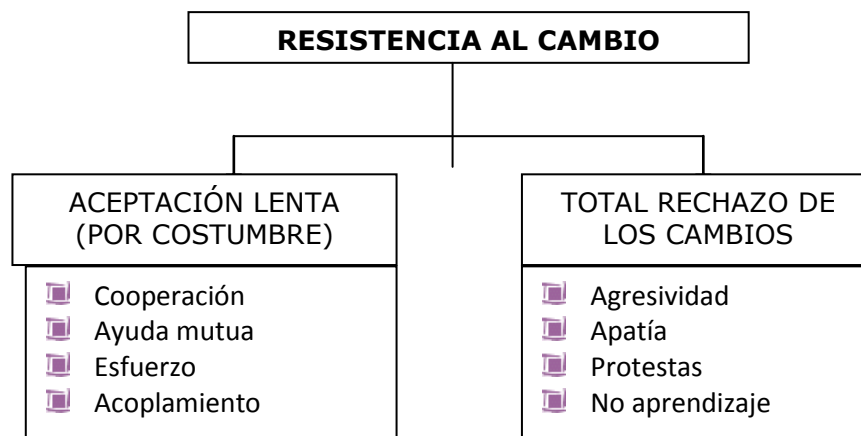
Una de las problemáticas en las organizaciones es la resistencia que los trabajadores tienen a ciertos cambios que se realizan en la misma, ésta es considerada como una reacción negativa ante las modificaciones que se generan en la organización, para la mayoría del personal representa un obstáculo para llevar a cabo su trabajo cotidiano porque de alguna manera le obliga a tomar cursos de capacitación para el buen manejo de las nuevas tecnologías y para la óptima realización de las tareas.

La resistencia al cambio repercute en alto grado a las organizaciones ya que el personal percibe desventajas en cuanto a su aplicación, esto trae como consecuencia que el trabajo se vea como una obligación, no hay compromiso con los objetivos que la empresa espera alcanzar, las tareas se realizan son deficientes, además de que no existe el aprendizaje y se crea un ambiente individualista.

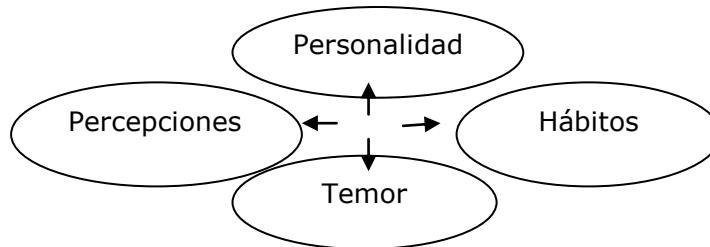
La resistencia que los trabajadores reflejan más que por los cambios tecnológicos es por la cultura que tienen, las percepciones, los hábitos, el temor a recibir represalias, la personalidad, entre otros. Estos factores influyen por la forma en que están arraigados con la persona, si alguien se acostumbra a realizar las mismas actividades y de la misma forma, cuando se realicen cambios, se



sentirá presionada y sentirá que la complejidad para llevarla a cabo incrementa. [1]



ASPECTOS QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO PERSONAL



Fuente [2]

MEJORA CONTINUA

La creación de una cultura de mejora continua en una organización no es algo que se pueda hacer de un día para otro, y esto es cierto tanto para el sector público como para el sector privado. El logro de resultados exitosos exige por parte del personal involucrado un liderazgo firme y sostenido que apoye la iniciativa, la asignación de recursos suficientes y la participación activa en el proyecto. La mejora de la calidad no puede obtenerse simplemente mediante un programa, de trata del resultado de un proceso de mejora continuo y permanente. [3]

ESQUEMA CONCEPTUAL DE PROCESO DE MEJORA CONTINUA



La [excelencia](#), ha de alcanzarse mediante un proceso de mejora continua. Mejora, en todos los campos, de las capacidades del personal, de la relación entre los miembros de la organización, con la sociedad. Alcanzar los mejores resultados, no es labor de un día. Es un proceso progresivo en el que no puede haber retrocesos. Han de cumplirse los objetivos de la organización, y prepararse para los próximos requerimientos superiores. Por lo que necesitaremos obtener un rendimiento superior en nuestra tarea y resultados del conjunto de la organización.

CONCLUSIONES

- Ⓢ Aprender a innovar, poder anticipar nuestro pensamiento para enfrentarnos a los cambios antes de que se realicen con la finalidad de tomar decisiones antes de que se origine cualquier situación desfavorable.
- Ⓢ Ser proactivos en todo momento nos permitirá visualizar mejor los factores externos y disminuir fallas e insatisfacción por parte de los usuarios.
- Ⓢ Es necesario promover el uso de la tecnología en las instituciones, esto para facilitar sus diversas actividades.
- Ⓢ Es de gran importancia participar en proyectos de investigación de gran trascendencia en la institución, lo que nos permitirá ver el entorno externo de una forma más amplia que no permita perder de vista los cambios constantes

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fuente

- Electrónica [1] www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-2598049_ITM-32
[2] www.ares.com/beneficios.htm
[3] <http://www.fundacioncetmo.org/fundacion/publicaciones/transpo rte.viajeros/procesos.mejora.pdf>

[1]

[1]



PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE 5S **ENFOCADO EN EL FACTOR HUMANO.**

MIGUEL CORONA.

AV. CUAUHTÉMOC 24 COL. STA. BÁRBARA. IXTAPALCA, EDO DE MEX.
5972 4149 / 04455 8565 5347 bretanic@hotmail.com

MC José Manuel García Córdova

2do Callejón de Independencia No31-4 Col. San Andrés Tetepilco C.P. 09440
México D. F. Tel (01 55) 25 95 60 67 jgarcia@ipn.mx, jmgarco@yahoo.com.mx

RESUMEN

El presente trabajo de 5S está basado en el plan de implementación en el área de embarques de Mexicana de Aviación, el cual servirá para hacer visibles los desperdicios que actualmente tiene el área y eliminarlos, para así facilitar la posterior implementación de otras herramientas de lean manufacturing.

Este plan de implementación hace especial énfasis en el respeto por el trabajador, al verlo no como mano de obra solamente, sino como un verdadero ensamblaje de fuerza y mente, el cual es el recurso más valioso que se tiene en la empresa y por medio del cual se obtiene o se pierde la mayor parte del beneficio de lean manufacturing.

El plan aquí propuesto es una propuesta adaptada del plan general que siguen muchas empresas en el mundo para implementar 5S. Se adapta a las necesidades de Mexicana de Aviación, pero también ofrece guías de acción para otras empresas mexicanas, dado su atención especial en el trabajador mexicano y sus motivaciones.

Se trata al principio el tema del liderazgo y el empowerment, tan abordado por las empresas multinacionales y que tanto trabajo les ha costado al llegar con los trabajadores mexicanos, acostumbrados a trabajar bajo un

sistema paternalista, el cual les libera de la toma de decisiones.

Después, cumplidos estos dos puntos, se procede a describir el curso de acción a seguir al momento de implementar una isla de excelencia de 5S, que sirve como modelo y como incentivo para el resto de la empresa.

Finalmente, se comenta el resultado, que fue un área más esbelta al llegar a la fase en la que se eliminaron los componentes innecesarios para la operación.

PALABRAS CLAVE

5S, manufactura esbelta, Toyota, motivación laboral.

INTRODUCCIÓN

La implementación de una filosofía 5S es el primer paso y, por lo tanto, el decisivo, cuando se piensa en tener una empresa de clase mundial. Dadas sus características, 5S es la herramienta que ayudará a pavimentar el camino a seguir para llegar a ser una empresa de clase mundial.

