

# Entorno Académico

Revista de divulgación científica  
del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme



# Editorial



Los grandes retos que presenta la sociedad en la búsqueda de un mayor desarrollo y crecimiento económico impactan de forma significativa en la investigación, función sustantiva en las Instituciones de Educación Superior. El desarrollo de la investigación científica ha cobrado mayor importancia para dar respuesta a las necesidades del entorno y la contribución a la generación del conocimiento. En la actualidad la difusión del conocimiento es una prioridad para aquellas instituciones de educación superior que buscan la excelencia.

El Instituto Tecnológico Superior de Cajeme de acuerdo a los retos actuales forma capital intelectual que desarrolla investigación científica en diferentes áreas de conocimiento con el propósito de promover la innovación tecnológica. A través de la Revista Entorno Académico se realiza la difusión de las investigaciones que coadyuvan al desarrollo de la ciencia y tecnología, comunicación científica que impulse la aplicación de soluciones hacia los diferentes sectores de la sociedad.

Respetuosamente,  
“Casa Abierta al Tiempo y las Ideas”

---

**Lic. Gabriel Baldenebro Patrón**  
Director General del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme

# Directorio

## DIRECTORIO GENERAL

- Mtro. Aurelio Nuño Mayer**  
Secretario de Educación Pública
- Mtro. Efrén Rojas Dávila**  
Subsecretario de Educación Superior
- Mtro. Juan Manuel Cantú Vázquez**  
Director General de Educación Superior Tecnológica
- M.C. Manuel Chávez Sáenz**  
Director de Institutos Tecnológicos Descentralizados
- Mtro. Ernesto De Lucas Hopkins**  
Secretario de Educación y Cultura del Gobierno del Estado de Sonora
- Mtro. Onésimo Mariscales Delgadillo**  
Subsecretario de Educación Media Superior y Superior de la SEC del Estado de Sonora
- Mtro. Sergio Duarte Escoboza**  
Subsecretario de Planeación y Administración de la SEC del Estado de Sonora
- Mtro. Jose Victor Guerrero Gonzalez**  
Encargado de la Subsecretaría de Educación Básica de la SEC en el Estado de Sonora

## DIRECTORIO INSTITUCIONAL

- Lic. Gabriel Baldenebro Patrón**  
Dirección
- Mtra. Marcela Haydee Osuna Perez**  
Dirección Académica
- Lic. Obed Valenzuela Fraijo**  
Dirección de Vinculación
- Mtra. Olga Margarita Araux Sánchez**  
Subdirección Académica
- Dr. Martín Villa Ibarra**  
Subdirección de Posgrado e Investigación
- Lic. Lucía Avilés Castillo**  
Subdirección de Vinculación
- Ing. Mario Alejandro Gutiérrez De Vore**  
Subdirección de Servicios Administrativos
- Ing. Francisco Leopoldo Lugo Quirarte**  
Subdirección de Planeación
- Mtra. Lilia Beatriz Navarro Fragoso**  
Departamento de Desarrollo Académico
- Mtro. Jesús D. Huicoy Duarte**  
Dpto. de Tecnologías de la Información y Comunicación
- Mtra. Nora Iveth Torres Salazar**  
Departamento de Planeación y Programación
- C.P.C. Hiram Omar Romero Márquez**  
Departamento de Personal
- Mtra. Guadalupe Vásquez Chávez**  
Departamento de Calidad
- Lic. Doris Janeth Rivera Rivera**  
Departamento de Operación y Control Escolar
- Mtra. Fabiola Morales Ortega**  
Departamento de Recursos Financieros
- C. Zayda Vivian Villegas Elías**  
Departamento de Vinculación
- Ing. Lino Noriega Panduro**  
Departamento de Recursos Materiales y Servicios
- Arq. Lorenzo García Gámez**  
División de Arquitectura
- Ing. Bernardo Morales Cervantes**  
División de Ingeniería Ambiental
- Mtro. José Lionso Salazar Huerta**  
División de Ingeniería Electrónica
- Mtro. Hiram Álvarez Velázquez**  
División de Ingeniería en Sistemas Computacionales
- Mtra. Norma Aideé Ríos Lugo**  
División de Ingeniería Industrial
- Mtra. Teresita Burgos Ochoa**  
División de Ingeniería Mecánica
- Mtro. Alberto Limón Valencia**  
División de Licenciatura en Administración
- Mtra. Rocío Grajeda Caballero**  
División de Ingeniería en Gestión Empresarial
- Dra. Socorro del Rivero Jiménez**  
División de Ciencias Básicas
- Mtro. Juan Eduardo Aguilar Ángeles**  
Coordinación de Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana
- Dr. Alberto Ramírez Treviño**  
Coordinación de Maestría en Ing. Mecatrónica
- Mtra. Carla Olimpia Zapuche Moreno**  
Coordinación de Maestría en Administración
- Dr. Bruno Pablos Lugo**  
Coordinación de Maestría en Educación
- Lic. Adelisa Machado Acosta**  
Coordinación de Idiomas
- Lic. Paulina Tautimer Delgado**  
Coordinación de Servicios Estudiantiles
- Mtra. Mariela Rubí Navarro Valdez**  
Coordinación de Educación a Distancia
- Mtro. Ricardo Alonso Hernández**  
Coordinación de Cultura

## COMITÉ EDITORIAL

- Dr. Alberto Ramírez Treviño**  
**Dr. Carlo Rosa**  
**Dr. Ernesto Alonso Carlos Martínez**  
**Dr. Martín Villa Ibarra**

## CONSEJO DE PUBLICACIONES

- Lic. Gabriel Baldenebro Patrón**  
Consejero Presidente
- Mtra. Marcela Haydee Osuna Perez**  
Consejero Secretario
- Mtro. Ricardo Alonso Hernández**  
Consejero de Docencia

## COMITÉ DE PRODUCCIÓN

- Mtra. Gisela Ruiz Regalado**  
Editor responsable
- Ing. Claudia Irene Rivera Castro**  
Editor Ejecutivo
- Lic. Jonathan Alberto Monteverde López**  
Responsable de Diseño y Producción Digital

## COLABORADORES

- Albina Arévalo Félix**  
**Irasesma Rascón Rivera**  
**Alejandro Jacobo Castelo**  
**Susana Mata Cabrera**  
**Leonsio Ruiz Moreno**  
**Socorro del Rivero Jiménez**  
**Ricardo Ruiz Moreno**  
**José Manuel Romero Balderrama**  
**Neptalí Marcial Chávez**  
**Martín Villa Ibarra**  
**Gabriel Mendivil Salgueiro**  
**Norma Aideé Ríos Lugo**  
**Marco Antonio Brambilla Ramírez**  
**Fabiola Martínez Navarrete**  
**Berenice Luna Ponce**  
**Yoana Elizeth Tautimes Delgado**  
**Guadalupe Vásquez Chávez**  
**Miguel Ángel García Ordaz**  
**Alberto Ramírez Treviño**  
**José Oliva Gil**  
**Flavio Muñoz Beltrán**  
**Juan Eduardo Aguilar Ángeles**  
**Bruno García Llanes**

ENTORNO ACADÉMICO, año 13, No. 16, junio 2016, es una publicación semestral editada por el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Carretera Internacional a Nogales Km. 2, Col. Amaneceres 2, Cajeme, Sonora, C.P. 85024, Tel. 01 64 44 10 86 50, [www.itesca.edu.mx](http://www.itesca.edu.mx), [gruiz@itesca.edu.mx](mailto:gruiz@itesca.edu.mx). Editor responsable: Mtra. Gisela Ruiz Regalado. ISSN: 2448-7635, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Lic. Martha Vázquez Amaya, Comunicación Social del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Carretera Internacional a Nogales Km. 2, Col. Amaneceres 2, Cajeme, Sonora, C.P. 85024, fecha de última modificación, mayo de 2016.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.

# ÍNDICE

<b>Identificación de factores de adaptación que pueden propiciar el abandono y/o deserción escolar en estudiantes de universidad</b>	<b>5</b>
<b>Impacto de curso propedéutico de matemáticas en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme</b>	<b>13</b>
<b>La construcción modular industrializada, alternativa para la vivienda con alta eficiencia energética para el sector popular</b>	<b>19</b>
<b>Justificación de Bono de Productividad Determinando el Tiempo Estándar en una Empresa Alimenticia Sindicalizada</b>	<b>26</b>
<b>Proceso estadístico en una aplicación antropométrica</b>	<b>35</b>
<b>Sistema Robótico de Rehabilitación Funcional</b>	<b>41</b>
<b>Impacto de la metropolización en el desarrollo socioeconómico de los municipios. El Valle del Yaqui.</b>	<b>49</b>



# Identificación de factores de adaptación que pueden propiciar el abandono y/o deserción escolar en estudiantes de universidad

**Albina Arévalo Félix. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.**

**Docente en la Maestría en Educación.**

**Irasema Rascón Rivera. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.**

**Docente en la Maestría en Educación.**

**Alejandro Jacobo Castelo. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.**

**Docente en la Maestría en Educación.**

**Susana Mata Cabrera. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.**

**Docente en la División de Ciencias Básicas.**

## Resumen

El abandono y la deserción escolar se presentan frecuentemente en las universidades, convirtiéndose en tema de interés para autoridades educativas e investigadores, quienes buscan caracterizarlos para intervenir en ellos. En el presente estudio se buscó identificar factores de adaptación que pueden incidir en el abandono y la deserción escolar a través de una investigación descriptiva, ex post facto. A una muestra intencional de 152 estudiantes matriculados en tres carreras del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, extensión Vícam se les aplicó una parte del Cuestionario de Vivencias Académicas (QVA-r) para obtener información sobre tres dimensiones de adaptabilidad: carrera, estudio e institución. Se encontró que los estudiantes mostraron puntuaciones que reflejan buena adaptación en las tres dimensiones tomadas como totalidad. Entre las tres dimensiones estudiadas los porcentajes de baja adaptabilidad se refieren a la carrera (26.3%), estudio (23.7%) e institución (22.4%). En general la muestra estudiada tiene adecuada adaptación. Sólo el 24.3% de la muestra se podría considerar como de riesgo potencial para el abandono y la deserción. Se recomienda continuar indagando los factores potenciales de riesgo y dar seguimiento a la trayectoria de los estudiantes en tránsito y una vez que egresen.

## Palabras clave

Factores de adaptación, estudiantes de universidad, abandono escolar, deserción escolar, orientación vocacional.

## Abstract

The abandonment and dropouts occur frequently at universities, becoming subject of interest to educational authorities and researchers who seek to

intervene characterize them. In the present study we sought to identify factors that may influence adaptation abandonment and school dropouts through a descriptive, ex post facto research. In a purposive sample of 152 students enrolled in three races of Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, extensión Vícam was applied part of the Academic Experiences Questionnaire (QVA-r) for information on three-dimensional adaptability: career, study and institution. It was found that students showed scores that reflect good adaptation in the three dimensions taken as a whole. Among the three dimensions studied low adaptability percentages refer to the career (26.3%) study (23.7%) and institution (22.4%). Generally the sample has adequate adaptation. Only 24.3% of the sample could be considered as potential risk for neglect and desertion. It is recommended to continue investigating potential risk factors and track the trajectory of the students in transit and once they graduate.

## Keywords

Conversion factors, university students, school leavers, school dropout, vocational counseling.

## Introducción

Cifras presentadas por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) en el período 2007-2008, referente a lo que comprende a la Licenciatura Universitaria y Tecnológica, se reporta al estado de Sonora con una matrícula de primer ingreso de 4,159 alumnos, 8,463 de reingreso obteniendo así un matrícula de 12,622 de los cuales egresaron 849 estudiantes y solo 776 obtuvieron su título universitario. Ante esto se refleja una clara muestra de la baja eficiencia terminal al no

culminar la mayor parte de esta población con éxito sus estudios (ANUIES, 2011).

La deserción escolar es un problema nacional importante. Las altas tasas de abandono no es un problema que afecta exclusivamente al alumno y a la institución de donde deserta, es un problema nacional debido a que a la larga repercute en la vida social, económica y cultural de su comunidad y de su país (Canto, 2010). Esta situación compromete a las escuelas de Educación Superior a buscar alternativas para disminuir esta problemática.

#### Necesidad

Actualmente en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) extensión Vícam se presenta una problemática de abandono y deserción, como en todas las universidades. En el semestre Enero-Mayo 2014 se observó la disminución en un 29.5% de asistencia de alumnos a sus actividades escolares. La institución cuenta con un formato de baja, aunque este no es utilizado en la extensión, motivo por el cual no se pueden identificar las causas probables antes de que se genere el abandono y/o la deserción. Es necesario identificar los posibles factores que pueden tener los estudiantes para abandonar sus estudios, principalmente el de adaptabilidad, lo cual permitirá identificar áreas de mejora y reforzamiento en la institución. Por tanto, surge la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo identificar los factores de adaptación que pueden estar asociados en el abandono y/o deserción escolar en el ITESCA extensión Vícam?

#### Objetivo

Identificar los factores de adaptación que pueden estar asociados al abandono y/o la deserción escolar en los estudiantes del ITESCA extensión Vícam.

#### Justificación

La disminución de alumnos que se ha observado desde los inicios del ITESCA extensión Vícam en un 29.5%, es preocupante, esta es la razón porque me he motivado a realizar la presente investigación con el objetivo de buscar información de los factores que lo pueden estar propiciando, iniciando con el de adaptabilidad a la carrera, estudio e institución, por ser de gran importancia y de mayor facilidad para establecer nuevas estrategias y programas de apoyo en caso de ser necesario.

Esto es el comienzo para nuevas e importantes investigaciones que ayuden a conocer los distintos factores que pueden estar incidiendo en

esta problemática del abandono y deserción estudiantil.

#### Marco teórico

##### La educación

Proceso permanente donde se involucra las edades, etapas y actividades de la vida, mediante el cual una persona desarrolla sus potencialidades y la de su entorno promoviendo su cultura, para llegar al crecimiento, bienestar y felicidad. Es una obra donde interaccionan los organismos vivos con todo su alrededor, siendo lo más importante el interior de la persona que se puede identificar como el educando. (Suárez, 2002).

##### Nivel educativo superior

De acuerdo con la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2012) la educación es una palanca de desarrollo que permite no solamente incrementar el capital humano, sino también fortalecer la cohesión y justicia sociales, enriquece la cultura, pero sobre todo contribuye a consolidar la democracia y la identidad nacional basada en la diversidad cultural. La Ley General de Educación establece tres tipos de educación: básica, media superior y superior.

La educación de tipo superior se imparte después del bachillerato. Se conforma por tres niveles: el técnico superior (también conocido como profesional asociado), la licenciatura y el posgrado.

La licenciatura se imparte en instituciones tecnológicas, universitarias y de formación de maestros; es de carácter terminal y forma profesionistas en las diversas áreas del conocimiento con programas de estudio de cuatro años o más. (SEP, 2012).

##### Concepto de deserción y abandono escolar

La deserción es un término que puede presentar distintos aspectos y que ha sido conceptualizado de varias formas. Sin embargo, en los significados que se asignan a esta palabra, se observa que se asocia con el término abandono y que la variación de la interpretación del término es determinada en gran parte por las condiciones en que se enmarca ese abandono. Gómez define la deserción como fracaso personal temprano cuya marca dura para toda la vida. Otra definición es la que menciona que es la interrupción de la trayectoria académica del estudiante, que genera una distancia entre las expectativas subjetivas del proyecto educativo y las posibilidades objetivas de llevarlo a buen término (Reverón, González, y Pérez, 2005). En las dos definiciones se hace énfasis en el papel del fracaso a nivel personal y

se enuncia que la desvinculación se convierte en una experiencia imborrable que conlleva dificultades para superarla. Otra de las definiciones que se conocen es la que proporciona la UNESCO (2004). Es un proceso de abandono deseado, voluntario o forzoso de la carrera en la que cursa el estudiante, por la influencia positiva o negativa de las circunstancias presentadas de tipo interno o externo del mismo.