5S no sólo es una herramienta que propicia los beneficios que más adelante tendrán un reflejo más cuantitativo en la implementación de otras herramientas, sino que además genera una cultura laboral que, exitosamente sembrada en la conciencia de todos los integrantes de una organización, se convierte en



catalizador de mejora continua, garantizando una constante actualización de los estándares que tan rápido cambian en el mercado actual, así como también ayudan a entender mejor las cambiantes necesidades del cliente y permiten alcanzarlas y superarlas.

Dada la peculiaridad de 5S, se puede decir que las empresas que implementan exitosamente una estructura esbelta, comenzaron su camino con una excelente implementación de 5S. Por otro lado, las empresas que han fallado al tratar de volverse esbeltas, fracasaron desde su intento de implantación de una cultura laboral basada en 5S. Es ése el peso de esta filosofía dentro de la metodología de implementación de manufactura esbelta.

Al pensar en integrar 5S en la vida laboral mexicana, se tropieza siempre con un mismo obstáculo: la mentalidad del trabajador mexicano. Si bien este obstáculo es real en muchas organizaciones de este país, se ha vuelto acaso el pretexto favorito de muchos para no hacer un esfuerzo por llegar a la esbeltez como empresas. Es en realidad ahí donde se debe probar el interés de los altos mandos por ser una empresa competitiva y rentable a nivel mundial, al mismo tiempo que el ingenio y la habilidad de los mandos medios para vender la idea a los trabajadores, siendo el enlace el nivel estratégico y el nivel operativo de la organización, pero también funcionando como un intérprete, un traductor que ponga los objetivos planteados en la visión de la empresa en términos de ambos niveles, de manera que los dos entiendan los beneficios que una implementación de este tipo de herramientas les remunerará y el esfuerzo demandado para cada uno de ellos.

Si los objetivos de la organización coinciden con los objetivos laborales del trabajador, éste no dudará en ponerse en sintonía con las prácticas de 5S. Muchas veces, esta situación

es común en las empresas. El problema surge cuando el trabajador no entiende la visión de su empresa o del área a la que pertenece, y aunque los objetivos tanto de la empresa como del trabajador son compatibles, esta relación nunca será percibida por el trabajador, mostrando éste una renuencia al cambio al no ver un beneficio en modificar los hábitos que ha practicado durante toda su estancia en la empresa.

El otro obstáculo encontrado en muchos casos de implementación es el sindicato. A nivel mundial, los sindicatos están, hoy en día, en condiciones de saber y aceptar la necesidad de que sus miembros estén al corriente en cuanto a nuevas técnicas de producción y en al importancia de implementación de manufactura esbelta en empresas involucradas con sus agremiados. El caso de México es, desafortunadamente, diferente en la mayor parte de los casos, al resto de los países con industrias altamente competitivas.

Si bien el sindicato puede funcionar como un obstáculo en el camino de la implementación de 5S y del resto de la herramientas de manufactura esbelta, ya sea por la inconformidad de la institución misma, ya por la actitud del propio trabajador de escudarse en su sindicato para no intentar cambiar sus hábitos de trabajo, este no puede ser el factor que detenga toda aspiración de la organización por adaptarse a nuevas formas de trabajo. Es un reto bastante interesante para todo aquel que quiera introducir manufactura esbelta en una organización.

Inicialmente, se deben cumplir dos prerequisites que son el liderazgo y el empowerment en cada uno de los trabajadores. Estos dos puntos son requisitos de ingreso en las empresas de clase mundial en sus procesos de reclutamiento y selección de personal.

Si se tiene un equipo sin estos puntos cubiertos, se deben primero trabajar



estos, antes de intentar cualquier implementación de lean manufacturing. Es obvio que el liderazgo es una cualidad inherente de muchas personas, y otras tantas no son líderes ni gustan de la idea de tomar decisiones o asumir riesgos por el equipo. Sin embargo, se debe dejar en claro que cualquier empleado que quiera ejercer su liderazgo en una situación determinada, lo puede hacer, teniendo siempre en mente el beneficio del equipo completo.

Los canales de comunicación de abajo hacia arriba y viceversa siempre deben estar abiertos para usarse sin restricciones de ningún tipo, siempre conservando el respeto tanto por los subordinados como por los jefes.

El empowerment parte de esta idea de libre comunicación, y se sustenta en una comprensión total de las políticas de acción ante cada situación, información que viene de los mandos altos hacia abajo.

El empleado que sabe que hacer en determinados momentos, en los cuales no hay la necesidad de preguntar a los superiores o no hay la posibilidad de hacerlo, es un empleado que ha desarrollado el empowerment. Esto sólo es posible cuando hay la confianza por parte de la empresa en el trabajador y en sus propias líneas de comunicación y cuando se trabaja con base en un sistema de recompensas y no de castigos; recompensas aún cuando el trabajador obra erróneamente.

La empresa debe recompensar el hecho de que el trabajador use su empowerment primeramente, y luego se revisa el resultado de su decisión. Si este es bueno o malo, se debe reorientar al empleado y seguir un curso de acción para corregir o llevar a buen término la acción del trabajador.

IMPLEMENTACIÓN DE 5S

Es conveniente hacer una aclaración antes de explicar el plan de implementación. Debido al tamaño del

área de estudio, se procedió a hacer una implementación de una "isla de excelencia", es decir, un área modelo de la empresa con la filosofía 5S en pleno funcionamiento, que servirá de ejemplo a las otras áreas para un eventual cambio a nivel organizacional hacia la manufactura esbelta. Este enfoque de implementación requiere de modificaciones, además de las modificaciones necesarias derivadas de los obstáculos necesarios ya mencionados anteriormente, en el método de implementación común que no afectarán el concepto de 5S.

Paso 1. Iniciar la implementación de 5s: decirle al equipo sobre la importancia, metas y visiones de 5s

Es extremadamente importante que el equipo completo escuche el mensaje de inicio de 5S y las preguntas y respuestas que se deriven de este mensaje. La reunión debe contener el mensaje de inicio, el calendario de adiestramiento, y lo siguiente:

Importancia de 5S: ESTABLECER LA DISCIPLINA Y LA BASE DEL ÁREA QUE SOPORTARÁ TODAS LAS ACTIVIDADES DE MEJORA NECESARIAS PARA ASEGURAR EL FUTURO. 5S ES UN TEMA COMÚN ENTRE TODAS LAS ORGANIZACIONES DE CLASE MUNDIAL.

Metas de la implementación de 5S: MEJORAR LA SEGURIDAD Y MEJORAR EL ORGULLO DEL LUGAR DE TRABAJO. VOLVERSE UN PROVEEDOR MODELO PARA LOS CLIENTES. MEJORAR LA CALIDAD Y LA PRODUCTIVIDAD.

Visión: ¿CÓMO CABE EL CONCEPTO DE ISLA DE EXCELENCIA Y 5S EN LA VISIÓN DEL ÁREA? ¿POR QUÉ SE NECESITA HACER LAS COSAS DE OTRO MODO? ¿QUÉ SIGUE EN LA BÚSQUEDA DE LA CLASE MUNDIAL?

Paso 2. Formar, entrenar y desarrollar equipos de evaluación/reconocimiento de 5s.



Todas las organizaciones tienen gente de alto desempeño. La cantidad de ellos depende de las prácticas y cultura de contratación de la empresa. De cualquier forma siempre los hay. Se debe identificar a esta gente con el deseo de participar, asumir riesgos, ser exitosos, que son apasionados, campeones comprometidos de los proyectos a los que son asignados.

Dadas las acotaciones de este plan de implementación y el tamaño del área que éste abarca, se dividirá al personal que labora actualmente en el taller 21 en dos equipos (evaluación y reconocimiento) cada uno con un campeón. Se debe considerar que un miembro de la dirección debe ser miembro del equipo de evaluación.

El éxito de 5S y la velocidad a la que este éxito ocurre, depende de equipos propiamente entrenados y comprometidos que tienen el apoyo total de la alta dirección. Este entrenamiento debe considerar lo siguiente:

- Una comprensión clara de la visión de la compañía y en particular del área de embarques y como ésta iniciativa es el comienzo para hacer realidad dicha visión.
- Se debe comprender plenamente todo el proceso de implementación de 5S.
- Se analizarán otras compañías para comparar actividades de 5S. (benchmarking que puede ser aportado por experiencias de los mismos trabajadores en otras empresas)
- Habrá total participación en el diseño, desarrollo e implementación de la isla de excelencia, como se define en el paso 2.
- Revisar las guías de 5S para oficina y planta, así como el criterio

maestro de evaluación, para conocer las necesidades particulares del área.

DESARROLLO DEL EQUIPO DE EVALUACIÓN

El equipo de evaluación tendrá 4 responsabilidades que son:

1. Desarrollar el concepto de isla de excelencia
2. Establecer los estándares iniciales con los que se evaluará la isla, basados en el análisis de la o las empresas con prácticas de 5S que se hayan analizado. Estos estándares tienen que ser ambiciosos pero alcanzables con los recursos actuales del área
3. Participar en la preparación del área de exhibición de tarjeta roja.
4. Realizar una evaluación periódica del área y publicar los resultados. Mostrar estos resultados en reuniones departamentales o generales.

DESARROLLO DEL EQUIPO DE RECONOCIMIENTO

El equipo de evaluación tendrá las siguientes responsabilidades:

1. Ayudar a desarrollar la isla de excelencia.
2. Desarrollar un programa de reconocimientos y recompensas de 5S.
3. Desarrollar un criterio para determinar cuando el programa 5S se puede sostener a sí mismo y el equipo de reconocimiento puede ser disuelto.

Paso 3. Desarrollar la isla de excelencia, usando los equipos de evaluación/reconocimiento

Las islas de excelencia son áreas de una planta desarrolladas como modelos de 5S para que el resto de la



fábrica las use como guía. Las islas deben representar a las áreas operativas y las oficinas.

Los equipos de evaluación y reconocimiento deben participar activamente en el desarrollo de la isla de excelencia, para así poder poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el adiestramiento.

La gerencia debe estar involucrada en la preparación de la isla. Hay que recordar que no se debe buscar la perfección desde el inicio de la implementación de 5S. La mejora continua y la búsqueda de perfección se aplican a 5S. Los estándares actuales de 5S no serán aceptables dentro de un año. Sin embargo, la isla de excelencia debe representar los estándares actuales que pueden ser alcanzados por todos. Puede ser un cambio considerable, pero debe ser alcanzable.

El entrenamiento para las islas de excelencia se desglosa a continuación con cada elemento de las 5S.

ORGANIZAR.

Al tener el taller 21 características propias de las áreas operativas y administrativas, se removerá de éstas áreas cualquier elemento innecesario para la producción o la tarea del día. Se debe tener lo que se necesita para cada día.

Se deben almacenar los elementos frecuentemente usados en la misma área de trabajo. Los elementos usados con menor frecuencia se almacenarán lejos del área de trabajo y los elementos que no se necesitan en ningún lado se deben desechar.

Un método útil para ordenar es el de la etiqueta roja. Se usa para identificar elementos que se encuentran en el área de trabajo, pero que su uso y necesidad son desconocidos. El método de la etiqueta roja permite usar el conocimiento y la experiencia de todo el personal para responder a las preguntas de: ¿qué es esto?, ¿se debe conservar, almacenar o desechar? y, si el elemento es necesario, ¿cuántos se deben conservar?

Al ordenar el área, se debe llenar una etiqueta roja por cada elemento sin identificar. Se adhiere la etiqueta al elemento y se muestra permanentemente en el área, para que todos lo puedan ver. Todo el etiquetado se debe realizar máximo en 2 días, para no perder el interés en el proceso.

Se designará un área específica, que sea visible para toda el área e incluso para otras áreas, la cual mostrará todos los artículos que sean etiquetados en este proceso. Esta área funciona como un filtro para eliminar los componentes innecesarios, ya que todas las personas que vean los objetos mostrados pueden dar su punto de vista sobre el uso o destino de cualquier componente, e incluso llevarlo a otra área que pudiera necesitarlo, o aprobar su desecho.

Hay que remarcar que si nadie que haya visto algún elemento sabe para qué sirve, se debe desechar de inmediato.



| | |
|---|---------------------|
| ETIQUETA ROJA | |
| 5'S | |
| Área: _____ | Fecha: _____ |
| Nombre: _____ | |
| Responsable de la actividad: _____ | |
| Fecha Compromiso: _____ | |
| Firma: _____ | |
| Hallazgo (Descripción): _____ _____ _____ | |
| SOLUCION; Indique la Acción correctiva a realizar: _____ _____ | |
| _____ | |
| _____ | |
| Fecha de revisión: _____ | |

Se debe señalar que esta actividad requiere de tiempo por parte de los trabajadores, por lo que realizarla constantemente no representaría ningún beneficio. Lo ideal sería realizarla una sola vez, ya que, al tener 5S completamente en funcionamiento, el etiquetado visual apropiado y el lugar de almacenamiento para cada elemento que entre en el área de trabajo sería común y no se tendría el mismo problema de desconocimiento sobre el uso de ningún componente. Esto se logra con un equipo de trabajo bien

entrenado en 5S, el cual haya desarrollado un sentimiento de propiedad y una disciplina que les permita impedir la entrada de elementos innecesarios o en exceso a su área de trabajo. Al ser esto un objetivo a largo plazo, y con el fin de mantener un estándar adecuado mientras se implementa todo el proceso, se recomienda hacer un ordenamiento general del área usando el etiquetado rojo, dos veces al año, para crear en los trabajadores un espíritu crítico sobre la necesidad de los elementos que los rodean, y hacer una costumbre el tener un lugar con sólo lo necesario para realizar las actividades diarias.

Como paso final de la primera S, se le pedirá a compañeros de áreas vecinas que den un recorrido al área, dado que lo elementos innecesarios se vuelven a menudo invisibles para los trabajadores que están siempre ahí.

ORDENAR

Una vez que se desecharon todos los elementos innecesarios o que se tenían en exceso, los elementos con los que se cuentan se deben organizar de una manera en que sea fácil usarlos, se deben marcar y etiquetar para que sea fácil encontrarlos y regresarlos a su lugar. Se debe designar un lugar para todo, y todo debe almacenarse cerca del área de trabajo.

Las herramientas se etiquetan con un código que indique la posición en el rack de almacenamiento y la cantidad que ahí se almacena, en el caso de tener más de un mismo elemento.

Los racks de almacenamiento se etiquetarán de manera que las



herramientas o materiales que ahí se guardan tengan una dirección marcada en su propio cuerpo, basada en la identificación de las filas y columnas del rack.

En el caso de materia prima, en las áreas de almacenamiento, se incluye el dato del proveedor, y además se marcan líneas que muestren los niveles máximos y mínimos deseables de cada material.

Los elementos que no sean usados directamente en los procesos, tales como utensilios de oficina o herramientas para la limpieza al lugar, también deben tener una etiqueta que identifique su lugar de almacenamiento, y este lugar debe estar plenamente identificado, y de ser posible adaptar su forma para que sólo el elemento que corresponde pueda ser almacenado ahí, previniendo la entrada de otros elementos de la misma naturaleza.