Como se puede observar existen diferencias marcadas entre ambos conceptos, mientras que la deserción trata de la interrupción de la trayectoria escolar definitiva, el abandono es la suspensión por diferentes motivos y no es definitiva.

Factores que inciden en el abandono escolar y deserción

El abandono y la deserción escolar son una problemática compleja que se deriva de un conjunto de factores de origen variado.

Diferentes modelos y teorías predicen y explican que se asocian a tres factores primordiales el primero se describe de las condiciones del estudiante que se refiere a su preparación académica previa, estrato socioeconómico, rasgos psicológicos y características familiares, la segunda refiere a las condiciones de la institución, las cuales características relacionadas con los programas, recursos, planta docente, nivel de compromiso, programas de apoyo, y en el tercero describe la interacción de estos dos factores. Pinto, Durán, Pérez, Reverón, y Rodríguez (2007).

Tinto (1993) en estudios realizados en Estados Unidos, reconoce la existencia de diferentes modelos y teorías que buscan explicar el fenómeno del abandono y la deserción. Afirma que, en general, es posible clasificar las teorías en cuando menos cinco tipos: psicológico, social, económico, organizacional e interaccional.

El modelo de adaptación basado en la Teoría de la persistencia de Vincent Tinto, reconoce la diversidad de causas que puede presentar la deserción entre las que se encuentran las características del alumno y su entorno familiar. Pero este modelo hace se enfoca en la integración del sujeto a la institución educativa en la que está inscrito, ya que Tinto considera que de esta manera se puede lograr la retención o permanencia del mismo en la institución (Canto 2010., Citado por Tinto, 1987).

Cuando se quiere tener la permanencia en la institución se dice que esto depende fuertemente

de un acoplamiento muy exitoso entre la institución y el individuo. Este acoplamiento es mediado por factores individuales e institucionales. Dependiendo del enfoque, el principal problema puede ser el estudiante o la institución. Así, para Tinto (1993), la integración de los estudiantes es importante, y ocurre cuando el estudiante se adapta a valores, normas y prácticas universitarias. Esta integración depende de las condiciones de la institución así como el contacto con otros miembros de la universidad o los métodos de enseñanza. Lo cual coincide con observaciones de Astin (1984) donde se resalta la importancia de la cultura institucional como generador de un “acoplamiento” entre individuo e institución. Raush y Hamilton investigaron estos factores en estudiantes que se decidieron a dejar la escuela. Mientras que Tinto y Pusser encontraron los factores enfocados a la falta de socialización y adaptación en la universidad, la sensación de sentirse solo o estar aislado socialmente y académicamente, así como sentirse no integrado (2006).

También en América Latina han existido estudios donde se han identificado factores que coinciden con el modelo de Tinto. Casillas, M., Ragueb C. y N. Jácome (2007), indican que existen diversos tipos de estudiantes con distintos orígenes sociales y diferentes trayectorias. Aunque en su estudio señala que dentro de esta variedad existen estudiantes exitosos con bajo capital cultural, al lado de estudiantes con alto capital que abandonan sus estudios. De Garay (2004) apunta que la existencia de actividades culturales en las universidades influye sobre la deserción, lo cual implicaría que el clima organizacional sí importa. Respecto a la situación económica, una gran cantidad de estudiantes al no contar siquiera con lo básico para el traslado, la alimentación y la compra de libros, se ve en la necesidad de buscar trabajo para continuar con sus estudios, lo que implica que a la larga se complique aún más la situación por cuestiones de horarios de trabajo, distancia del lugar de estudio, tareas escolares incumplidas por falta de tiempo, etc., en cuyo caso tienen que decidir entre seguir estudiando o trabajar; la elección por necesidad es la de seguir trabajando. En este sentido, se encuentra la falta de recursos económicos en el seno familiar, pues en muchos casos la responsabilidad principal de la familia recae en la madre o los hijos mayores que tienen que trabajar para lograr la sobrevivencia de la familia.



Otros estudios, como el de Díaz Barriga y Hernández (2002), señalan que el abandono se encuentra afectado por el alumno, el profesor, el contexto del aula y la aplicación de principios para diseñar la enseñanza; en el primero que es el que responsabiliza al programa, se puede señalar que el tipo de metas que posea el estudiante, la perspectiva asumida, de logro y las propias atribuciones son factores que impactan en su toma de decisiones respecto a la escuela.

Una respuesta al hecho de que buena parte del abandono escolar se presenta en los primeros años de licenciatura, Romero y Fresan (1993) señalan que la transición entre el nivel medio superior y la universidad debe ser objeto de análisis, ya que los alumnos manifiestan serias dificultades para integrarse al medio académico y social de la institución. Dichas autoras identifican como elementos explicativos: la falta de personalidad y madurez intelectual del estudiante, así como la falta de conocimientos y habilidades previas necesarias para realizar estudios superiores.

En la trayectoria universitaria se presentan interacciones de alumnos con la institución, en tres periodos esenciales los cuales pueden influir en la deserción. El primer periodo crítico se presenta durante el proceso de admisión, cuando el estudiante se forma expectativas equivocadas sobre las instituciones y las condiciones de la vida estudiantil, que al no satisfacerse, pueden conducir a decepciones tempranas y, por consiguiente, a la deserción. El segundo periodo crítico sucede en la transición entre el nivel medio superior y la licenciatura, y se caracteriza por el paso de un ambiente conocido a un mundo en apariencia impersonal, lo que implica serios problemas de ajuste para los estudiantes. El tercer periodo crítico se origina cuando el estudiante no logra un adecuado rendimiento académico en las asignaturas del plan de estudios y la institución no le proporciona las herramientas necesarias para superar las deficiencias académicas. (Tinto, 1989).

#### Perfil del alumno al ingresar a la universidad

Al iniciar los alumnos su trayectoria universitaria los alumnos no tienen características de gran relevancia en la planeación de programas y organización académica, se piensa que los alumnos tienen un mismo nivel, sin embargo la realidad frente a grupo es la desigualdad de estudiantes.

Se ha identificado infinidad de factores que inciden en el abandono y/o deserción. La conducta de los estudiantes refleja atributos propios y específicos relacionados con las características

psicológicas de cada individuo (personalidad, disposición motivación, habilidad y capacidad) (Tinto, 1987).

#### Orientación vocacional del universitario

Los jóvenes al ingresar a la universidad, realizan una elección ante una gran diversidad de carreras. Frecuentemente cuando la carrera elegida es inadecuada, se puede decir que sirve como uno de los principales factores que tienen como consecuencia la deserción universitaria. Por esto los jóvenes deben decidir, intentando que la elección le permita alcanzar un nivel óptimo de satisfacción individual (autorrealización), de adaptación y de compromiso social.

Un gran número de teorías quisieron sistematizar los factores que intervienen en la elección de la carrera universitaria y/o estudios, señalando los determinantes como fuera de control del individuo (como son las teorías de azar), en el ambiente (las teorías sociales), en el individuo (las teorías psicológicas) o en aspecto económico (las teorías económicas). Por esto se señala la importancia de la elección vocacional y/o profesional (Fuentes, 2010).

Existen alumnos universitarios que están estudiando una carrera y se dan cuenta que ésta no corresponde con sus habilidades, con sus intereses o con sus expectativas laborales, y prefieren desertar de dichos estudios y comenzar a buscar otro camino profesional, lo cual también se puede identificar como un factor que puede propiciar el abandono y/o deserción escolar.

Para disminuir esta problemática, se ha visto la necesidad de brindar asesoría a los estudiantes para elegir una profesión (Fernández, 2004).

#### Permanencia de alumnos

Cuando se tiene el objetivo de tener una integración más fácil de los alumnos a la institución, no basta con cumplir requisitos mínimos de aprovechamiento escolar; tampoco bastan las pláticas informativas y de orientación sobre el funcionamiento de la institución, desde el punto de vista académico y también administrativo. Es importante identificar si los programas existentes son funcionales porque de no ser así se tienen que crear, fomentar y mantener nuevos programas y servicios de atención a los alumnos de "alto riesgo", y también a los reconocidos por su elevado rendimiento. De esta forma, será posible garantizar la equidad en las oportunidades de permanencia y conclusión de los estudios.

Grosset (1991) también señala que es imprescindible diseñar y operar actividades



encaminadas a favorecer la socialización del estudiante de nuevo ingreso como pueden ser, entre otras, el establecimiento de encuentros de carácter informal con alumnos de los ciclos superiores, con sus futuros profesores, con investigadores de la institución que le permitan percibir un entorno atractivo, amable, en el cual, la proximidad con los distintos actores universitarios resulte motivante. Los programas complementarios para la integración, socialización y atención específica a los alumnos con problemas particulares se han reconocido como una estrategia para abatir el rezago y la deserción. Si bien este fenómeno ni se origina por las mismas causas ni se da en los mismos tiempos, sí se ubica, con mayor frecuencia, en momentos en los que es factible implantar estrategias tendientes a minimizar la ocurrencia de abandonos escolares, pero también a evitar que éstos se den en siguientes generaciones.

Algunas investigaciones indican que la planeación institucional puede contribuir a la disminución en el abandono o deserción escolar si se acompaña de programas especiales de orientación que informen sobre las carreras posibles, la selección de cursos, los procesos escolares y administrativos, y el acceso a los servicios de apoyo. Desde este punto de vista se puede decir que las actividades específicas y fuertes de asesoría, la inclusión de los alumnos en cursos complementarios, más las tareas organizadas de orientación educativa, se complementan y concretan experiencias académicas que fortalecen la retención estudiantil (Grosset, 1991).

**Método**

La población estuvo constituida por los 225 alumnos inscritos en el semestre agosto-diciembre de donde se obtuvo una muestra no aleatoria, intencional de 152 alumnos matriculados en los semestres del 1 al 8, de los cuales el 50% correspondían a la carrera de Ingeniería Industrial, el 14.5% a Ingeniería en Sistemas Computacionales y el 35.5% a Licenciado en Administración. 51% representaba a las mujeres y el 49 % a los hombres

Este trabajo se llevó a cabo en la institución en la que se estudiaría el problema de la deserción y/o abandono escolar: Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, ubicada en el pueblo de Vícam Sonora.

Fue elegido un cuestionario de vivencias académicas basado en el QVA, mismo que se utilizó en investigaciones hasta llegar a su versión reducida QVA-r aplicada en el 2013 en universidades del sur de Sonora (anexo 1), donde

se evalúan 5 dimensiones de las cuales se seleccionaron tres para este estudio por ser relacionadas con la adaptación de los estudiantes universitarios, mostradas en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las dimensiones

DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
CARRERA	Adaptación a la licenciatura, proyecto vocacional y profesional
ESTUDIO	Competencias de estudio, hábitos de trabajo, organización del tiempo y uso de recursos de la escuela
INSTITUCION	Interés hacia la escuela y deseos de continuar en ella

Las respuestas al cuestionario fueron de tipo Likert con 6 opciones de respuesta desde 1= No tiene ninguna relación conmigo, totalmente en desacuerdo y nunca sucede hasta 6 = Siempre, relacionado conmigo, totalmente de acuerdo, siempre sucede. En el mismo instrumento se recabaron datos acerca del género, edad, semestre, carrera y procedencia del estudiante (foráneo o local).

Los datos recolectados se capturaron formando una base de datos electrónica con la ayuda del paquete estadístico SSPS versión 22. Se calcularon diferentes estadísticos descriptivos de tendencia central y de variación, para cada uno de los ítems y dimensiones del instrumento. Así mismo, se hicieron cálculos para respaldar la confiabilidad y la validez de las medidas obtenidas.

**Resultados**

Con la finalidad de hacer una interpretación más específica y práctica de los resultados a partir de realizar los rangos y percentiles con cada una de las dimensiones y el total del instrumento se construyó un baremo, mostrado en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de Baremo por dimensiones

	BAJA	NORMAL	ALTA
CARRERA	<3.70	3.9 A 5.1	>5.1
ESTUDIO	<3.36	3.3 A 4.7	>4.7
INSTITUCIÓN	<3.1	3.1 A 5.0	>5.0
TOTAL	<3.7	3.7 A 4.7	>4.7

En el cual se observaron puntuaciones promedio menores o iguales que 3.70 solamente en 33 de

los alumnos encuestados, lo que representó que solamente el 25% de la muestra tienen una adaptabilidad baja. Los 99 alumnos restantes obtuvieron resultados de adaptabilidad normal o alta, lo que representa en general que el 75 % de los mismos no tienen problemas de adaptación en las dimensiones estudiadas.

Este análisis también se realizó a detalle en cada una de las dimensiones obteniendo los porcentajes de baja adaptabilidad de 26.3% para carrera, el 23.7% para estudio y el 22.4% para institución, esto se muestra en la figura 4.3.

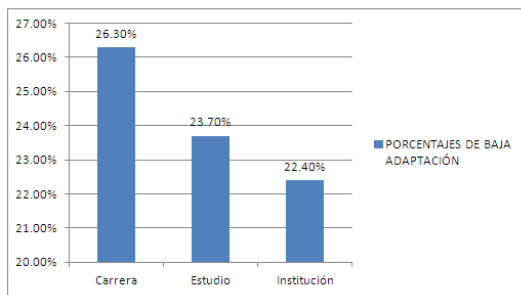


Figura 1. Porcentajes de adaptación correspondientes a cada deserción estudiada.

Con estos resultados se observa que la dimensión carrera presenta mayor problema de adaptación en comparación con las otras dos dimensiones estudiadas.

Al estudiar las dimensiones por separado, en la dimensión carrera que identifica la adaptación a la licenciatura, proyecto vocacional y profesional el 26.3% de los alumnos presentan baja adaptación de los cuales el 13.8% es representado por los hombres y el 12.5% por mujeres, la edad predominante es de 18 años y cursan el primer semestre y sin materias reprobadas. Los menos adaptados a la carrera son los Licenciados en Administración.

El 23.7% de alumnos tuvieron baja adaptación al estudio de los cuales el 14.5% eran hombres y el 9.2% mujeres, estos presentaron principalmente características como tener edad de 18 años y cursar el primer semestre. Los alumnos menos adaptados al estudio fueron los de la carrera de Ingeniería Industrial. La dimensión estudio explora los recursos que posee el alumno para sobrevivir como estudiante tales como hábitos de trabajo, competencias de estudio, organización del tiempo y el uso de los recursos de la escuela. Un puntaje bajo significa carencia en ese aspecto y debería ser motivo de alerta puesto que corresponde con la etapa de transición del bachillerato a la universidad. Según Tinto, (1993),

en esa etapa hay un mayor riesgo de abandono de los estudios.

La dimensión institución presentó 22.4% de los alumnos ubicados con baja adaptación en el Interés hacia la escuela y deseos de continuar en ella. De estos el 12.5% eran hombres y el 9.9% fueron mujeres, la edad predominante fue de 20 años, cursaban el séptimo semestre y no tenían materias reprobadas. En esta dimensión los ingenieros industriales fueron los menos adaptados.