Para el caso de los componentes que están a la espera de ser enviados, actualmente se almacenan en un rack y su ubicación depende de su funcionamiento. Para hacer esta localización más accesible y reducir el tiempo que se tarda un empleado en decidir dónde ubicar un nuevo componente, se planeó un código de colores para cada rubro de componentes (electrónicos, neumáticos, hidráulicos, tóxicos, etc.) y una tabla con los colores y su rubro junto al rack, para la fácil interpretación de los mismos.

Todos los elementos (herramientas, inventario, etc.) necesitan ser almacenados y, sin un sistema de control visual de almacenamiento, el método de la tarjeta roja nunca podrá dejar de ser utilizado, ya que estos

elementos serán almacenados en el primer lugar disponible, lo que lleva eventualmente a perder la noción sobre los elementos y su utilización, además del evidente desorden que se genera.

Al diseñar el control visual para el almacenamiento se debe tener en cuenta que el sistema de control visual que se desarrolla debe ser fácil de interpretar por todos los empleados. También hay que considerar que los elementos que se usan en distintos lugares del área deben almacenarse en un sitio central, para tener un control del inventario. Finalmente, los elementos que se usan en conjunto deben permanecer cerca uno del otro.

LIMPIAR.

Este paso es bastante simple pero difícil de iniciar. Se debe mantener la limpieza en general en el área. Además de asear los pisos y el edificio, se debe mantener la limpieza de los equipos y herramientas en general, así como desarrollar nuevas formas de prevenir la acumulación de polvo, mugre, rebabas, etc.

La limpieza debe empezar por el techo y las paredes de las áreas. Se debe designar un área específica y claramente identificada para guardar los elementos necesarios para realizar la limpieza del área.

Finalmente, para facilitar la limpieza se recomienda recubrir las patas de todos los muebles, con el fin de reducir el tiempo al asear los pisos y quitar resquicios en los que pudiera alojarse más polvo. Se debe tener en cuenta al colocar estas cubiertas que tienen que ser fácilmente



desmontables, para efectos de aseo general, y para mantenimiento en el caso de máquinas.

ESTANDARIZAR.

En este paso se estandariza y mantiene el uso de los tres elementos anteriores. La principal idea aquí es mantener el orden y limpieza sin grandes esfuerzos, con asignaciones pequeñas diarias.

Cualquier indicio de vuelta a las condiciones anteriores mientras se hace la calendarización de 5S debe ser identificado de inmediato. Es en este paso donde se puede bloquear el camino hacia la implementación de cualquier otra técnica de manufactura esbelta, por lo que se debe tener extremo cuidado de llevarlo a cabo de manera exitosa.

Implementar este paso en el taller 21 consistirá simplemente en realizar un rol de actividades diarias que requieren de mínimo esfuerzo, y que ayudarán a mantener el área limpia y ordenada. Más que tareas específicas son guías de acción que se piensan para convertirse en actos involuntarios al realizar una actividad de trabajo común, ya sea de oficina o del taller es decir, aplica tanto para documentos y artículos de oficina como para las herramientas, etiquetas y documentos del taller.

Con el fin de distribuir la carga de trabajo de limpieza en el área, se recomienda usar una tabla como la siguiente, en los casos en la que no se cuente con personal de limpieza en el área.

| | Oficina 1 | Oficina 2 | Coffee break room | Rack | Mesa de trabajo | Almacén empaques |
|---------|-----------|-----------|-------------------|------|-----------------|------------------|
| Iván | | | | | | |
| Manuel | | | | | | |
| Rosario | | | | | | |
| Miguel | | | | | | |
| Juan | | | | | | |
| Ricardo | | | | | | |



Esta tabla llevará una consecución semanal, de manera que los empleados se ocuparán de la limpieza de una o dos áreas cada semana, y a la siguiente se rolarán.

DISCIPLINA.

Por último, se deben practicar y repetir todos los procedimientos anteriores hasta convertirlos una forma de vida en el área.

5S debe ser incorporado en cada proceso hasta que forme parte de él. La habilidad en el área de continuar con las mejoras depende de este paso. La disciplina consiste en hacer de las 4S anteriores un hábito y una parte de la cultura laboral del área.

Motivar a los trabajadores para que hagan de 5S un hábito es la parte más difícil del proceso de implementación. El ideal es que los trabajadores ejerzan el autocontrol para esta actividad de hacer un hábito el mantenimiento de esta filosofía y realizar actividades de mejora continua.

Contrario a la tradición de poner un objetivo a los trabajadores y darles premios o castigos dependiendo del resultado, el autocontrol se basa en las emociones como el orgullo o la vergüenza para influenciar a los trabajadores en lugar del premio o el castigo.

El rol de la gerencia es simplemente el de informar a sus subordinados el propósito de su trabajo, y proporcionarles todos los detalles del mismo. El motivador usado es la propia conciencia del trabajador. El resultado obtenido son trabajadores que no solo se encargan de hacer su trabajo sino que desarrollan un sentido de responsabilidad sobre la calidad de las cosas que hacen.

El desempeño de cada trabajador se mide con la comparación entre su desempeño anterior y el actual, así como entre su

desempeño y el desempeño de sus compañeros. Es decir, el deseo de automejora y el espíritu de competencia son los factores manejados para motivar a la gente a tener autocontrol.

También se propone implementar un sistema de sugerencias como una forma de explotar el potencial ilimitado de los trabajadores para realizar actividades de mejora.

Por último, es recomendable tomar fotografías de antes y después, de todos los escenarios del área, para recordar dónde se empezó y lo que se ha logrado.

RESULTADOS

Al momento se tiene implementada la primera S, solamente. esto se debe a que antes de continuar con el resto del proceso, el taller 21 se mudará a otra locación, en donde se terminará la implementación. La primer S fue sin duda fundamental, ya que al aplicarla antes de la mudanza facilitó el trabajo en gran medida, al evitarse el transporte de materiales que no eran necesarios.

Sin embargo, el principal problema que se encontró al tratar de empezar la implementación fue la renuencia al cambio por parte de los trabajadores.

Este problema se encuentra casi siempre al tratar de implementar cualquier cambio en el proceso que involucra cambios en la manera en que los recursos humanos se aprovechan, por lo que se decidió seguir la ruta siguiente:

Lo primero que se necesitaba era cambiar la forma de pensar de los empleados, para después propiciar que ellos cambien su forma de hacer las cosas. Por eso se decidió averiguar qué es lo que los empleados pensaban sobre sus trabajos, si estaban bien o mal, si se les tomaba en cuenta al tomar decisiones que afectaban su trabajo, si creían que debía haber algún



cambio, si esto los beneficiaba y más importante: si ellos se sentían parte de la empresa.

Las entrevistas fueron fuera de las horas de trabajo y fuera de su ambiente laboral, con el fin de evitar influencias que pudieran alterar la precisión de sus respuestas.

Para usar como guía, se llenó este pequeño checklist mientras se hablaba con los empleados, para poder ponderar adecuadamente las percepciones de los empleados.

Se tomó un valor numérico de 0 a 4 para cada categoría, siendo nulo = 0 y totalmente desarrollado = 4

Al ponderar cada una de las respuestas de los empleados entrevistados, se tuvieron estos resultados:

Autonomía: 60%

Involucramiento: 45%

Liderazgo: 85%

Compatibilidad de visiones: 15%

Reconocimiento: 40%

| | Nulo | Poco | En desarrollo | Bien desarrollado | Totalmente desarrollado |
|----------------------------|------|------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Autonomía | | | | | |
| Involucramiento | | | | | |
| Liderazgo | | | | | |
| Compatibilidad de visiones | | | | | |
| Reconocimiento | | | | | |

La autonomía se refiere al grado de libertad que presentan los empleados a la hora de tomar decisiones sobre su trabajo diario.

El involucramiento es qué tanto participan en la planeación que se hace periódicamente sobre las metas a conseguir.

El liderazgo es la percepción que se tiene sobre si mismo cómo líder o quién representa para ellos la figura de líder, ya que no siempre es su jefe quien asume este rol.

La compatibilidad de visiones es la comprensión que tiene el empleado de la visión de su área en particular y la forma en que estos objetivos y los objetivos personales se relacionan.

Reconocimiento es el hecho de que el empleado se sapa apreciado no sólo por su trabajo, sino por sus aportaciones de ideas y de acciones que conduzcan a una mejora en el trabajo que desempeña él o sus colaboradores.

Claramente podemos ver que no existe prácticamente una percepción de compatibilidad de visiones entre los empleados. El reconocimiento que sienten que se les da por su trabajo e ideas también es bajo y esto repercute en el involucramiento, al dejar de lado la idea de que sus ideas no representarán un mayor impacto en la toma de decisiones a nivel estratégico.

Por otro lado, tienen bastante clara la imagen de un líder que, si bien no actúa plenamente como tal, si es una figura a quien los demás recurren por consejo, ayuda, incluso aprobación.

Finalmente, la libertad con que ellos trabajan es aceptable, dado que perciben a su jefe como un amigo, quien espera de ellos un compromiso fuerte para con el trabajo a realizarse, aunque sienten aún el miedo a ir más allá de su zona de confort, de tomar riesgos.

Para arreglar los tres factores más bajos, se procedió al siguiente paso que fue charlar con ellos. Estas pláticas tuvieron el objetivo específico de hacerles comprender



los factores que afectaban su desempeño y ayudarles a que descubrieran su motivación por sí mismos.

Primero se trató la renuencia al cambio. En un intercambio de ideas se les trató de hacer ver que **NO ES POSIBLE HACER LAS MISMAS COSAS Y ESPERAR RESULTADOS DISTINTOS**. De esta premisa deriva la necesidad de cambio, ya que todos parecieron acordar en que una mejora en los resultados de su área traería beneficios para ellos.

Al dar el primer paso, es decir, que vieran el motivo de hacer las cosas de diferente manera, se propició una lluvia de ideas en la que expusieron cómo la consecución de los objetivos del área ayudaría a conseguir los objetivos propios. La mayoría de ellos sabía que lo que es bueno para el área es bueno para ellos, pero no sabía por qué. Al final se llegaron a los siguientes puntos dados por los empleados mismos:

- La mejora de los tiempos del área atraerá la atención de los superiores y, por ende, el reconocimiento de éstos.
- Reduciendo los tiempos del área y sus costos, el margen de utilidad aumentará y, por mínimo que sea este aumento, ellos se verán beneficiados.
- Si se reducen los costos, el empleado conservará su puesto, asegurando su futuro y el de su familia.
- Si se mejora constantemente, no solamente se puede conservar el puesto, sino que se puede aspirar a más.

Después de este punto, se tocó lo referente al reconocimiento y las recompensas. Este punto fue delicado, por el tema del favoritismo. Se percibe entre los empleados que los jefes tienen a sus "amigos" de quienes valoran más sus ideas que de quienes no tienen tanto contacto con ellos.

Al propiciar una discusión respetuosa, se terminó por limar asperezas y concluir que las acciones futuras de recompensas tendrían un respaldo documentado, el cual se mostrará claramente. Es decir, se

documentará toda acción que afecte positiva o negativamente a cada trabajador y con base en este respaldo se tomarán las decisiones de recompensa.

Finalmente se tocó el difícil tema del involucramiento, fundamental para la implementación de las técnicas de lean manufacturing y las razones por las que los empleados no se involucran. La razón más fuerte que presentaban los empleados (el sistema de reconocimiento y recompensas) ya estaba superado a menos en el plan, por lo que nos concentramos en la segunda razón, que fue el que no sentían que el aportar ideas a la planeación fuera su trabajo, sino el de los supervisores.

Se les planteó el hecho de que debían desarrollar en ellos un sentimiento de propiedad de la empresa. Al adquirir este sentimiento ellos se darían cuenta de que tan importante es que se involucren en la planeación, ya que el dueño de un negocio siempre está pendiente de todos los aspectos de éste, ya que es su patrimonio el que está en juego.

Un punto que se atacó por una parte en el tema de recompensas y otra en el involucramiento, es el hecho de que el empleado, más que recompensas, percibe castigos, derivados de sus acciones, lo que limita enormemente su aportación de ideas y el involucramiento que pudiera llegar a tener. Este punto se trató someramente con los mandos medios, pero su erradicación total está planeada en la implementación de la última S, la cual menciona el impulso de la sana competencia y la superación personal como motores de las actividades e ideas que provienen de los trabajadores, más allá aún de premio y/o castigos.

Habiendo tenido estas pláticas y estableciendo el rumbo a seguir, basados en las conclusiones obtenidas, se procedió entonces a entrenar a la gente en el concepto de 5S y el desarrollo de la isla de excelencia.

Como ya se mencionó, solo la primer S quedó implementada, y los resultados al crear una isla de excelencia en su primera fase fueron los siguientes:

Se notó una disposición bastante aceptable por parte de los empleados para iniciar con



las actividades de la primera fase. Si bien se les tuvo que hacer hincapié en que estas actividades por sí solas no generan valor al proceso, pero son totalmente indispensables para integrar actividades posteriores que sí lo harán.

Durante la fase de etiquetado de componentes para averiguar su utilidad, surgió un pequeño detalle: los empleados sólo querían acomodar todo lo que tenían, no desechar nada. Parece que con el paso del tiempo, se habían "acostumbrado" a tener todas las cosas que había ahí y tenían un sentimiento a medio camino entre la duda sobre el deshacerse de esas cosas por el hecho de que bien podrían llegar a usarlas en algún momento y nostalgia por algún extraño lazo, si así pudiera llamarsele que se generó por tanto tiempo de tener ahí el o los objetos.

Finalmente, se procedió a organizar los componentes en el área seleccionada para su exhibición en un pasillo transitado por empleados de otras áreas inclusive y se mantuvo ahí por tres días. Al final se recuperó sólo el 10% de los objetos que había ahí, siendo trasladado a otra área el 50% y desechado el 40% restante, del cual 70% quedó sin utilidad convincente y el otro 30% se tiró por no tener reparación o estar en desuso.

Con esta reducción de componentes en el área, la opinión de los trabajadores era que su lugar de trabajo les empezaba a parecer más fresco, más grande, todo parecía más fácil de encontrar y que al mudarse a otro lugar, las cosas seguirán mejoradas.

El comentario final que se les hizo en esta fase fue que efectivamente, esos eran los objetivos de la primer S, aprovechar el lugar lo más posible, propiciar un ambiente libre de barreras para la comunicación y la movilidad de los propios trabajadores, hacer un lugar más seguro para que desempeñaran su trabajo y que los tiempos buscando cosas entre un montón de otras

innecesarias se reduciría aún más con la siguiente S

Al final, se pudo hacer una buena depuración de los objetos que no tenían razón de ser en el área de trabajo, por medio del sistema de etiquetado rojo, el cual probó una vez más su eficiencia al involucrar gente no solo del área de estudio, sino que también recogió opiniones de otras áreas sobre el destino que debía dárseles a los objetos innecesarios.

CONCLUSIONES

Cabe señalar que 5S es más que una herramienta, una filosofía que hace que el empleado cambie sus hábitos de trabajo mediante la práctica de hábitos de higiene y orden en el lugar de trabajo. Es una herramienta que, mientras propicia el orden con el fin de hacer visibles los defectos en los distintos procesos y sirve como trampolín para llegar a otras instancias de lean manufacturing, también ayuda enormemente a transformar la mentalidad de los trabajadores, abriéndolos a otras posibilidades de mejora en su propio desempeño y a la superación profesional y personal. Este proceso de implementación es casi un proceso iniciático que ayuda a desarrollar el recurso más poderoso con el que cuenta cualquier empresa: Su gente.