En estos resultados se observa que los alumnos menos adaptados a la carrera y al estudio son los de primer semestre con edades de 18 años y sin materias reprobadas. Estos alumnos se encuentran claramente en el periodo de transición, el cual, se asocia a problemas de deserción (Tinto, 1993). Según este autor uno de los períodos en los que ocurre la deserción, es el de transición de la preparatoria a la universidad que se da en los primeros semestres. También Romo y Fresan (Citado por Huesca y Castaño, 2007) señalan que el cambio de preparatoria a la universidad debe ser objeto importante de análisis, ya que los alumnos manifiestan serias dificultades para integrarse al medio académico y social de la institución. Por su parte Cabrera indica que entre las posibles causas de abandono y deserción escolar se encuentra la desmotivación por la carrera y en algunos casos por la universidad, dado que se presenta una barrera en la integración social de los estudiantes en los primeros meses de estudio universitario, por haberse matriculado en una carrera e institución que no era lo que el estudiante deseaba como primera prioridad.

Los menos adaptados en la dimensión institución fueron los ingenieros industriales de 20 años, del séptimo semestre y sin materias reprobadas, lo cual es de esperarse en alumnos que están en la etapa de la insatisfacción hacia la institución por no llenar las expectativas de lo que deseaban (Canto, 2010). También pueden estar presentando algunas problemáticas de madurez emocional, insatisfacción con la carrera elegida, dificultades de adaptación al entorno universitario y carencia de aptitudes, habilidades o interés por la carrera escogida (Martínez, 2006).

#### Conclusiones

El abandono y/o deserción escolar se presentan en todas las universidades, se puede decir que es un problema común, el cual no tienen que dejar de ser una preocupación, es importante conocer los factores que lo ocasionan para disminuirlo lo más posible. Por esto, en este trabajo se investigó sobre los factores de adaptación que pueden

incidir en el abandono y deserción escolar en la carrera, estudio e instituto, encontrándose que en general la muestra estudiada tiene adecuada adaptación Solo 24.3 % de los alumnos, estos son los que se podrían considerar como riesgo potencial para el abandono y/o la deserción.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado para la realización de esta investigación al Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, extensión Vícam, a los estudiantes objeto de estudio y al personal de apoyo técnico.

#### Referencias

ANUIES. (2011). *Estadísticas de la educación superior de Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior*. Recuperado el 01 de agosto del 2014, de [http://www.anui.es/servicios/e\\_educación/index2.php](http://www.anui.es/servicios/e_educación/index2.php)

Astin, A .W. (1984). *Student involvement: A developmental theory for higher education*. *Journal of College Student Personnel*. xxv, pp. 297-308.

Base Integral de Datos Institucional (BIDI) de ITESCA, marzo 2014.

Bisquerra, R. (1989). *Métodos de investigación educativa: Guía práctica*. (1 a.ed.). Barcelona: *CEAC*. Recuperado el 09 Enero del 2015 de: <http://dip.una.edu.ve/mead/metodologia1/Lecturas/bisquerra2.pdf>.

Cabrera, L. Bethencourt, J.T. Álvarez, P. y González, A. (2006). El problema del abandono de los estudios universitarios. *RELIEVE*, 1 (2) 2. Recuperado el 06 de Febrero del 2015 de: [http://www.uv.es/relieve/v12n2/RELIEVEv12n2\\_1.htm](http://www.uv.es/relieve/v12n2/RELIEVEv12n2_1.htm)

Canto, P. *Factores individuales, familiares e institucionales relacionados con la deserción en una escuela preparatoria estatal de Yucatán*. Mérida, Yucatán, México Marzo, 2010. Facultad de educación luz, ciencia y verdad (UADY)

Casillas, M. Ragueb Ch. y Jácome N. (2007), "Origen social de los estudiantes y trayectorias estudiantiles en la Universidad Veracruzana", *Revista de la Educación Superior*, 36 (2) 142.

De Garay, A. y Serrano R. (2007), La primera generación de alumnos de la unidad Cuajimalpa de la Universidad Autónoma Metropolitana, a un año de trayectoria escolar, *El Cotidiano*, vol. 22, núm. 146.

Díaz R. (1997) Los desafíos de la educación superior mexicana. *Revista de educación superior*. 105(1), 2. Recuperado el 23 de enero del 2015 de: <http://publicaciones.anui.es/acervo/revsup/res106/art1.htm>

Díaz –Barriga, F. y Hernández, G. 2002. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista, D.F, México: Mc Graw Hill.

Fuentes N. M. (2010). La orientación profesional para elegir fundamentadamente una ocupación: Propuesta alternativa. *Revista Mexicana de Psicología*, 27(2), 243-246.

Fernández, G. M. ¿Necesidad de orientación vocacional? *Revista Rompan Filas*: 13 (71), 3-12.

Gómez, H. (1998). Educación: la agenda del siglo XXI: hacia un desarrollo humano, Bogotá: Tercer Mundo editores.

Grosset, M. (1991). Patterns of integration commitment, and student characteristics and retention among younger and older students. *Research in Higher Education*, 32,159-178.

Hernandez, R. Fernandez, R. Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5 a. ed.) Editorial MC Graw Hill México D.F.

Huesca, M. Castaño, M. (2007). Causas de Deserción en Alumnos de primer año de una Universidad Privada. *Revista Remo*. México, 5 (12), 34.

Jacobo, A. (2013): Propiedades psicométricas del Cuestionario de Vivencias Académicas revisado (QVA-r) en universitarios del sur de Sonora. *Congreso Internacional de educación*. Consultado el 19 de febrero del 2015 de: <http://fch.mx1.uabc.mx/eventos/me5cie/cd/10059.PDF>

Huesca, M. y Castaño, M. (2006) Causas de deserción en alumnos de primer año de una universidad privada. Consultado en noviembre del 2014. De:



<http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v09/ponencias/at16/PRE1178841083.pdf>

Landeau R. (2007) Elaboración de trabajos de investigación (1a. Ed.). Editorial Alfa Venezuela. p 54-56.

Martínez N. (2006), Deserción universitaria causa frustración y pobreza: Unesco. *El Universal*. Consultado en abril 2015, de:  
<http://www.eluniversal.com.mx/nacion/141267.html>.

Páramo, G. y Correa, C. (1999). Deserción estudiantil universitaria. *Revista Universidad Eafit*. Colombia. 35 (114), 65-78. Consultado en febrero 2015 del:  
<http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1075/967>

Pinto, M. Durán, D. Pérez, R. Reverón, C. y Rodríguez, A. (2007). Cuestión de supervivencia. Graduación, deserción y rezago en la Universidad Nacional de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Dirección Nacional de Bienestar Universitario, Bogotá.

Reverón, C. González, G. y Pérez, B. (2005). Estrategias institucionales de intervención frente a la alta permanencia, repitencia y deserción de los estudiantes en la universidad nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Rausch, J. L. & Hamilton M.W. (2006). Goals and Distractions: Explanations of Early Attrition from Traditional University Freshmen, *The Qualitative Report*, 11 (2),317-334

Romo, A. y Fresán, M. (2001). Los factores curriculares y académicos relacionados con el abandono y el rezago. En deserción, rezago y eficiencia terminal en las IES. México: ANUIES.

Secretaria de Educación Superior, 2012. Consultado en agosto 2014. De:  
[http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10787/1/images/Anexo\\_6Reporte\\_de\\_la\\_EN\\_DEMS.pdf](http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10787/1/images/Anexo_6Reporte_de_la_EN_DEMS.pdf)

Suarez, R. (2002). La Educación. México, DF. Editorial Trillas.

Secretaria de Educación Superior, 2012. Consultado en agosto 2014.

[http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10787/1/images/Anexo\\_6Reporte\\_de\\_la\\_EN\\_DEMS.pdf](http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10787/1/images/Anexo_6Reporte_de_la_EN_DEMS.pdf)

Tinto, V. (1987). UNAM, ANUIES. Cuadernos de Planeación Universitaria. 3a. ed., Año 6, núm. 2, Octubre 1992.

Tinto, V. (1993). Leaving college; rethinking the causes and cures of student attrition (2 and ed). Chicago: University of Chicago Press.

Tinto, V. (1989). Definir la deserción: una cuestión de perspectiva. *Revista de Educación Superior*, 71, 7-8.

Tejada, L. (2005). Los estudiantes indígenas amazónicos de la UNMSM. Lima, Perú: Fondo editorial UNMSM p 25-26

UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura; Repetition at high cost in Latin America and the Caribbean. IESALC-UNESCO, (2004).

Contacto:

Mtra. Albina Arévalo Félix. Licenciada en Ciencias de la Educación por el ITSON y tiene Maestría en Educación por el ITSON. [aarevalo@itesca.edu.mx](mailto:aarevalo@itesca.edu.mx)

Mtra. Irasema Rascón Rivera. Licenciada en Ciencias de la Educación por el ITSON y tiene Maestría en Ciencias de la Educación por el ITESCA. [irascon@itesca.edu.mx](mailto:irascon@itesca.edu.mx)

Dr. Alejandro Jacobo Castelo. Es Licenciado en Psicología por el ITSON, Maestro en Ciencias de la Educación por el CIIDET y tiene Doctorado en Educación por la Universidad Kino. [ajacobo@itesca.edu.mx](mailto:ajacobo@itesca.edu.mx)

Mtra. Susana Mata Cabrera. Es Ingeniero Biotecnólogo por el ITSON y tiene Maestría en Educación por el ITESCA. [smata@itesca.edu.mx](mailto:smata@itesca.edu.mx)

# Impacto de curso propedéutico de matemáticas en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme

**Leonsio Ruiz Moreno. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Profesor de Tiempo Completo de la División de Ciencias Básicas.  
Socorro del Rivero Jiménez. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Profesor de Tiempo Completo de la División de Ciencias Básicas.  
Ricardo Ruiz Moreno. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Profesor de Tiempo Completo de la División de Ciencias Básicas.**

## Resumen

En este trabajo se implementa un curso propedéutico de matemáticas propuesto por el área de ciencias básicas del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, con el objetivo de mejorar el rendimiento académico de matemáticas en los estudiantes que ingresan al área de Ingeniería. Lo anterior surge debido a los altos índices de reprobación y deserción de los alumnos en la materia de Cálculo Diferencial, la cual se imparte en el primer semestre de la carrera. La investigación es de tipo cuasiexperimental con pruebas pretest y postest. Los resultados estadísticos realizados muestran que el curso tuvo efectos positivos respecto al rendimiento académico, además en la prueba postest no se encontró diferencia significativa en el rendimiento académico por género pero sí por algunas escuelas de procedencia.

## Palabras clave

Aprendizaje de Matemática, Rendimiento académico, curso propedéutico, conocimientos previos, diferencia estadísticamente significativa.

## Abstract

In this paper, a propaedeutic mathematical course proposed by the basic science area of the Instituto Tecnológico Superior de Cajeme is performed with the purpose of improving the mathematical academic performance of candidates to the different engineering areas. This course emerged as a necessity at the institution due to the high failing and desertion rate in the differential calculus subject which is offered during the first semester of all engineering majors. This research is a semi-experimental research type with pretest and posttest proofs. The statistical results done show that this course had positive effects regarding the academic performance. In addition, there was no significant difference in the posttest exam regarding the academic performance by

genre but there were some by school background.

## Keywords

Matemática learning, academic performance, propaedeutic course, previous knowledge, meaningful statistics difference

## Introducción

En el ámbito educativo es muy conocido que la problemática del aprendizaje de las matemáticas es de carácter mundial y está presente en cualquier nivel educativo, en el caso del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) uno de los medios por el cual se ha manifestado esta problemática es un organismo colegiado “Academia de Matemáticas” formado por los maestros que constituyen la planta docente del área. En esta se analizan y discuten entre otras cosas, los problemas que se viven y observan en los cursos y se plantean posibles soluciones. Una problemática que se ha presentado de manera recurrente es que en el caso de los alumnos de nuevo ingreso a Ingeniería, en su gran mayoría se presenta una carencia fuerte en conocimientos previos de Álgebra y Trigonometría necesarios para cursar la materia de Cálculo Diferencial, propiciando esto un alto porcentaje de reprobación y deserción en dicho curso y afectando uno de los objetivos de calidad del Instituto el cual se puede consultar en el manual de Gestión de la Calidad de ITESCA y que establece “Mantener el índice de reprobación menor o igual al ciclo inmediato anterior, que actualmente es 16.7%”. Lo que expresan gran parte de los maestros del área de Ciencias Básicas en juntas de academia, específicamente en la materia Cálculo Diferencial es que los índices de reprobación en exámenes escritos son de aproximadamente el 70%, el cual

es un índice alarmante, que se logra reducir considerando que en la evaluación, el examen tiene un porcentaje del 50% y el otro 50% consiste en entrega de tareas, trabajo en clase y participaciones y considerando además que los alumnos tienen derecho a una segunda oportunidad de acreditar el curso. En la tabla 1 se presentan estadísticas históricas de ITESCA donde se muestran los índices de reprobación de Cálculo Diferencial desde 2010 a la fecha.

Tabla 1. Porcentajes de reprobación de Cálculo Diferencial por año

Año	2010	2011	2012	2013	2014
	29.63%	25.55%	35.16%	22.02%	21.69%

Estos porcentajes están muy por arriba de cumplir con el objetivo de calidad mencionado anteriormente.

Debido a la problemática expuesta que no es exclusiva de ITESCA, algunas instituciones han impartido cursos remediales a los alumnos de nuevo ingreso para disminuir dicha problemática y se han hecho estudios de su efectividad. A continuación se muestran algunos de ellos.

Alvarado, Y., Garcia, A., & Villegas, M. I. (s/f) presentan un trabajo de investigación que aborda la problemática del bajo índice de aprobación en la materia de Cálculo Diferencial de los alumnos que ingresan al Instituto Tecnológico de Toluca, se implementó un curso remedial con temas de pre Cálculo dirigido a un grupo piloto de dichos estudiantes, comparando posteriormente su desempeño en cálculo diferencial con respecto al de dos muestras distintas de alumnos: los que aprobaron el examen de admisión de matemáticas (adicional al examen CENEVAL) y los que no lo aprobaron y tampoco llevaron el curso remedial. Las estadísticas del estudio mostraron que los alumnos que obtienen el mayor puntaje en el examen de admisión de matemáticas son los que tuvieron más éxito en Cálculo Diferencial, sin embargo; también se observó que el curso implementado fue una herramienta útil para fortalecer los conocimientos de los estudiantes que ingresan con deficiencias en matemáticas, pues su porcentaje de aprobación en cálculo diferencial fue significativamente mayor al de los alumnos que tuvieron deficiencias matemáticas y no recibieron el curso.

Ramírez, G. A. (2012) realizó una investigación donde propone un modelo de asesoría académica para mejorar los conocimientos de los alumnos

que ingresan a la Facultad de Ingeniería de la UCV. La propuesta se fundamentó en las experiencias reportadas por varios investigadores respecto al impacto positivo de los cursos remediales en matemática, para medir el efecto del modelo planteado en el rendimiento en Cálculo I, se diseñó una experiencia con un grupo experimental y otro de control, de manera que la única diferencia entre ambos fuera la participación en el programa propuesto. Los resultados de los análisis estadísticos realizados, respecto al rendimiento académico de ambos grupos, indican que el modelo propuesto tuvo efectos positivos sobre el rendimiento en Cálculo I de quienes recibieron la asesoría.

Salazar, H & Canto, P. J. (2002) presentaron un estudio de investigación cuasiexperimental del tipo pretest y posttest. Se aplicó el estudio a cuatro grupos con una totalidad de 200 alumnos, a dos de los grupos se les aplicó el método de aprendizaje cooperativo y a los otros dos se les enseñó de forma tradicional. Los resultados mostraron que los alumnos donde se empleó el método de aprendizaje cooperativo obtuvieron mejores calificaciones en la prueba posttest que aquellos que recibieron la enseñanza tradicional. Adicionalmente se obtuvo que los alumnos del género femenino obtuvieran puntuaciones significativamente mejores que los del género masculino.

Por su parte, Guedez (2003) presenta una investigación sobre el aprendizaje de funciones reales utilizando un software educativo. La experiencia se realizó con estudiantes de Educación mención Matemática de la Universidad de Los Andes, Táchira. Con la finalidad de determinar el rendimiento académico se aplicó un Pre-Test y Post-Test. Se seleccionó un grupo experimental que recibió un tratamiento (clases utilizando un software educativo) y un grupo control como patrón de comparación, el cual sólo recibió clases aplicando una estrategia docente tradicional. Se diseñó y elaboró un software educativo con un enfoque constructivista bajo la modalidad tutorial, denominado FunReal 1.0, cuya implementación en la práctica permitió a los estudiantes ser más activos, creativos, participativos y autónomos en la adquisición de conocimientos. El estudio desarrollado fue de tipo mixto y los resultados mostraron que el incremento en las calificaciones obtenidas por el grupo experimental, es significativo, lo cual evidencia la producción de un impacto positivo sobre el proceso de aprendizaje del mencionado grupo.



Con base en la problemática expuesta, la Academia de Matemáticas de ITESCA diseñó un curso propedéutico que deberán llevar de manera obligatoria los alumnos de nuevo ingreso al área de Ingeniería y el cual contiene el material necesario en conocimientos previos del Cálculo Diferencial.

El objeto de investigación de este trabajo ha sido contrastar el rendimiento académico del curso propedéutico mediante un diseño cuasi experimental con medidas de un pretest y un postest. De manera adicional se hizo un análisis del rendimiento académico del postest por género y por escuela de procedencia. En este caso las escuelas de procedencia fueron las siguientes: COBACH, CBTA, CECYTES, CETIS, CBTIS, CONALEP Y PRIVADA. En el caso PRIVADA está formada por diferentes escuelas privadas.

#### Hipótesis de la investigación

Las hipótesis nulas verificadas en el estudio fueron las siguientes:

- (a) Existe diferencia significativa en el rendimiento académico del postest por género
- (b) Existe diferencia significativa en el rendimiento académico del pretest por escuela de procedencia
- (c) Existe diferencia significativa en el rendimiento académico del postest por escuela de procedencia
- (d) No existe diferencia significativa en el rendimiento académico del postest y el pretest para estudiantes que llevaron el curso propedéutico.

Las hipótesis alternativas fueron:

- (a) No existe diferencia significativa en el rendimiento académico del postest por género
- (b) No existe diferencia significativa en el rendimiento académico del pretest por escuela de procedencia
- (c) No existe diferencia significativa en el rendimiento académico del postest por escuela de procedencia
- (d) Existe diferencia significativa en el rendimiento académico del postest y el pretest para estudiantes que llevaron el curso propedéutico.

Metodología de la investigación.

Diseño de investigación

La investigación es de tipo cuantitativa. Con la finalidad de evaluar el rendimiento académico de los estudiantes sobre el curso propedéutico, se empleó un diseño cuasi-experimental con un solo grupo formado por las diferentes carreras de ingeniería que son Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica Ingeniería en Geociencias e Ingeniería en Gestión Empresarial con medidas pretest y postest. Además se analiza el rendimiento académico por género en el postest y escuela de procedencia tanto en el pretest como en el postest.

#### Metodología

La academia de matemáticas de ITESCA elaboró el material didáctico para el curso propedéutico y en base a este se impartió un curso de capacitación a los docentes que impartirían el curso, este tuvo la finalidad de fortalecer y homogenizar los conocimientos de los docentes sobre el curso propedéutico. Además los maestros de cada carrera atendieron a los alumnos correspondientes a dicha carrera.

La metodología se establece en dos momentos:

##### Momento 1

- Identificación de conocimientos previos a la materia Cálculo Diferencial.
- Se elabora el instrumento de evaluación diagnóstico (pretest) al Cálculo Diferencial.
- Validación del instrumento de evaluación diagnóstico.
- Aplicación de la evaluación pretest.

##### Momento 2

- Implementación del curso propedéutico.
- Se elabora el instrumento de evaluación postest del curso propedéutico.
- Validación del instrumento de evaluación postest.
- Aplicación de la evaluación postest.

#### La población y muestra

La población estuvo conformada por los alumnos que cursaban el curso propedéutico para las carreras de Ingeniería que ofrece el ITESCA, que se encuentra ubicado en Cd. Obregón Sonora México, en este caso 16 grupos con un total de 436 alumnos. La muestra se determinó con aquellos alumnos que presentaron ambos exámenes el pretest y postest, en este caso fueron 137.

### Variables de estudio

Las variables independientes del estudio fueron los exámenes pretest y postest, el sexo y la escuela de procedencia, mientras que la variable dependiente fue el rendimiento académico.

### Resultados

Para el análisis estadístico y la obtención de tablas se utilizó el paquete computacional SPSS versión 17. Se hace un análisis comparativo entre cada una de las calificaciones obtenidas en los exámenes para determinar el rendimiento académico de los alumnos.

Las características de las variables son:

- Tipo de medición: Nominal.
- Reactivos de opción múltiple.
- Una sola respuesta.
- Respuestas pre codificadas: a), b), c) y d).

Para el contraste de las hipótesis se aplicó la prueba  $t$  de Student con un valor de  $\alpha = 0.05$ .

#### Primera hipótesis de investigación

Se aplicó la prueba  $t$  de Student para muestras independientes en la prueba postest. Los resultados del cálculo se muestran en la tabla 2, donde se observa una media para mujeres de (70.09) y para hombres de (72.25) con un valor de  $p = .86 > .05$ , de esta forma se rechaza la hipótesis nula (a) concluyendo que no existe diferencia significativa en el rendimiento académico por género en la prueba postest.

Tabla 2. Resultados de la prueba  $t$  al aplicar el postest por género

Sexo	Media	N	Desviación estándar	Sig
Femenino	70.09	44	19.08	
Masculino	72.25	93	19.18	
Postest por sexo				.86

#### Segunda y tercera hipótesis de investigación

Se realizó un análisis ANOVA de múltiples comparaciones en la prueba pretest y postest. Los resultados del cálculo de las medias para pretest y postest se presentan de manera numérica en la tabla 3 y de forma gráfica en la figura 1. En la prueba pretest se observa que las escuelas con mejor rendimiento académico fueron CBTIS y COBACH con medias de (48.00) y (40.27) respectivamente y las de menores rendimientos fueron CETIS y CBTA con medias de (35.76) y (36.36) respectivamente.

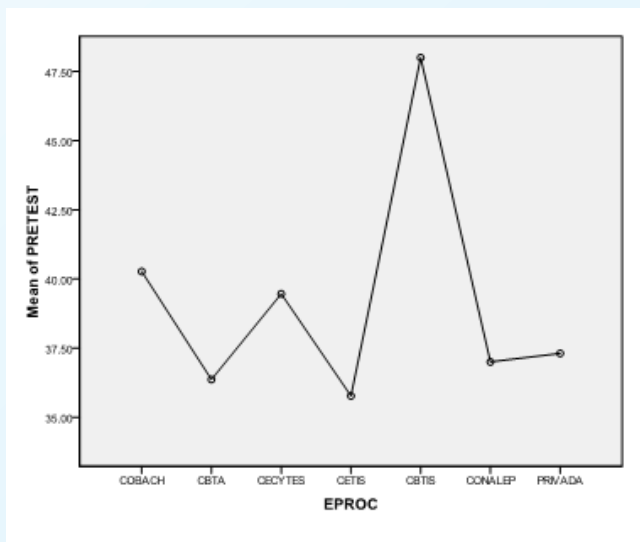
Sin embargo según la prueba Tukey de múltiples comparaciones en el pretest ninguna de ellas representa respecto a las otras una diferencia significativa en el rendimiento académico ya que  $p > .05$  en todos los casos, por lo que se rechaza la hipótesis nula (b) concluyendo en la prueba pretest que no existe diferencia significativa en el rendimiento académico por escuela de procedencia.

Tabla 3. Media por grupos en las pruebas pretest y postest.

EPROC	Alumnos	Media (Pretest)	Media (Postest)	Dif. Medias
CETIS	13	35.76	57.76	22.00
CBTA	13	36.36	63.72	27.36
CONALEP	11	37.00	72.60	35.60
PRIVADA	5	37.30	76.53	39.23
CECYTES	37	39.46	57.61	18.15
COBACH	13	40.27	74.67	34.40
CBTIS	45	48.00	77.37	29.37

En la prueba postest se observa que las escuelas con mejor rendimiento académico fueron CBTIS y PRIVADA con medias de (77.37) y (76.53) respectivamente y las de menor rendimiento fueron CECYTES y CETIS con medias de (57.61) y (57.76) respectivamente.

Además según la prueba Tukey de múltiples comparaciones las escuelas COBACH, CBTA, CONALEP y PRIVADA no reportan diferencias



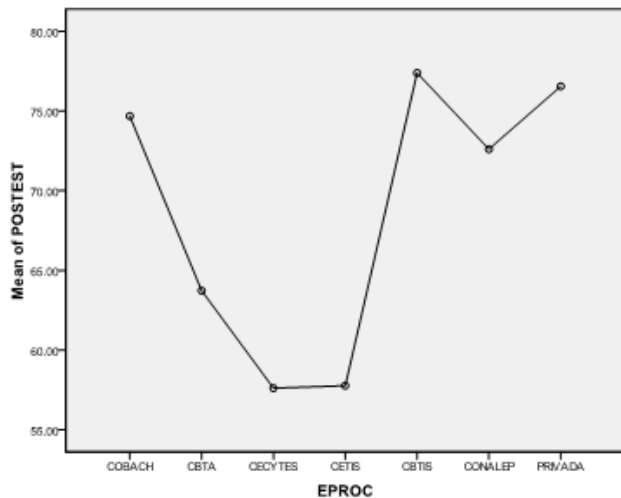


Figura 1. Medias en pretest y postest por escuela de procedencia.

estadísticamente significativas con ninguna otra escuela ya que el valor de  $p > 0.05$  de cada una de estas escuelas con respecto a las otras, por lo tanto para estas escuelas se rechaza la hipótesis nula (c), es decir no existe diferencia significativa en el rendimiento académico en estas escuelas en el postest. Mientras que la escuela CBTIS con media (77.37) muestra diferencias estadísticamente significativas con las escuelas CECYTES y CETIS con valores de  $p$  respectivamente de  $p = 0.011 < 0.05$  y  $p = 0.012 < 0.05$ .

Por lo que se acepta la hipótesis nula (c), concluyendo que existe diferencia significativa en el rendimiento académico de CBTIS con CECYTES Y CETIS. Lo anterior se debe a que los alumnos de menor rendimiento en el curso fueron los de las escuelas CECYTES y CETIS con diferencias de medias entre el pretest y postest fueron (18.15) y (22.00) respectivamente aunado a que aunque CBTIS no tuvo la diferencia de medias más alta, ya que fue de (29.37), incrementó su ventaja que traía en el pretest.

#### Cuarta hipótesis de investigación

Se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas con las muestras obtenidas en las pruebas pretest y postest. Los resultados del cálculo de la prueba se muestran en la tabla 4, donde se observa que la media obtenida en la prueba pretest (41.59) y postest (71.56) reportan una diferencia significativa en el rendimiento

académico ya que el valor de  $p = 0 < 0.05$ , de esta manera se rechaza la hipótesis nula y los resultados son significativos para el valor de  $\alpha = 0.05$ . Por lo tanto se muestra evidencia de que el tratamiento del curso propedéutico es efectivo. Sin embargo es necesario aclarar que la ausencia de un grupo control impidió conocer si otros factores influyeron que se produjeran dichas diferencias antes y después del tratamiento.

Tabla 4. Resultados de la prueba t al aplicar las pruebas pretest y postest

Prueba	Media	Desviación estándar	t	gl	signo bilateral
Pretest	41.59	15.55			
Postest	71.56	19.11			
Pretest- postest	-29.97	19.35	-18.12	136	0.00

#### Conclusiones

El estudio muestra que el perfil de ingreso de matemáticas en los estudiantes del área de Ingeniería del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme no es apropiado, pero puede ser mejorado a través del curso propedéutico que se ha implementado en el Instituto, contribuyendo de esta manera a mejorar los índices de reprobación y deserción en la materia de Cálculo Diferencial que se imparte en el primer semestre de las carreras en Ingeniería, propiciando además un mejor desempeño de los estudiantes en su formación profesional. Los alumnos con menor rendimiento académico en el curso pertenecen a las escuelas CECYTES y CETIS, lo cual puede indicar que adolecen más de conocimientos previos al Cálculo Diferencial y los de mejor rendimientos fueron los alumnos de las escuelas PRIVADA y COBACH.

#### Referencias

Alvarado, Y., Garcia, A., & Villegas, M. I. (sf). *Impacto del curso remedial de pre cálculo en alumnos que ingresan al instituto tecnológico de Toluca*. Recuperado el 4 de noviembre del 2015 de [dcb.fi.unam.mx/Eventos/Foro5/memorias/extensos/index.php?id=34](http://dcb.fi.unam.mx/Eventos/Foro5/memorias/extensos/index.php?id=34)

Ramírez, G. A. (2012). *Diseño e implementación de un curso remedial sobre tópicos de Matemática elemental, en un entorno de aprendizaje colaborativo, con apoyo en las tic*.



Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V., Vol. 27, N° 3, pp. 7-20, 2012.

Salazar, H & Canto, P. J. (2002). *Aprendizaje cooperativo en la enseñanza de las matemáticas*. Educación y Ciencia., Nueva época Vol. 6, N° 11, pp. 75-85, 2012.

Guedez, M. (2003). El aprendizaje de funciones reales con el uso de un software educativo: Una experiencia didáctica con estudiantes de educación de la ULA-Táchira. *Fundación Dialnet*, 14.

Contacto:

Dr. Leonsio Ruiz Moreno. Doctor en Educación, Perfil Deseable PRODEP. Es Licenciado en Matemáticas por la Universidad de Sonora y tiene Maestría en Ciencias Matemáticas por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.  
lrui@itesca.edu.mx

Dra. Socorro del Rivero Jiménez. Perfil Deseable PRODEP. Es Licenciada en Matemáticas por la Universidad de Sonora y tiene Maestría en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Es Doctor en Educación por la Universidad Kino.  
srivero@itesca.edu.mx

Dr. Ricardo Ruiz Moreno. Perfil Deseable PRODEP. Es Licenciado en Matemáticas por la Universidad de Sonora y tiene Maestría en optimización de Sistemas Productivos por el Instituto Tecnológico de Sonora. Es Doctor en Educación por la Universidad Kino.  
rruiz@itesca.edu.mx

# La construcción modular industrializada, alternativa para la vivienda con alta eficiencia energética para el sector popular

**José Manuel Romero Balderrama. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Docente de la Maestría en Arquitectura.**

**Neptalí Marcial Chávez. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Docente de la Maestría en Arquitectura.**

**Martín Villa Ibarra. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Docente de la Maestría en Arquitectura.**

## Resumen

La vivienda modular industrializada es una alternativa de vivienda para cualquier mercado, desde la vivienda popular hasta la casa residencial, desafortunadamente en nuestra región del sur de Sonora no ha desarrollado su potencial, al momento no existe ningún fraccionamiento con este sistema constructivo. Las ventajas principales de las casas modulares están dadas por los costos bajos controlados y la rapidez de ejecución de las obras. El objetivo de la investigación fue realizar un proyecto sustentable de vivienda modular industrial de tipo social, utilizando 3 módulos aligerados de 3.00 m x 6.00 m para formar una vivienda de 54 m<sup>2</sup> que permita competir con la vivienda popular tradicional, está elaborada con materiales termoaislantes que la hacen energéticamente eficiente, se elaboró el proyecto desde su concepción arquitectónica para que contara con 2 recamaras, sala-comedor, cocina, un baño y un pequeño pórtico.