La principal conclusión que se puede sacar es que el pilar de cualquier mejora es la gente. Sincronizando su plan de vida con la visión de la empresa es el primer paso para las acciones subsecuentes, ya que este paso pone a los empleados en plena sintonía con la empresa y sus políticas, y facilita cualquier plan de mejora. Además, antes de pensar en tener un flujo suave de la producción, con una redistribución de planta, medidas JIT (justo a tiempo), kanban, etc. Hay que procurar tener a la gente haciendo que su trabajo pueda fluir suavemente, eliminando las actividades que no generen valor a su trabajo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Monden, Yasuhiro (1998). Toyota Production System. Georgia: Institute of Industrial Engineers.
- Rubrich, Larry & Watson, Madelyn (2000). Implementing World Class Manufacturing. Indiana, WCM Associates
- Markovitz, Dan. (2008). Office 5S and Visual Management. <http://www.leanblog.org/search/label/5S> Available on 16/11/2008
- Meyers, Fred (1999). Motion And Time Study. Ohio, Prentice Hall.



Embutido profundo rápido y eficiente sin prensas: Roboforming

Ing. Alfonso Cristian García Hernández

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Unidad Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA), del Instituto Politécnico Nacional (IPN), Av. Té 950, Granjas México, Iztacalco, 08400, México, D. F., tel.: 56-24-20-00, ext. 70037, correo electrónico: kryztyan@walla.com.

RESUMEN

Tradicionalmente los procesos de embutido para fabricar productos con cavidades pronunciadas se llevaban a una prensa o varias prensas que de manera progresiva fabricaban las piezas a partir de una simple lámina. Un grupo de investigadores, una universidad alemana y un conjunto de empresas privadas trabajaron de manera conjunta en el proyecto "Roboforming", un sistema de embutido profundo que prescinde del uso de prensas.

PALABRAS CLAVE

Embutido, embutido profundo, lámina, robot, Roboforming, embutido sin prensa, innovación, manufactura, procesos de formado.

1 MARCO TEÓRICO

El embutido forma parte de los procesos de formado de metales en frío, clasificados también como procesos de manufactura con conservación de masa en materiales

sólidos. La geometría final de la pieza a fabricar se obtiene mediante el proceso mecánico básico de deformación plástica.

Descripción

El proceso de embutido se caracteriza de manera general como por un material sólido, un formado en una dimensión y un estado de esfuerzo tensionante. La pieza de trabajo (plantilla, W), se coloca en la matriz (L), y se sujeta mediante la placa de presión (C) para prevenir un deslizamiento o desajuste de la misma, de tal manera que el punzón (P) la empuja dentro de la matriz para formar la cavidad requerida. Esta situación se ilustra en la figura 1.1.

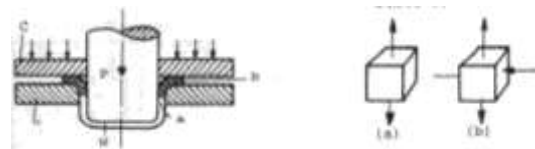


Figura 1.1 Principio técnico del embutido (fuente: [1])

En la figura 1.1 puede observarse que la pieza experimenta la deformación en la dirección de la fuerza aplicada (a), sin embargo, también



experimenta un esfuerzo tensionante en la dirección mostrada en (b).

Aplicaciones

El embutido profundo y sus variantes se utilizan extensamente para producir gran variedad de contenedores, recipientes cilíndricos o prismáticos y cavidades en general. Algunos ejemplos son las tapas de botellas, páneles de carrocerías automotrices, tanques, depósitos, tapas y envases de otros productos y latas para alimentos, siempre y cuando se trabaje la materia prima en frío.

Materiales

Los metales ferrosos y no ferrosos poseen la suficiente ductilidad para soportar el esfuerzo real que se aplica. Si las deformaciones son muy grandes, es necesario aplicar un cierto tratamiento como el anodizado, para evitar fallas.

Tolerancias

Generalmente se obtienen buenas tolerancias para diámetros pequeños (del orden de ± 0.2 [mm]). Si aumenta el diámetro, aumenta la tolerancia. Cabe mencionar que la superficie de la pieza final no se altera demasiado con respecto a la superficie de la lámina original.

Maquinaria

Por lo general se utilizan prensas hidráulicas de doble acción en este proceso, sin embargo puede utilizarse otro tipo de prensa, dependiendo de la pieza a fabricar y el propósito de la operación.

2 EMBUTIDO SIN PRENSAS

Como se describió en el marco teórico, el embutido es un proceso donde interviene un conjunto de elementos como el troquel (conjunto de punzón y matriz), la pieza y la prensa. Sin embargo, la empresa Dieffenbacher presentó en la exposición Metalform, que tuvo lugar en el Centro de Banamex de la Ciudad de México del 11 al 13 de noviembre de 2008, un sistema innovador de embutido, que utiliza básicamente dos robots como maquinaria para el proceso de deformación plástica de la lámina. Este sistema ya había sido presentado en otras partes del mundo, pero en nuestro país también pudimos ser testigos de la vanguardia tecnológica que se desarrolló como respuesta a la problemática que se presenta cuando se requiere fabricar un prototipo o un lote pequeño de productos, ya que el costo unitario de las piezas resultantes es generalmente muy elevado. Además, la falta de flexibilidad y las grandes inversiones asociadas, limitan los procesos de formado convencionales, particularmente



cuando se pretende fabricar una pieza compleja.

Roboforming es un nuevo desarrollo que emplea robots de encoder incremental para realizar el proceso de embutido profundo de piezas de lámina. El proceso se basa en la "generación cinemática" de la forma requerida por medio de dos robots industriales acoplados en un sistema de cooperación mutua. Uno de los robots efectúa el formado, mientras que el otro guía la herramienta de soporte (matriz). La pieza final se obtiene del incremento de profundidad de ataque de la

herramienta de formado y de su movimiento alrededor del contorno lateral en cada nivel de avance, mientras la lámina es sostenida y soportada por la matriz en el lado opuesto del ataque. En comparación con otros sistemas o máquinas de embutido incremental, este sistema ofrece una alta flexibilidad en la geometría final requerida en las piezas, de manera independiente respecto de las herramientas utilizadas. La figura 2.1 muestra el principio fundamental de Roboforming en contraste con los sistemas de embutido convencionales.

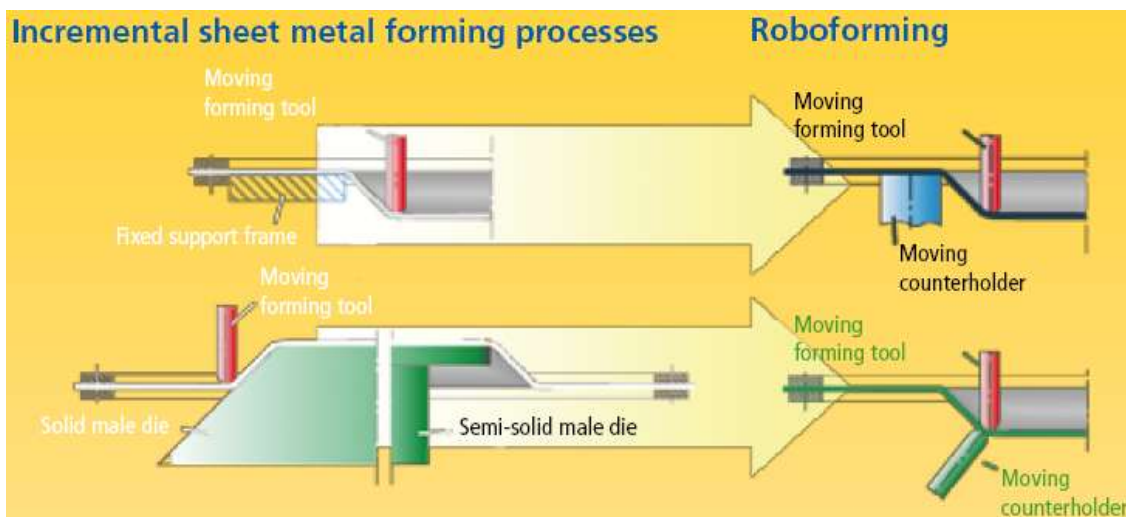


Figura 2.1 Comparación de Roboforming con los sistemas convencionales de embutido (fuente: [a])

El enfoque principal de este proyecto (Roboforming), recae en el desarrollo e implementación de un sistema de formado automatizado diseñado para la producción de piezas individuales de lámina, con base en un archivo CAD.