La solución que se presenta abarca el proyecto arquitectónico utilizando ecotécnicas, el proyecto estructural y el cálculo de eficiencia energética según la NOM-020-ENER-2011. Se plantea como una alternativa de rápida construcción construida de forma industrial y con materiales ligeros y térmicos para ahorrar dinero en mano de obra y tiempo de construcción. Su ligereza, resistencia y eficiencia térmica son las principales características, puede destacarse además que no cuenta con las grandes cantidades de concreto, tabique y block que la vivienda tradicional popular tiene, con este proyecto se pretende generar una innovación constructiva en la región e incentivar que los fraccionadores de la localidad exploren estas alternativas constructivas.

## Palabras clave

Vivienda Industrializada, Arquitectura Sustentable, Construcción Modular.

## Abstract

The industrialised modular housing is a housing alternative for any market, from the popular housing up to residential house, unfortunately in our region of southern Sonora has not developed its potential, at the moment there is no fractionation with this constructive system. The main advantages of the modular houses are given by the controlled low costs and the speed of execution of the works. The objective of the study was to conduct a sustainable industrial modular social housing project, using 3 modules lightened 3.00 m x 6.00 m to form a dwelling of 54 m<sup>2</sup> which can compete with the traditional popular housing, is made with heat-insulating materials which makes it energy efficient, he drafted the project from its architectural conception that they were armed with 2 bedrooms dining room, kitchen, a bathroom and a small porch. The solution presented covers the architectural project using technologies, the structural design and calculation of energy efficiency according to the NOM-020-ENER-2011. It arises as an alternative to rapid construction built industrially and with light and heat materials to save money on labour and construction time. Its lightness, resistance and thermal efficiency are the main features, you can highlight also that no account with large amounts of concrete, bulkhead and block which has the popular traditional housing, this project aims to generate a constructive innovation in the region and encourage the developers of the town to exploit these constructive alternatives.

## Keywords

### Introducción

La arquitectura sustentable es un modo de concebir el diseño buscando optimizar recursos naturales y optimizar sistemas de la edificación de tal modo que minimicen el impacto ambiental que las construcciones generan sobre el medio ambiente y sus habitantes. Según el Programa Nacional de Vivienda 2014-2018 se estima que el sector vivienda es responsable del 32% de las emisiones de gases de efecto invernadero en México, lo que representa el 16.2% del consumo total de energía y el 26% en el consumo total de electricidad. Es importante realizar acciones desde el interior de las viviendas, logrando que éstas tengan un consumo eficiente de recursos. Por ello, se han creado algunos mecanismos que ayudan a la población a incorporar el uso de eco tecnologías al interior de sus viviendas, tales como la Hipoteca Verde, las medidas de mitigación que cada País en desarrollo debe aplicar en el contexto del desarrollo sostenible, signada en 2007 en la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático, (NAMAs) o el Programa ECOASA, desarrollada por Sociedad Hipotecaria Federal interesada en impulsar la construcción de viviendas con menor impacto ambiental en México, con la participación de SHCP y BID (Diario Oficial, 2014) entre otros.

La sociedad debe estar consciente sobre el calentamiento global y de la necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como de llevar estilos de vida más respetuosos con el medio ambiente. En el ramo de la arquitectura y construcción se están realizando cambios y avances importantes, pero que aún no son suficientes. Es necesario considerar nuevas soluciones sustentables para la construcción de vivienda que reduzcan el consumo inmoderado de recursos naturales, la energía que consumen las edificaciones, los residuos de materiales que se generan en el proceso de construcción, así como los generados por la demolición al término de su vida útil, mismas que son sustancias contaminantes para el medio ambiente tanto en el proceso de fabricación como en la etapa de residuo de los materiales.

En este contexto todas las iniciativas para generar proyectos de arquitectura sustentables son de gran importancia y es así como se generan planes para diseñar y llevar a la construcción diferentes prototipos de vivienda modular industrializada, una vivienda que sea sustentable y eficiente energéticamente.

Los esfuerzos para desarrollar dichos proyectos en México comenzaron en 2010, con el Proyecto de Vivienda Cero Energía, coordinado por la COMISIÓN NACIONAL DE LA VIVIENDA (CONAVI). A partir de entonces, se han elaborado programas piloto como el de Aislamiento Térmico, el Proyecto de Vivienda baja en carbono, Eco casas y, desde 2012 comenzó a diseñarse el piloto para el Programa Mexicano-Alemán ProNAMA, que abarca tanto proyectos de viviendas nuevas como incorporación del programa a viviendas existentes y busca, una vez concluido el piloto, contar con una amplia cobertura para las viviendas del país. (Diario Oficial de la federación, 2014)

De acuerdo con el Registro Único de Vivienda (RUV), de 2007 a 2012 se registró la construcción de 659,468 viviendas con eco-tecnologías, lo que refleja el creciente interés por atender la calidad de las viviendas en términos de sustentabilidad. No obstante según CONAVI, dichos programas únicamente brindan apoyo a un segmento limitado del mercado de la vivienda nueva y solo logran niveles modestos de eficiencia.

Por otro lado, es importante realizar acciones desde el interior de las viviendas, logrando que estas tengan un consumo eficiente de recursos. Por ello, se han creado algunos mecanismos que ayudan a la población a incorporar el uso de eco tecnologías al interior de sus viviendas, tales como la Hipoteca Verde, las Acciones de Mitigación Nacionalmente apropiadas dirigidas hacia la vivienda. En cuanto a las acciones para promover la sustentabilidad ambiental durante el 2013 se otorgaron 358,029 hipotecas verdes. Este financiamiento condiciona el uso de tecnologías que reducen el consumo de luz, gas energético y de agua; por ejemplo llaves ahorradoras de agua, focos de bajo consumo y calentadores solares, y consecuentemente, disminuir la emisión de dióxido de carbono y el gasto en el pago de estos servicios. (SEMARNAT, 2012)

Según el estudio titulado Co-Beneficios de un Programa de Vivienda Energéticamente Eficiente en México (Navarro, de Buen, Cuevas, 2013) se estima que para el año 2050 la población se duplicará y se necesitarán nuevas viviendas por lo tanto la vivienda es un enorme potencial para contribuir a los ahorros de energía y a la mitigación de las emisiones de GEI para el cuidado y mejoramiento del medio ambiente.

Es importante promover que las viviendas se construyan a través de sistemas constructivos más sustentables, incrementar la eficiencia energética de las viviendas, incorporar sistemas pasivos



bioclimáticos y sistemas de aprovechamiento de las energías renovables, la utilización de materiales innovadores que aporten ventajas a los materiales tradicionales de construcción. Actualmente los sistemas constructivos y materiales que más se utilizan en la fabricación de vivienda social en México son muros de carga a base de block de concreto y losas de vigueta y bovedilla, elementos que por su naturaleza no aportan características sustentables al sector vivienda.

#### La Construcción Industrializada

El concepto de vivienda industrializada es aquella que racionaliza su diseño, incorpora técnicas de dirección e instrumentos de productividad todo con la finalidad de reducir tiempos de construcción y costo en la vivienda, de la misma manera se entiende por vivienda social según la Unión Panamericana, en Washington D.C. en 1954 una vivienda planificada, no suntuaria e higiénica dotada de servicios básicos con una búsqueda en la racionalización del diseño y llevada a mínimos en sus espacios con respaldo de las ordenanzas de Urbanización y Construcciones Económicas Vigentes o de Normativas Técnicas de los Organismos de Vivienda. (Bravo Heitmann, 1996).

La construcción industrializada según Gómez Jáuregui (2009) es la realizada a base de módulos tridimensionales, es éste un método de construcción en el cual los edificios se conforman básicamente por medio de módulos tridimensionales los cuales se elaboran íntegramente en fábrica y, una vez están casi totalmente terminados, se transportan a obra, donde son montados de forma sencilla y rápida. Aunque no es un sistema totalmente novedoso se apuesta fuertemente por esta tendencia y aporta su grano de arena para conseguir edificios modulares de extraordinaria calidad, con un alto grado de sostenibilidad, eco-tecnología y eficiencia energética.

#### **Las ventajas de la construcción modular industrializada son:**

**Optimización:** aprovechamiento óptimo de todos los recursos que entran en juego como materiales, tiempo, dinero, energía, etc. debido a la industrialización de un producto casi artesanal como la vivienda.

**Rendimiento:** mejora de aprovechamiento de materiales, tiempos de ejecución, plazos de entrega, condiciones de financiación,

productividad por reducción de bajas y ausentismo laboral, etc.

**Independencia de la climatología:** ejecución de labores en taller en su 95%, por lo que se reducen los paros debidos a condiciones meteorológicas adversas y se mejoran las condiciones de trabajo de los empleados.

**Modulabilidad:** posibilidad de conseguir inacabables tipologías de edificio con unos pocos módulos tipo.

**Calidad:** empleo de las tecnologías más avanzadas en cuanto a instalaciones, acabados, domótica, confort, etc. **Precisión:** durante el mantenimiento, para acceder a las instalaciones, conductos, tuberías, etc. se tiene la certeza de que están localizados exactamente donde indican los planos de construcción.

**Limpieza:** producto acabado y limpio desde su origen hasta su puesta en obra. **Ahorro de materiales:** Optimización de cantidad de material usado en cada elemento, disminución radical de escombros y restos y reutilización de productos de desecho.

**Industria:** creación de un nuevo tipo de industria y generación de puestos de empleo en mejores condiciones de trabajo con drástica reducción de riesgos laborales.

**Simultaneidad:** es posible llevar la fase de gestión de suelo con la de la ejecución material de las viviendas. **Control del proyecto:** es posible tener un control exhaustivo de los tiempos de ejecución y del costo final del proyecto, reduciéndose drásticamente las desviaciones en la fase de construcción.

**Exportación:** los edificios producidos en fábrica pueden ser comercializados en todo el planeta, por lo que el sector no estaría tan afectado por crisis locales o nacionales gracias a la demanda de producto de mercados exteriores. **Minimización del impacto de la obra:** ya que desaparecen las ejecuciones “in situ”, se eliminan los focos contaminantes; se disminuye el impacto acústico en tiempo e intensidad; se reduce el impacto visual de la obra en tiempo y volumen (andamiajes, escombros, etc.).

**Menor contaminación:** disminución del tráfico pesado de camiones a la obra, estando éste limitado al transporte de los módulos ya terminados, limpios y perfectamente embalados. Se reduce así la contaminación ambiental y acústica.

Versatilidad: acabados susceptibles de cambios, fachadas acondicionadas a diferentes estéticas, gamas distintas de materiales, colores, texturas, diseño, etc.

### Proyecto de Vivienda Modular Industrializada Social

La elaboración del proyecto ejecutivo de la vivienda modular industrializada fue elaborado en base a un análisis de los conceptos de vivienda nacionales en cuanto al número de habitantes promedio por vivienda y el índice de hacinamiento, la teoría y metodología de investigación para los materiales que se emplearon y del nivel de competencia entre los fraccionamientos populares más económicos de la zona, para hacer un proyecto con plusvalía en similares condiciones de mercado. Se procedió con el diseño arquitectónico de la vivienda utilizando para ello materiales ligeros y durables, que pueden encontrarse en el mercado regional y de fácil colocación; posteriormente se llevo a cabo el proyecto estructural considerando para ello que la vivienda sea modular, es decir se adecue a espacios de 6x3 metros, la vivienda consta de tres módulos tridimensionales de 6x3 metros, generando una superficie construible de 54 metros cuadrados, consta de dos recamaras, un baño completo, sala-comedor, cocina y pasillo interior. Este modelo consiste en la construcción de módulos tridimensionales los cuales se deben elaborar en fábrica bajo un sistema de montaje, cuando están totalmente terminados con sus muros, pisos, techo, instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias se transportan al lugar de la obra o terreno en plataformas de carga, previamente habiendo hecho los trabajos de cimentación que estarán listos para recibir y anclar los módulos.

Ya que están los módulos anclados a la cimentación se procede al ensamble de los módulos entre ellos de una manera sencilla y rápida ya que esta etapa de ensamblaje es en seco, o sea de tornillería, soldadura y sellado de paneles para finalizar el proceso de armado de la vivienda. Este sistema de construcción es mucho más sustentable y presenta varias ventajas sobre los sistemas constructivos tradicionales que se hacen en México, como lo es, un alto grado de sustentabilidad al hacer la producción más eficiente de viviendas por medio del proceso de la industrialización, reducción de los costos y tiempos de ejecución, mejorar la eficiencia energética. Todas estas características hacen de este sistema constructivo una alternativa viable de

solución a la problemática ambiental que ocasiona la construcción tradicional.



Figura 1. Fachada Arquitectónica de vivienda modular

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2. Planta Arquitectónica de vivienda modular

Fuente: Elaboración Propia

El proyecto de cálculo de la estructura para la vivienda modular industrializada de 54.00 mts<sup>2</sup>, se diseñó con un sistema ligero a base de muro de paneles de tabla cemento marca Durock de 1/2" en exterior y Tablaroca de yeso contra humedad de

1/2" en interiores con espesor mínimo de muro de 9 cm, la losa aligerada a base de polines de acero y paneles al igual que en muros rellenos con fibra de vidrio de 3 pulgadas de espesor en su interior, esto con la finalidad de prevenir la transferencia de calor por muro, el espesor de la losa de azotea tiene un espesor de 13 cm., la losa de piso es a base del sistema losacero con lámina IMSA sección 4 con 6 cm de espesor de concreto y malla electrosoldada 6-6/10-10.

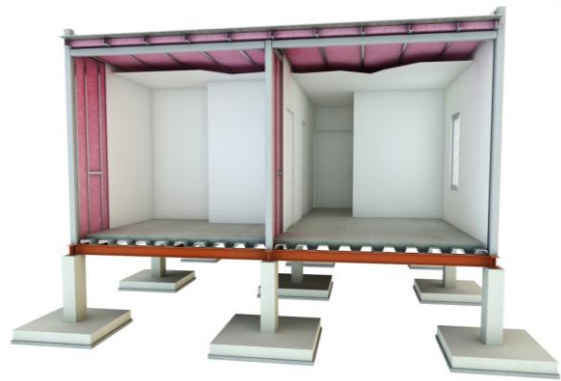


Figura 3. Diseño estructural de la vivienda modular industrializada propuesta

Fuente: Elaboración Propia

Esta modulación permite una estructura flexible para poder hacer cualquier modificación a los espacios interiores sin incrementar las dimensiones y añadiéndose más módulos si se requiere una vivienda más amplia según las necesidades de espacios de sus habitantes. El terreno que se eligió es de 8 metros de frente por 18 metros de fondo con orientación Norte a Sur. Ubicado en Cd. Obregón, Sonora.

Para el cálculo de la eficiencia energética de la vivienda se utilizó el procedimiento la Norma NOM-020-ENER-2011, esta norma oficial mexicana limita la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento. En su campo de acción se aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional y las ampliaciones de los edificios para uso habitacional existentes. Si el uso de un edificio dentro del campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, constituye el 90 por ciento o más del área construida, esta Norma Oficial Mexicana aplica a la totalidad del edificio. En su metodología de análisis, utiliza un edificio de referencia que tiene las mismas características de volumen y superficie de la envolvente, para determinar si la ganancia de

energía térmica a través de la envolvente es la correcta.

Para cumplir con ésta condición, la ganancia de calor ( $\varnothing_p$ ) a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, debe ser menor o igual a la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia ( $\varnothing_r$ ), es decir:

$$\varnothing_p \leq \varnothing_r$$

El procedimiento de cálculo de las ganancias de calor través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado y de referencia, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar.

$$\varnothing_{p,r} = \varnothing_{pc} + \varnothing_s$$

Donde  $\varnothing_{pc}$  es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y no opacas de la envolvente y  $\varnothing_s$  es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes no opacas.

La ganancia de calor por conducción es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, techo y superficie inferior, en éste cálculo intervienen los cálculos del coeficiente global de transferencia de calor el cual es determinado por la conductividad y espesor del sistema constructivo, así mismo interviene el área o porción de la orientación de cada elemento que conforma la envolvente estudiada, la temperatura equivalente promedio y la temperatura interior de referencia para la localidad estudiada.

La ganancia de calor por radiación solar es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas. En su cálculo interviene el área de las partes no opacas de la envolvente, el coeficiente de sombreado del vidrio empleado en edificio habitacional así como la ganancia de calor solar por orientación. Las partes que conforman la envolvente de un edificio para uso habitacional son los muros, ventanas de los cuatro puntos cardinales y la losa de la estructura.

## Conclusiones

Criterios de sustentabilidad que aportan ventajas a la vivienda:

El prototipo de vivienda reúne diferentes criterios de la arquitectura sustentable que a continuación se mencionan:

- Construcción sustentable
- Eficiencia energética
- Diseño bioclimático



En lo referente a construcción sustentable, varios son los criterios que lo definen como tal, al ser una construcción modular industrializada, te permite lo siguiente:

- Reducir el tiempo de la construcción. Se mejoran los tiempos de construcción respecto a una construcción tradicional, el periodo de fabricación y montaje se realiza en 2 meses aproximadamente.
- Reducir el costo total de la vivienda. El precio de la vivienda es cerrado y competitivo gracias al sistema modular industrializado ya que no tienes costos extras.
- Minimización de residuos. Al ser viviendas producidas en fábrica, este sistema constructivo reduce la generación de residuos de materiales durante la fabricación de los módulos así como en el montaje de los módulos en obra.
- Posibilidad de utilización de materiales reciclados, recuperados o reutilizados en la construcción de la vivienda así como también estos materiales pueden ser reciclados, recuperados o reutilizados después de la vida útil de la vivienda.
- Posibilidad de ampliación de las viviendas mediante el añadido de otros módulos, al ser una construcción en seco, esta ampliación es muy sencilla.
- La mayoría de los materiales elegidos no tienen toxicidad, no emiten sustancias tóxicas al medio ambiente
- La calidad de la vivienda en general es mejor al ser fabricada bajo procesos industriales con controles de calidad.
- Es una vivienda ligera y transportable.

En lo referente a eficiencia energética este sistema constructivo le permite tener materiales innovadores y con características sustentables superiores a los materiales tradicionales como el block de concreto y el ladrillo, se pueden colocar aislantes como fibras minerales de diferentes espesores entre las cavidades del muro ayudando a incrementar el confort térmico de la vivienda y tener un bajo consumo energético, el porcentaje de eficiencia energética en relación a la vivienda de referencia según la norma NOM-020-ENER-2011 es de 59.25%. Lo que implica un gran avance en las condiciones de confort con respecto a las viviendas de block de concreto elaboradas con el procedimiento tradicional.

En lo referente a diseño bioclimático esta vivienda está equipada con paneles fotovoltaicos para

generación de energía renovable y paneles solares para el calentamiento de agua así como un sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises. Así como también tiene características pasivas de bioclimatismo como protecciones solares en ventanas.

La limitación en la disponibilidad energética mundial ha obligado en las últimas décadas a reconsiderar las pautas del diseño arquitectónico, teniendo más en cuenta la optimización del uso de la energía. Pero por otro lado, también es necesario evitar costos excesivos en la inversión inicial de construcción. Uno de los objetivos al proyectar es que el ambiente interior en arquitectura sea un espacio estable y protegido, que se debe diseñar, calcular y controlar.

Condiciones climáticas confortables, la luz necesaria en función de la actividad, el sonido adecuado tanto interior como proveniente del exterior, ventilación suficiente, asoleamiento cuando se requiera, son variables que se pueden lograr mediante mecanismos de regulación y control que pueden ser parte de la arquitectura misma del edificio o bien instalaciones auxiliares. Sin embargo, este objetivo en México no siempre se cumple por lo que es necesario establecer las opciones generales y particulares arquitectónicas óptimas para crear un hábitat interior confortable, con un mínimo aporte de energía auxiliar y evitando el dimensionamiento inapropiado. (Alpuche y Ochoa, 2012).

## Referencias

- Alpuche, Guadalupe y Ochoa, José (2012). *Aplicación de la NOM-020-ENER-2011 en edificaciones ubicadas en diferentes regiones climáticas de México*, D.F.
- Arredondo, Cecilia y Reyes, Elena. (2013). *Manual de vivienda sustentable. Principios básicos de diseño*. México. ED.Trillas.
- Bravo Heitmann, L. (1996). *Vivienda Social Industrializada*. Boletín INVI, 11(28), 2-36.
- CONAVI (2013), *Estudio titulado Co Beneficios de un Programa de Vivienda Energéticamente Eficiente en México* .pág. 3
- CONAVI SEMARNAT. (2012). *NAMA apoyada para la vivienda sustentable en México-Acciones de mitigación y paquetes financieros* .pág. 6
- CONAVI (2010). *Sustentabilidad*. Código de Edificación y Vivienda 2010. Pág. 301

Del Coz Díaz, J.J., & Suárez Sierra, J. L. (s.f.). *Construcción Industrializada sostenible: Los edificios y viviendas que necesitamos*. Ambient@. Madrid. España.

Diario Oficial de la federación (30 de abril de 2014). *Programa Nacional de Vivienda 2014-2018*. Recuperado el 20 de junio de 2015, de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342865&fecha=30/04/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342865&fecha=30/04/2014)

Diario Oficial. (2011). *Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia Energética en Edificaciones-Envolvente de Edificios para uso habitacional*. México D.F. Ed. Diario Oficial

Fundación CIDOC & SHF. (2013). *Estado Actual de la Vivienda 2013*. México D. F. SEDATU

Gómez-Jauregui, V. (2009). *Habitadite: vivienda modulares industrializada*. Informes de la construcción vol. 61, pag. 33-46

Gómez Muñoz, D. (2012). *Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas* (Tesis de Especialización). Recuperado de <http://hdl.handle.net/2099.1/5636>

Hernández Minguillón, R (2012). El Edificio Inteligente. En R. Hernández Minguillón, O. Irulegi Garmendia, & M. Fernández Miranda, *Arquitectura Ecoeficiente*. San Sebastian, España: Servicio Editorial del País Vasco.

Mayorga, Juan. (2012). *Arquitectura y confort térmico. Teoría, cálculo y ejercicios*. Estado de México: plaza y Valdez.

Morillón, David. (2011). *Edificación sustentable en México: retos y oportunidades*. México, D.F.

Meléndez, Sergio. (2012). *Arquitectura Sustentable*. México: Trillas.

Diario Oficial Secretaria de Desarrollo Agrario, territorial y Urbano. (2014). *Programa Nacional de Vivienda 2014-2018*. Cuarta sección pág. 20

Thenoux Guillermo. (1997). *Sistema modular "LT" para la construcción industrializada de viviendas*. Revista ingeniería de la construcción. pág. 20-34.

UNHABITAT (2008). *Como crear un mundo de ciudades sustentables*. Ed. Comisión Europea, Bruselas Pag. 11

Contacto:

Mtro. José Manuel Romero Balderrama. Maestro en Ingeniería. Se ha desarrollado como Jefe de División de Arquitectura del Instituto Tecnológico

Superior de Cajeme; Profesor de tiempo completo, adscrito a la Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana de ITESCA. Perito Estructura e Hidráulico para el Estado de Sonora. Director Responsable de Obra para edificaciones del Municipio de Cajeme.  
jromero@itesca.edu.mx

M. Arq. Neptalí Marcial Chávez, Maestro en Arquitectura por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Profesor Investigador de tiempo completo de ITESCA. Presidente del Cuerpo Académico de Arquitectura Sostenible y Gestión Ambiental en Formación. Profesor de tiempo completo, adscrito a la Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana de ITESCA.  
nmarcial@itesca.edu.mx

Dr. Martín Villa Ibarra, Doctorado en Biología por la Universidad Autónoma de Nuevo León, Profesor investigador de tiempo completo de ITESCA donde se ha desarrollado como jefe de departamento de Investigación y actualmente Jefe de Departamento de Ingeniería Ambiental de ITESCA. Está adscrito al claustro docente de la maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana de ITESCA.  
mvilla@itesca.edu.mx

# Justificación de Bono de Productividad Determinando el Tiempo Estándar en una Empresa Alimenticia Sindicalizada

**Gabriel Mendivil Salgueiro. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.**

**Docente de la División de Ingeniería Industrial.**

**Norma Aideé Ríos Lugo. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.**

**Docente de la División de Ingeniería Industrial.**

**Albina Arévalo Félix. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.**

**Docente de la División de Ingeniería Industrial.**

**Marco Antonio Brambilla Ramírez. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Docente de la División de Ingeniería Industrial.**

**Fabiola Martínez Navarrete. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.**

**Alumna de la División de Ingeniería Industrial.**

## Resumen

El presente estudio está dirigido a una empresa productora de carne de cerdo, donde se paga un bono de producción a cada trabajador sin validar su grado de cumplimiento.

Actualmente no existe ningún criterio de desempeño, por lo cual se dificulta implementar una validación sin aprobación del sindicato que opera en esta empresa, porque se deben considerar aquellos factores que no estén al alcance del operador para el cumplimiento de su tiempo estándar.

El estudio se inicio en los estándares de Productividad de la máquina Rebanadora, para medir el desempeño de los Operadores y bonificar a los que si contribuyan al desarrollo de la compañía.

Para ello se requirió conocer y calcular el Índice de Producción requerido o la máxima capacidad del equipo de rebanado. Una vez determinado el Índice de Producción se determina el número de operadores necesarios para efectuar las operaciones del proceso de rebanado, y a la vez se

distribuyen las tareas en estaciones de trabajo de tal manera que exista un equilibrio de las cargas de trabajo.

Como resultado se obtiene el Estándar de Productividad en Kilos/Hora/Hombre el cual se compara con los tiempos reales del proceso, los kilos procesados y los operadores que trabajaron.

## Palabras clave

Productividad, Tiempo Estándar, tiempos y movimientos, Balanceo de Líneas, Sistema Westinghouse.

## Abstract

This study was a company that produces pork, where a production bonus to each worker is paid without justifying its compliance.

No currently exists in the company to measure performance, so it is difficult to implement a validation without approval of the group of working people that is developed to defend the interests of workers of this company, because they must consider those factors not You can solve the operator to fulfill its standard time.

The study began in productivity standards slicing machine to measure the performance of operators and to reclaim that if help grow the company.

To do this I will need to know and calculate the required production index or the maximum capacity of the slicing machine. Once determined the Production Index number of workers needed for the operations of slicing process is determined, distribute activities on workstations so that there is a balance of the amount of work.

As a result the standard for productivity is obtained in Kilo / Time / Man which is compared with the actual process times, processed kilos and workers worked.

## Keywords



Productivity Standard Time, Production Bonus, Time and Motion Study, Line Balancing, Westinghouse System.

### Introducción

La investigación se desarrolla en la empresa productora de carne de cerdo que se encuentra en el sur de estado de Sonora, con una capacidad operativa para 2000 cerdos por día, donde la mayor parte del personal son operadores de producción, es por ello que se busca compensarlos de manera económica por medio de bonos de producción.

Cabe mencionar que los bonos de producción se pagan semanalmente a los operadores de las áreas y estos se entregan sin hacer una valoración del rendimiento obtenido en los diversos procesos de las áreas, hace falta determinar estándares para medir dicha productividad, mismos que garanticen una justa obtención de la remuneración por el trabajo ejercido.

Por esta razón, nace la necesidad de conocer con exactitud la capacidad de la maquina y la de los operadores para realizar dicho proceso y de esta manera medir la eficiencia y productividad correspondiente para conocer el rendimiento de los procesos en relación al tiempo requerido para cumplir los requerimientos.

Se decidió iniciar la investigación con el proceso de rebanado, donde se tiene cinco productos terminados los cuales son: Producto A, Producto B, Producto C, Producto D y Producto E. Dentro de este proceso se encuentra la máquina rebanadora que presenta la carencia del tiempo estándar de los procesos y el desbalanceo de la misma línea, ya que hay presencia de cuellos de botella, aún cuando se cuente con considerable cantidad de operadores. Además se observa que al incrementar en número de operadores en la línea, el desempeño de estos decrece y afecta la estabilidad del proceso.

Haciendo alusión de la situación antes mencionada, se cita la siguiente cuestión:

¿Cuáles son los análisis necesarios para medir la productividad y eficiencia de los operadores y el equipo del proceso de rebanado en la empresa productora de carne de cerdo del valle del Mayo?

Para ello se requiere determinar los estándares de Productividad de la máquina Rebanadora aplicando las técnicas de Estudio del Trabajo para optimizar los recursos del proceso de rebanado por medio del método de medición del trabajo,

apoyado del estudio de Tiempos y Movimientos, Método del Sistema Westinghouse y Tolerancias de la Oficina Internacional del Trabajo. Todo con el objetivo de aplicar y medir los Indicadores de Productividad en el área.

El primer paso fue diseñar el Diagrama del Proceso de la Operación y Recorrido previo de cada uno de los productos el cual se indica en la figura 1, para obtener un mejor panorama del proceso y así poder iniciar el muestreo correspondiente, el cual consta de ocho operaciones (Pelado, Alimentado, Recepción y la operación conjunta de Pesado y Acomodo, dependiendo del producto) y siete traslados, iniciando con el armado de máquina y culminando con el llenado de formato.

En la empresa existía un formato de productividad, el cual solo consideraba el tiempo utilizado en la máquina rebanadora, (conocido como el tiempo efectivo del equipo), pero se ignoraban los tiempos de recepción de canastillas, materia prima, recoger puntas, pesar recorte, el llenado del mismo formato y los traslados. Esto provocaba un desconocimiento mayor de la capacidad de producción del equipo y mayores exigencias a los operadores por un incremento de tiempos muertos.

"REBANADO"							
DIAGRAMA DEL PROCESO DE LA OPERACIÓN Y DE RECORRIDO							
Nombre del proceso: Rebanado.							
Inicia en: Armado de máquina				Termina en: Llenado de formato			
Elaborado por: Fabiola Martínez Navarrete							
Tiempo estándar del proceso:							
Producción por lote:				Fecha: 12 de Agosto del 2014			
Descripción	Operación	Inspección	Transportación	Demora	Almacen	Distancia	Tiempo (Min)
Armado de máquina	1						
Traslado a recepción de canastillas				1			
Recepción de canastillas	2						
Traslado de canastillas a área de rebanado.				2			
Traslado a recepción de M.P.				3			
Recepción de M.P.	3						
Traslado de M.P. a área de rebanado.				4			
<b>OPERACION DE REBANADO</b>	<b>4</b>						
Recoger Puntas	5						
Traslado de recortes a máquina Selladora				5			
Sellado en máquina	6						
Traslado a área de pesado				6			
Pesado de recorte	7						
Traslado de recorte a buzón de Empaque				7			
Llenado de formato	8						
<b>TOTAL</b>							

Figura 1. Diagrama del Proceso de la Operación y Recorrido previo

Posteriormente se elaboró el Diagrama de Flujo describiendo los pasos a seguir en cada una de las operaciones, de tal manera que se comprenda ampliamente el proceso a analizar.