Para lograr este desarrollo, un grupo de varias empresas alemanas de renombre como ASA (automatización), CARAT (programación fuera de línea), Steinbichler Optotechnik (sensores ópticos), KUKA (robots) y sus posibles aplicaciones BMW (automóviles),



DIEFFENBACHER (productos embutidos) y SEIDEL (diseño de partes), han cooperado de manera entusiasta, proporcionando los insumos y recursos necesarios para su desarrollo en las universidades de Bochum y Dortmund, además de contar con el apoyo de la Asociación

Alemana de Formado de Lámina (IBU e.V.). En las figuras 2.2 a 2.7 se muestra el sistema presentado por la empresa alemana Dieffenbacher en la Metalform México 2008 y en la Euroblech 2008.



Figura 2.2 Vista parcial del sistema Roboforming (fuente: [a])

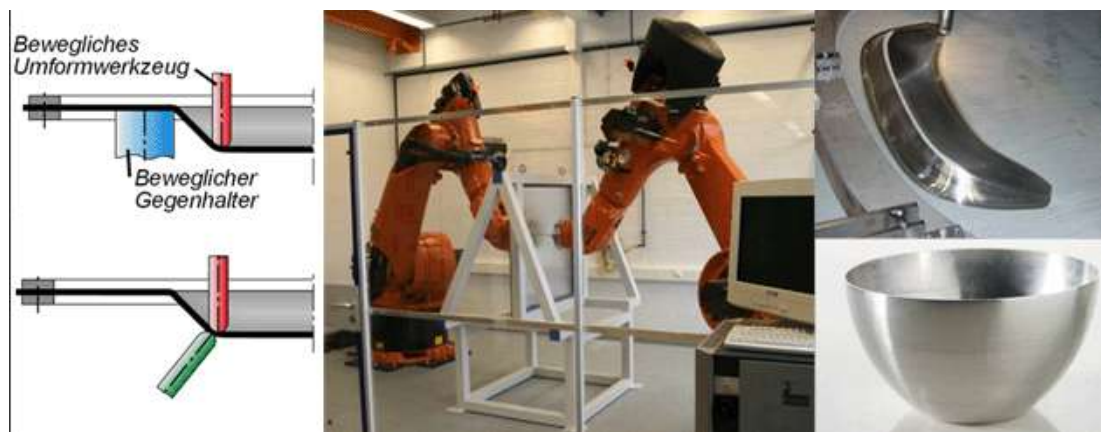


Figura 2.3 Piezas fabricada mediante el sistema Roboforming. (fuente: [a])





Figura 2.4 Roboforming en la Euroblech 2008 (fuente: [a])



Figura 2.5 Roboforming en la Metalform México 2008 (fuente: [a])



Figura 2.6 Sistema Roboforming en acción (fuente: [a])



Figura 2.7 Vista posterior del sistema Roboforming durante la demostración del embutido de una pieza simple (fuente: [a])

3 COMENTARIOS

Es realmente interesante ver trabajar este sistema, debido a su simplicidad y precisión, sin embargo, una aplicación industrial comercializada todavía no se ha podido llevar a cabo. Cuando se desarrolle de manera plena el proyecto y se tenga retroalimentación directa de la industria, será el principio de la aplicación de robots como sustituto en procesos gobernados por equipo y maquinaria pesada. Posiblemente en el futuro, estos sistemas se hagan tan populares y eficientes, que las prensas hidráulicas que conocemos en la actualidad, desaparezcan y se ahorre espacio, energía y dinero en los procesos de manufactura. Cabe mencionar que en la Euroblech este sistema de la empresa Dieffenbacher fue premiado en la categoría de “tecnología de formado” (Umformtechnik), como “un procedimiento de formado basado en el uso de robots” (roboterbasierte Umformverfahren Roboforming).



4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

4. Alting, L. (1994). Manufacturing Engineering Processes. New York: Marcel Dekker Inc.
5. Kalpakjian, S. & Schmid, S. R. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Educación de México.

5 REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- h. Dieffenbacher Website. (2008). <http://www.messestand-online.de/euroblech08/dieffenbacher/index.html>. Available on 17-XI-2008.



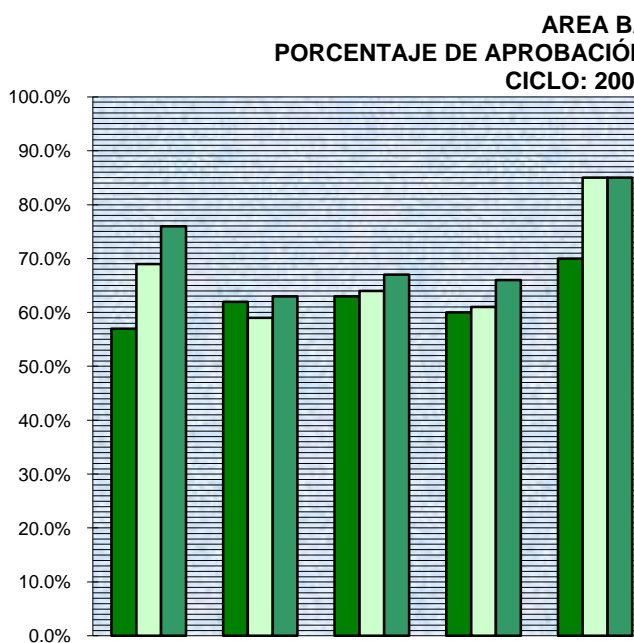
DISEÑO DE PROTOTIPO: "MECANISMO DE CIRCULOTRIGONOMÉTRICO".

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
Sistema de Administración de Programas y Proyectos de Investigación (SAPPI)
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA
Registro asignado por la SIP: 20082408

Autores: Agustín Colín Cardona
Rogelio Martínez García
Raúl Moctezuma Bautista.

INTRODUCCIÓN

Se ha observado que el desempeño de los estudiantes en la materia de Geometría y Trigonometría del Cecyt "Lázaro Cárdenas" no ha sido del todo satisfactorio, como nos muestra la estadística siguiente:



los conceptos de las funciones trigonométricas.