EMPRESA PRODUCTORA DE CARNE DE CERDO						
DIAGRAMA DE FLUJO						
Nombre del proceso: Rebanado de Producto A, B y C.						
Área: Planta Procesadora						
Inicia en: Pelado				Termina en: Pesado		
Elaborado por: Fabiola Martínez Navarrete				Fecha: 12 de Agosto del 2014		
Descripción del método	Operación	Inspección	Transportación	Demora	Almacén	Observaciones
<b>PELADO</b>	●	■	⇒	D	∇	
Tomar la pieza de la canastilla.	●	■	⇒	D	∇	
Retirar funda.	●	■	⇒	D	∇	
Colocar pieza sobre la mesa.	●	■	⇒	D	∇	
<b>ALIMENTADO</b>	●	■	⇒	D	∇	
Tomar la pieza de la mesa.	●	■	⇒	D	∇	
Colocar pieza dentro de la máquina.	●	■	⇒	D	∇	
<b>RECEPCIÓN</b>	●	■	⇒	D	∇	
Recibir las rebanadas.	●	■	⇒	D	∇	
Acomodar rebanadas en bonches aproximados al peso deseado.	●	■	⇒	D	∇	
Colocar bonche sobre la mesa.	●	■	⇒	D	∇	
<b>PESADO</b>	●	■	⇒	D	∇	
Tomar el bonche de producto de la mesa.	●	■	⇒	D	∇	
Pesar el producto.	●	■	⇒	D	∇	
Colocar producto dentro de canastilla.	●	■	⇒	D	∇	

Figura 2. Diagrama de Flujo Producto A, B y C

Como se muestra en la figura 2, el proceso a analizar corresponde al Rebanado, el cual consta de cuatro operaciones para los productos A, B y C. Dichas operaciones son: Pelado, Alimentado, Recepción y Pesado.

En la figura 3, se muestra el producto D con tres operaciones las cuales son: Alimentado, Recepción y Pesado.

EMPRESA PRODUCTORA DE CARNE DE CERDO						
DIAGRAMA DE FLUJO						
Nombre del proceso: Rebanado de Producto D.						
Área: Planta Procesadora						
Inicia en: Alimentado				Termina en: Pesado		
Elaborado por: Fabiola Martínez Navarrete				Fecha: 12 de Agosto del 2014		
Descripción del método	Operación	Inspección	Transportación	Demora	Almacén	Observaciones
<b>ALIMENTADO</b>	●	■	⇒	D	∇	
Tomar la pieza de la canastilla.	●	■	⇒	D	∇	
Colocar pieza dentro de la máquina.	●	■	⇒	D	∇	
<b>RECEPCIÓN</b>	●	■	⇒	D	∇	
Recibir las rebanadas.	●	■	⇒	D	∇	
Acomodar rebanadas en bonches aproximados al peso deseado.	●	■	⇒	D	∇	
Colocar bonche sobre la mesa.	●	■	⇒	D	∇	
<b>PESADO</b>	●	■	⇒	D	∇	
Tomar el bonche de producto de la mesa.	●	■	⇒	D	∇	
Pesar el producto.	●	■	⇒	D	∇	
Colocar producto dentro de canastilla.	●	■	⇒	D	∇	

Figura 3. Diagrama de Flujo Producto D.

Finalmente en la figura 4, se muestra el producto E, con cuatro operaciones correspondientes a: Alimentado, Recepción, Pesado y Empaque final.

EMPRESA PRODUCTORA DE CARNE DE CERDO						
DIAGRAMA DE FLUJO						
Nombre del proceso: Rebanado de Producto E.						
Área: Planta Procesadora						
Inicia en: Alimentado				Termina en: Pesado		
Elaborado por: Fabiola Martínez Navarrete				Fecha: 12 de Agosto del 2014		
Descripción del método	Operación	Inspección	Transportación	Demora	Almacén	Observaciones
<b>ALIMENTADO</b>	●	■	⇒	D	∇	
Tomar la pieza de la canastilla.	●	■	⇒	D	∇	
Colocar pieza dentro de la máquina.	●	■	⇒	D	∇	
<b>RECEPCIÓN</b>	●	■	⇒	D	∇	
Recibir las rebanadas.	●	■	⇒	D	∇	
Acomodar rebanadas en bonches aproximados al peso deseado.	●	■	⇒	D	∇	
Colocar bonche sobre la mesa.	●	■	⇒	D	∇	
<b>PESADO</b>	●	■	⇒	D	∇	
Tomar empaque de la canastilla	●	■	⇒	D	∇	
Colocar empaque sobre la báscula	●	■	⇒	D	∇	
Tomar el bonche de producto de la mesa.	●	■	⇒	D	∇	
Pesar el producto.	●	■	⇒	D	∇	
<b>EMPAQUE</b>	●	■	⇒	D	∇	
Empacar el producto final	●	■	⇒	D	∇	
Colocar producto en canastilla	●	■	⇒	D	∇	

Figura 4. Diagrama de Flujo Producto E.

Otro análisis que hizo al proceso de Rebanado, fue con el Diagrama de Precedencia para los cinco productos ya mencionados, los cuales presentan una variación en las operaciones, ya que depende del producto a rebanar. Ver figura 5.

Las operaciones de Alimentado, Recepción y Pesado se mantienen constantes para estos tres productos, A, B y C.

En relación al Producto D, particularmente, este producto presenta el proceso más sencillo en relación al número de operaciones.

El Producto E presenta una variación en la operación de Pesado, ya que aquí se debe de colocar un empaque sobre la báscula antes de realizar la operación. Después el operador de Pesado pasa el producto a su compañero y este lleva a cabo el empaque del producto y al finalizar lo coloca dentro de la canastilla.

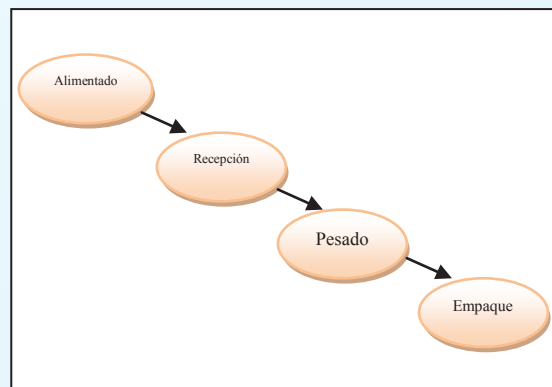


Figura 5. Diagrama de precedencia Producto E.

### Determinación del número de muestras

Una vez que se adquirió pleno conocimiento de los procesos de rebanado, se determinó el número de muestras mínimas requeridas a analizar de cada una de las operaciones de los mismos. Para ello se seleccionó un nivel de confianza del 90%, misma que corresponde a un valor de  $Z= 1.65$  y un error del 10%. El tamaño de la población se determinó en base a los kilos o piezas pesadas en el proceso, dependiendo del rendimiento de cada producto durante el proceso. Por ejemplo: En el caso del Producto A, los lotes son de 660Kg. y se cuenta con un rendimiento. De tal manera que se obtendrán 561Kg.

La razón por la cual se consideró un nivel de confianza del 90%, es que al llevar a cabo la observación del proceso, se reflejó una consistencia en los tiempos de los operadores, ya que estos presentan una repetición de sus operaciones. De esta manera al llevar a cabo el muestreo previo, los valores se mantenían dentro de un rango cerrado.

En la tabla 1 y 2 se muestra la aplicación de la fórmula estadística de la determinación de número de muestras para cada uno de los productos.

$$\frac{Z^2 pq N}{Ne^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

Z = Nivel de confianza.

p = Probabilidad a favor.

q = Probabilidad en contra.

N = Universo o Población.

e = Error de estimación.

Tabla 1. Determinación de número de muestras por producto A y B.

PRODUCTO A		
<b>n =</b>	<b>60.70</b>	<b>Número de muestras</b>
<b>Z=</b>	<b>1.65</b>	<b>Nivel de confianza del 90%</b>
<b>p=</b>	<b>0.5</b>	<b>Probabilidad de suceder</b>
<b>q=</b>	<b>0.5</b>	<b>Probabilidad de no suceder</b>
<b>N=</b>	<b>561</b>	<b>Población</b>
<b>e=</b>	<b>0.1</b>	<b>error</b>
PRODUCTO B		
<b>n =</b>	<b>56.44</b>	<b>Número de muestras</b>
<b>Z=</b>	<b>1.65</b>	<b>Nivel de confianza del 90%</b>
<b>p=</b>	<b>0.5</b>	<b>Probabilidad de suceder</b>
<b>q=</b>	<b>0.5</b>	<b>Probabilidad de no suceder</b>
<b>N=</b>	<b>330.6</b>	<b>Población</b>
<b>e=</b>	<b>0.1</b>	<b>error</b>

Tabla 2. Determinación de número de muestras por producto C, D y E.

PRODUCTO C		
<b>n =</b>	<b>51.11</b>	<b>Número de muestras</b>
<b>Z=</b>	<b>1.65</b>	<b>Nivel de confianza del 90%</b>
<b>p=</b>	<b>0.5</b>	<b>Probabilidad de suceder</b>
<b>q=</b>	<b>0.5</b>	<b>Probabilidad de no suceder</b>
<b>N=</b>	<b>205.2</b>	<b>Población</b>
<b>e=</b>	<b>0.1</b>	<b>error</b>
PRODUCTO D - E		
<b>n =</b>	<b>61.14</b>	<b>Número de muestras</b>
<b>Z=</b>	<b>1.65</b>	<b>Nivel de confianza del 90%</b>
<b>p=</b>	<b>0.5</b>	<b>Probabilidad de suceder</b>
<b>q=</b>	<b>0.5</b>	<b>Probabilidad de no suceder</b>
<b>N=</b>	<b>600.95</b>	<b>Población</b>
<b>e=</b>	<b>0.1</b>	<b>error</b>

Una vez que se determinó el número de muestras, se seleccionaron los operadores a los cuales se analizaría (Operador normal), esto con el fin de mantener un comportamiento constante y facilitar los criterios de evaluación.

### Determinación del Tiempo Estándar de las Operaciones del Proceso

Para la determinación del tiempo estándar se dividió el cálculo en tres etapas.

Primero, se determinó el Tiempo Medio de Operación, el cual corresponde al promedio del total de muestras por cada operación en los diferentes procesos.

Enseguida se muestra en la tabla 3 el Tiempo Medio de Operación de cada una de las operaciones de los procesos, considerando el total de muestras obtenido en la fórmula estadística. Cabe mencionar que el número de muestras excedió el obtenido en la fórmula, ya que se tuvo oportunidad de muestrear mayor cantidad y esto contribuye a la obtención de resultados más confiables.

Las formas utilizadas son las siguientes:

$$TN = TMO * 1 + C.A.$$

$$TE = TN * (1 + Tol.)$$

Donde:

TN= Tiempo Normal

TMO = Tiempo Medio de Operación

CA= Calificación de la Actuación

Tol.=Tolerancias

Cabe mencionar que la Calificación de la Actuación, estuvo basada en el Método del Sistema Westinghouse y las tolerancias se consideraron de la Tabla de Tolerancias editada por la Oficina Internacional del Trabajo.

Tabla 3. Determinación del Tiempo Medio de Operación para rebanadora.

Rebanadora				
Promedio	Pelado	Alimentado	Recepción	Pesado
<b>Producto A</b>				
Segundos	5.06	8.20	6.72	9.14
Minutos	0.08	0.14	0.11	0.15
<b>Producto B</b>				
Segundos	11.91	14.95	7.54	7.62
Minutos	0.20	0.25	0.13	0.13
<b>Producto C</b>				
Segundos	13.88	14.38	8.94	9.17
Minutos	0.23	0.24	0.15	0.15
<b>Producto D</b>				
Segundos		8.89	6.39	7.76
Minutos		0.14	0.11	0.13
<b>Producto E</b>				
Segundos	8.89	5.00	28.23	18.41
Minutos	0.16	0.08	0.47	0.31

Una vez determinado el Tiempo Medio de Operación, en la tabla 4 me muestra como se aplicó la Evaluación de la Calificación de la Actuación, por medio del Sistema de la Westinghouse, donde se consideraron los aspectos relevantes: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

A continuación se muestran las tablas con las evaluaciones correspondientes.

Tabla 4. Evaluación de la Calificación de la Actuación para Producto A, B, C, D y E.

Operación	Calificación de la actuación								
	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Total				
<b>Producto A – B - C</b>									
Pelado	B2	0.08	C2	0.02	D	0	C	0.01	0.11
Alimentado	C2	0.03	C2	0.02	D	0	C	0.01	0.06
Recepción	C2	0.03	D	0	D	0	C	0.01	0.04
Pesado	C2	0.03	D	0	D	0	C	0.01	0.04
<b>Producto D</b>									
Alimentado	C2	0.03	D	0	D	0	C	0.01	0.04
Recepción	C2	0.03	D	0	D	0	C	0.01	0.04
Pesado	C2	0.03	D	0	D	0	C	0.01	0.04

Producto E									
Alimentado	C2	0.03	D	0	D	0	C	0.01	0.04
Recepción	C2	0.03	D	0	D	0	C	0.01	0.04
Pesado	C2	0.03	D	0	D	0	C	0.01	0.04
Empaque	C2	0.03	D	0	D	0	C	0.01	0.04

Una vez realizada la evaluación de la Calificación de la actuación, se determinó el Tiempo Normal (T.N.) utilizando la fórmula de la determinación del Tiempo Normal (T.N.), en la cual se multiplica el Tiempo Medio de Operación (T.M.O.) por la suma de una unidad más el total obtenido en la evaluación de la Calificación de la Actuación el cual se muestra en la tabla 5.

Posteriormente se calcularon las tolerancias (Tol.) considerando la tabla de tolerancias editada por la Oficina Internacional del Trabajo, considerando el estar de pie, puesto que el proceso carece de movimientos en la mayor parte y los operadores permanecen fijos durante largos periodos. Otra tolerancia fue por condiciones atmosféricas, debido a las bajas temperaturas que se presentan en el área; finalmente una tolerancia por monotonía, ya que los operadores ejecutan las mismas tareas durante todo el turno.

A continuación se muestran las tolerancias aplicables para las operaciones con su valoración correspondiente.

Tabla 5. Evaluación de tolerancias para las operaciones de los procesos de Rebanado.

Tolerancias			
Constantes	Personal		0.05
	Básica por fatiga		0.04
Variables	Por estar de pie		0.02
	Condiciones atmosféricas	Baja temperatura	0.03
	Monotonía	Moderada	0.01
Total tolerancias			0.15

A continuación, se muestra en la tabla 6 como se determina el Tiempo Normal (T.N.) y el Tiempo Estándar (T.E.) del producto A del proceso de procesos de rebanado, el cual se realizó para cada uno de los productos como requerimiento para determinación del Índice de Producción.



Tabla 6. Determinación del Tiempo Normal para producto A en segundos.