Por ello, se tuvo la inquietud de buscar alternativas de enseñanza para lograr un aprendizaje significativo y que el estudiante logre adquirir estos conocimientos con un mejor razonamiento de los temas de trigonometría. De ahí surge la idea de elaborar un prototipo para facilitar la comprensión de las funciones trigonométricas, especialmente las funciones de seno y coseno, así pueda aplicar este conocimiento en problemas reales y a su vez vincularlo con las diferentes asignaturas como Física, Química, Procesos Industriales, Instalaciones Eléctricas y Construcción.

| MAT. | G.Y TRIGO | DIF | EST | FISICA II | FISICA IV | QUIMICA II | QUIMICA IV | COMP | DIBUJO | PROM |
|--------|-----------|--------|--------|-----------|-----------|------------|------------|--------|--------|--------|
| 1ER | 57.00% | 62.00% | 63.00% | 60.00% | 70.00% | 58.00% | 52.00% | 90.00% | 72.00% | 64.888 |
| 2DO | 69.00% | 59.00% | 64.00% | 61.00% | 85.00% | 75.00% | 65.00% | 89.00% | 75.00% | 71.333 |
| 3ER | 76.00% | 63.00% | 67.00% | 66.00% | 85.00% | 76.00% | 80.00% | 91.00% | 74.00% | 75.333 |
| GLOBAL | 67.33% | 61.33% | 64.66% | 62.33% | 80.00% | 69.66% | 65.66% | 86.66% | 75.11% | 71.514 |

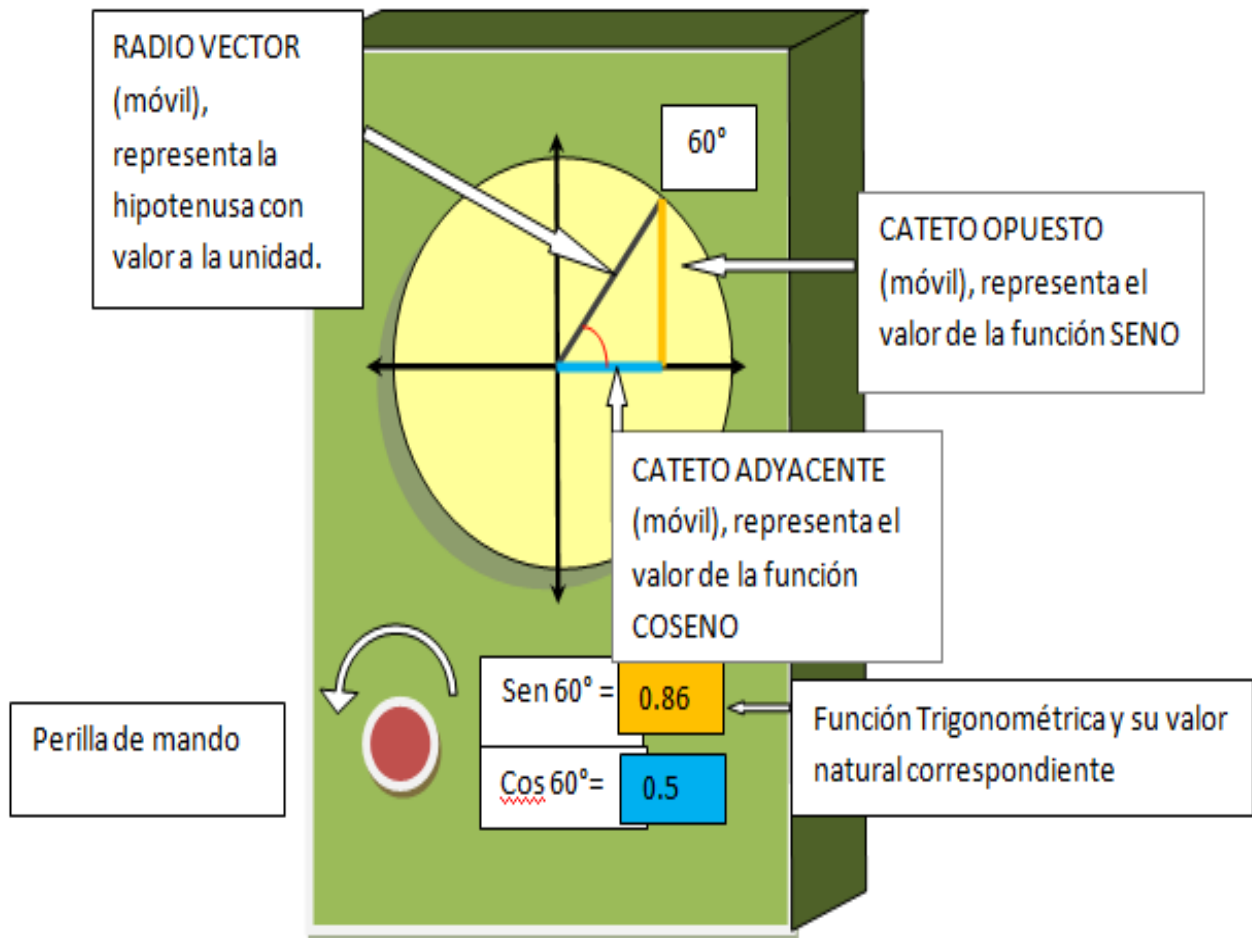
La media aritmética del Área Básica fue de 70.51% , donde se observa que el aprovechamiento al término del curso se encuentra por debajo de este promedio. Los estudiantes presentan algunas dificultades para relacionar los ángulos con los lados de un triángulo rectángulo, por tal razón se forman deficiencias en

OBJETIVO
Que el material educativo "Mecanismo del Círculo Trigonométrico" apoye en la enseñanza de la trigonometría observando el desplazamiento de los triángulos rectángulos que se forman con diferentes ángulos en posición normal y la obtención de los valores de sus catetos representados por las funciones trigonométricas Seno y Coseno para la resolución de problemas con triángulos oblicuángulos



DISEÑO DEL MECANISMO DEL CÍRCULO.

El diseño del “mecanismo del círculo trigonométrico” reúne los temas del ángulo en posición normal en el plano cartesiano, el círculo unitario, el triángulo rectángulo y las funciones trigonométricas de seno y coseno.



UTILIDAD.

- En la práctica de los ángulos notables de 30° , 45° y 60° nos permite visualizar sus valores naturales a través de las funciones trigonométricas de seno y coseno.
- Indica que el rango de la función seno y coseno:
$$-1 < \text{sen } x < 1 \quad -1 < \text{cos } x < 1.$$
- Permite el análisis del comportamiento de estas las funciones en cada uno de los cuadrantes.
- Destaca la importancia y la interpretación de las graficas, que se desarrollan a partir del círculo trigonométrico.
- Economiza el tiempo en la clase al no tener que dibujar el círculo trigonométrico y tener que borrar, para realizar nuevos trazos.
- El alumno podrá interactuar con el prototipo de una manera lúdica y

practicar con su calculadora para corroborar los valores obtenidos.

CONCLUSIONES

- Su uso contempla la gama de ángulos en unidades sexagesimales, en la relación con los valores naturales correspondientes del seno y coseno.
- Facilita la aplicación directa a los problemas prácticos.
- Ahorro el uso del pizarrón y marcador.
- Permite el desarrollo de competencias en la solución de problemas, con la formación de equipos de trabajo.



“MECANISMO DE CIRCULO TRIGONOMETRICO”





BIBLIOGRAFÍA.

Cuéllar, Juan Antonio. Geometría Analítica, Mc Graw Hill, 2007.
Fuenlabrada, Samuel. Geometría Analítica, Mc Graw Hill, 2006.
Smith, et, al, Algebra, Trigonometría y Geometría Analítica, Pearson, 2005.
Academia Institucional de Matemáticas. Geometría y Trigonometría. IPN .2005.
Ruiz, Joaquín. Geometría Analítica, Publicaciones Cultural, 2004.
Swokowski, E.W. y Cole, J.A. Álgebra y Trigonometría. Int. Thomson-Editores, 2000.
Zill, Dewar. Algebra y Trigonometría. Mac Graw Hill. 2001.

Direcciones Electrónicas.

<http://www.pntic.mec.es/Descartes/index.html>
<http://math2.org/math/geometry/es-circles.htm>
http://www.edumedia-sciences.com/a348_13-trigonometric-circle.html