Producto A					
Operación	T.M.O.	C.A	T.N.	Tol.	T.E.
Pelado	5.064	1.11	5.621	1.15	6.464
Alimentado	8.200	1.06	8.692		9.996
Recepción	6.720	1.04	6.989		8.037
Pesado	9.140	1.04	9.506		10.931

Para aplicar el Balanceo de Líneas en los procesos de Rebanado, se consideraron dos cálculos importantes: el Índice de Producción y el Número de Operadores.

El Índice de Producción, indica cuántas unidades se requieren y en qué tiempo deben producirse por medio de la siguiente fórmula:

$$IP = \frac{\text{Unidad a producir}}{\text{Tiempo disponible del operador}}$$

En la misma fórmula se requiere agregar el Tiempo Estándar de cada operación y además, dividir entre el Porcentaje de Eficiencia, misma que tuvo un valor del 90% ya que es el deseado por la empresa.

En el proceso de Rebanado, el equipo o máquinas marcarán este Índice de Producción, ya que al alimentarse la rebanadora, esta debe de arrojar cierta cantidad de kilos en un Tiempo de Ciclo. Estos kilos serán variables para cada producto, debido a que las piezas son de diferentes pesos y algunos rebanados requieren la alimentación de dos piezas por ciclo (Producto B y C), mientras que los Productos A, D y E requieren de la alimentación de una pieza por ciclo. De igual manera el Tiempo de Ciclo será variable.

A continuación, se muestra en la Tabla 7 los Índices de Producción por Producto, considerando el peso y Tiempo de Ciclo del rebanado Automatizado.

Tabla 7. Determinación del Índice de Producción por Producto.

Índice de producción			
Producto	P.C. (kg.)	T.C. (min.)	IP (kg./min.)
	4.60	1.17	3.94
B	7.80	1.30	5.98
C	6.40	1.29	4.95
D	3.25	1.18	2.76
E	3.25	1.18	2.76

A continuación se muestran las fórmulas antes mencionadas.

Peso posicional = TE de operación + TE de las operaciones que le preceden

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo disponible de operación} * \text{Eficiencia}}{\text{Producción diaria}}$$

$$\text{Número de estaciones} = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

El número de estaciones, según la fórmula, sólo es el mínimo recomendado, y puede ser mayor. El Tiempo de Ciclo sólo es el tiempo óptimo que debe de tener cada estación, y al momento de diseñar las estaciones, el tiempo de la estación puede ser menor. En algunas situaciones es mayor, siempre y cuando el tiempo extra sea mínimo.

En el caso del Proceso de Rebanado, el Tiempo de Ciclo lo determinó la Máquina Rebanadora. Aquí las operaciones debieron adecuarse para cumplir los requerimientos y así mantener un flujo continuo en el proceso.

Tabla 8. Determinación de Número de Operadores por producto.

Operaciones	P	Pelado	Alimentado	Recepción	Pesado
I.P.	A	0.86		3.94	
# Operadores		0.103	0.159	0.587	0.798
I.P.	B	0.77		5.98	
# Operadores		0.216	0.259	0.999	1.010
I.P.	C	0.77		4.95	
# Operadores		0.254	0.251	0.981	1.006
I.P.	D	0.85		5.52	
# Operadores			0.167	0.781	0.949
I.P.	E	0.85		1.38	
# Operadores		0.167	0.306	0.863	0.563

Para el proceso de Rebanado del Producto A, se consideró un Índice de Producción basado en las repeticiones por minuto (0.86) y otro en kilos por minuto (3.94), según lo indica la tabla 8. Se unieron la Operación de Pelado y Alimentado en una estación de trabajo para realizarse por un Operador, mientras que Recepción y Pesado quedan individuales para ser ejecutadas por un Operador cada una, requiriendo un total de 3 operadores.

Para el producto B y C, se adhieren la operación de Pelado y Alimentado en una estación de trabajo para ejecutarse por un solo Operador, y la operación de Recepción y Pesado quedan con un Operador cada una.

Para el proceso de Rebanado del producto D, se considera un índice por repeticiones al igual que en los procesos anteriores, concluyendo con 3 Operadores, uno para cada Operación.

Finalmente para el producto E, se requiere un operador para cada una de las operaciones. Cabe mencionar que la operación de Alimentado y Recepción no se pueden unir, debido a que la Recepción no puede parar o ser descuidada, puesto que el producto tiende a formar cuellos de botella y el producto puede presentar daños en textura o maltratarse.

La tabla 9 indica que todos los procesos (excepto el Producto E), requieren de 3 Operadores y 4 para el Producto E.

Tabla 9. Procesos de rebanadora.

PROCESOS DE REBANADORA		
PRODUCTO	# OPERADORES	ACTIVIDADES
A	3	OPERADOR 1- PELADO, ALIMENTADO Y RECEPCIÓN.
		OPERADOR 2- RECEPCIÓN, (PESADO).
		OPERADOR 3- PESADO.
B	3	OPERADOR 1- PELADO, ALIMENTADO Y RECEPCIÓN.
		OPERADOR 2- RECEPCIÓN, (PESADO).
		OPERADOR 3- PESADO.
C	3	OPERADOR 1- PELADO, ALIMENTADO Y RECEPCIÓN.
		OPERADOR 2- RECEPCIÓN, (PESADO).
		OPERADOR 3- PESADO.
D	3	OPERADOR 1- ALIMENTADO Y RECEPCIÓN.
		OPERADOR 2- RECEPCIÓN, (PESADO).
		OPERADOR 3- PESADO.
E	4	OPERADOR 1-ALIMENTADO Y RECEPCIÓN.
		OPERADOR 2- RECEPCIÓN.
		OPERADOR 3-PESADO.
		OPERADOR 4-EMPAQUE, (PESADO).

Una vez determinados los tiempos de las operaciones previas y posteriores al proceso de Rebanado, se procedió a calcular el Tiempo Estándar para un lote de producción de cada uno de los Productos.

La tabla 10, indica los Tiempos Estándar de los procesos de Rebanado de acuerdo con el Tiempo de Ciclo de la máquina Rebanadora, sin considerar las operaciones previas y posteriores del proceso principal.

Tabla 10. Tiempo Estándar de los procesos de Rebanado.

Tiempo Estándar Proceso de Rebanado					
Producto	Kilos	T. C. (min.)	IP (Kg./min.)	T. E. (min.)	T.E. Hrs./min./seg.
A	668.50	1.17	3.94	169.54	02:49:00
B	191.05	1.30	5.98	31.93	00:31:56
C	269.70	1.29	4.95	54.45	00:54:27
D	401.00	1.18	2.76	145.25	02:25:00
E	593.40	1.18	2.76	214.94	03:34:57

### Medición de la Productividad del Proceso de Rebanado

El Indicador de Productividad en el proceso de Rebanado, empezó a medirse desde el mes de Agosto, en el formato de productividad se debe registrar el lote, producto, número de operadores, número de kilos rebanados e inicio y fin del armado y del proceso de Rebanado el cual debe ser llenado por el encargado de la máquina rebanadora.

En el primer mes analizado, se presenta una estabilidad en la productividad mostrando como mínimo un 77% en la cuarta semana, provocado por presencia de materia extraña en el Producto C, mismo que ocasiona la inspección del 100% de las piezas con desviación. Ver figura 6

Como máximo se obtuvo un 95.30% en la tercera semana, mostrando una estabilidad en el proceso, con un seguimiento satisfactorio de acuerdo con su cercana implementación.

La Productividad para el mes de agosto fue de un 87.59%, presentando un área de oportunidad para desarrollar los procesos de manera efectiva, reflejando un interés por la mejora continua.

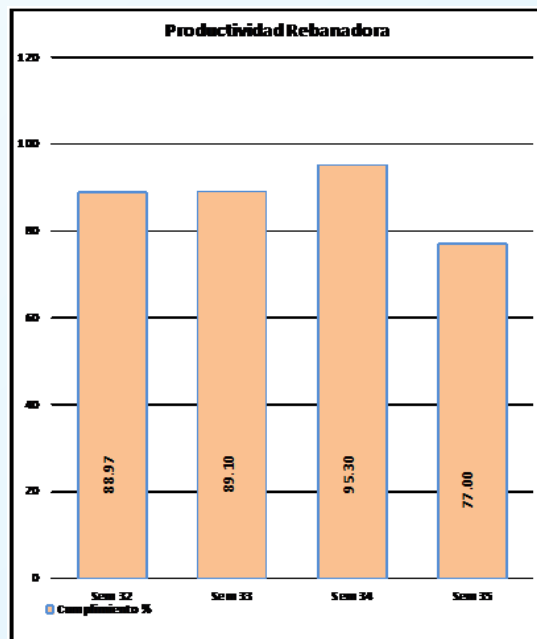


Figura 6. Productividad en el proceso Rebanado en el mes de agosto.

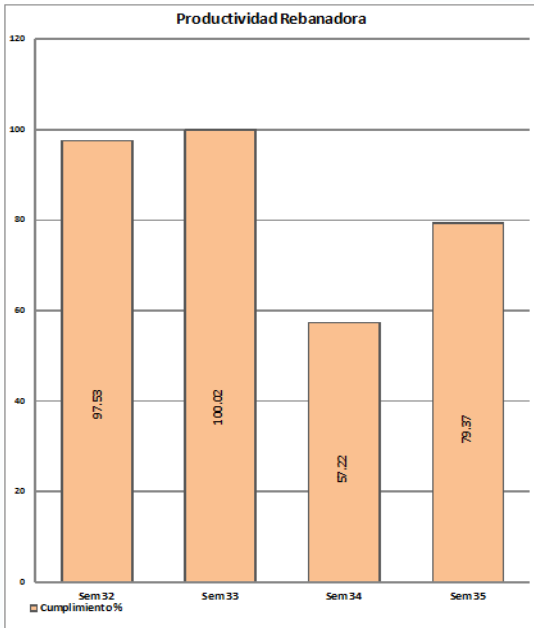


Figura 7. Productividad en el proceso Rebanado en el mes de noviembre.

Como se observa en la figura 7, las primeras dos semanas del mes de noviembre se mantuvo una productividad satisfactoria, presentando una correcta ejecución del proceso de rebanado, además de una aplicación de la propuesta.

La tercera semana se registro una productividad de un 57.22%, presentando un decremento significativo. Como parte de los comentarios en el formato, el operador indica que se reviso materia prima debido a presencia de materia extraña en el producto.

En el análisis se concluye que dicha situación afectó el proceso de Rebanado, ya que se interrumpió el flujo continuo del proceso.

En la cuarta semana del mes se incremento un poco en comparación a la tercera semana alcanzando a un 79.37%. En los comentarios del operador se indica que el producto presentaba manchas, de tal manera que se llevó a cabo una inspección de las rebanadas. De esta manera, el análisis confirma que el proceso fue interrumpido por problemas en la materia prima, mismos que no son provocados por el operador del proceso de Rebanado. Sin embargo, se debe indagar cuáles fueron las causas de esta desviación en el producto para que no vuelvan a afectar el proceso de Rebanado.

En esta situación, se trabaja en conjunto con otras áreas para buscar soluciones en los procesos, particularmente con el área de Calidad y Producción.

Finalmente se obtiene una Productividad mensual del 83.54% para el mes de noviembre.

#### Conclusiones

Según los resultados obtenidos en este estudio, se concluye haciendo mención de la necesidad de la determinación de los estándares de productividad, ya que solo de esta manera se conoce a ciencia cierta la capacidad de producción con la que cuenta un equipo, área o una planta específica.

En relación a la máquina rebanadora, los resultados demuestran que solo se debe contar con 4 personas como máximo en la línea de producción y que a pesar de agregar a mayor número de operadores, no se logrará acelerar el proceso, debido a que la máquina cuenta con un Tiempo de Ciclo establecido y este no puede ser menor. La única operación que se puede mejorar es el Alimentado y eso se logrará con la experiencia o habilidad del operador en el paso del tiempo.

En cuanto a las operaciones de Recepción y Pesado, los operadores presentan mayor Índice de Producción que la máquina. Esto quiere decir, que en caso de presentarse un cuello de botella por un atraso u otra situación, el operador de Pesado se estabilizará en un tiempo menor a un minuto, ya que siempre contarán con dos básculas en el área de trabajo.

El indicador de productividad de los dos meses analizados se mantiene aceptable con un 87.59% para agosto y un 83.54% para noviembre, ya que aun esta el seguimiento de la implementación. Además, se mostró un panorama favorable al presentarse en repetidas ocasiones una productividad mayor al 100%, lo que indica que es posible cumplir los estándares establecidos.

Como recomendación se señala la importancia de mantener un método de trabajo determinado, ya que al contar con personal de nuevo ingreso, estos efectúan las actividades sin una capacitación o indicación de la correcta ejecución de las operaciones.

También, se recomienda a los operadores que al presentarse alguna necesidad para salir al baño, lo

hagan al finalizar el proceso de un lote para no afectar la productividad del proceso.

A los Supervisores y Jefes de Producción, se les recomienda que se involucren en los análisis de productividad y en el desarrollo de competencias de los operadores, para poder obtener resultados verdaderamente trascendentes que favorezcan el crecimiento y desarrollo de la compañía.

#### Referencias

Criollo, R. G. (2005). Estudio del Trabajo. En R. G. Criollo. MC Graw Hill.

Durán, F. (2007). Manual de Ingeniería de Métodos. En F. Durán, Manual de Ingeniería de Métodos. Guayaquil, Ecuador.

INEGI. (2012). Cálculo de los Índices de Productividad Laboral y del Costo Unitario de la Mano de Obra 2012. México: SNIEG.

INEGI. (29 de Septiembre de 2014). Índices de Productividad Laboral y del Costo Unitario de la Mano de Obra. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

Krajewski, L. J. (2000). Administración de Operaciones. En K. J. Lee, administración de Operaciones (pág. 912). Pearson Education.

Mauricio, L. A. (Octubre de 2011). Balanceo de Líneas Utilizando. Obregón, Sonora, México.

Maynard, H. B. (2005). Manual del Ingeniero Industrial. En H. B. Maynard, Manual del Ingeniero Industrial (pág. 1588). Mc Graw Hill.

Niebel., B. W. (2004). Ingeniería Industrial. En B. W. Niebel., Métodos, estándares y diseño del trabajo. (pág. 745). Alfaomega.

Universidad Nacional Experimental Politécnica. (Marzo de 2008). Ingeniería de Métodos. Guyana, Venezuela.

#### Contacto:

Mtro. Gabriel Mendivil Salgueiro, Ingeniero Industrial y de Sistemas por el Instituto Tecnológico de Sonora, Maestro en Ciencias de la Ingeniería Industrial, por el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Profesor de Tiempo Completo de la División de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
gmendivil@itesca.edu.mx

Mtra. Norma Aidee Rios Lugo Ingeniero Químico por el Instituto Tecnológico de Sonora, Maestría en Ingeniería de Sistemas Productivos por el Instituto Tecnológico de Sonora. Actualmente Jefa de la División de Ingeniería Industrial y Profesora de Tiempo Completo de la División de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
nrrios@itesca.edu.mx

Mtro. Marco Antonio Brambilla Ramírez. Maestro en Ciencias de la Ingeniería Industrial, por el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Se ha desempeñado, entre otras actividades profesionales, Profesor de Tiempo Completo del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Jefe del Departamento de Planeación y Programación, Jefe del Departamento de Desarrollo Académico y actualmente Profesor de Tiempo Completo de la División de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
mbrambilla@itesca.edu.mx

Mtra. Albina Arévalo Félix. Licenciada en Ciencias de la Educación por el Instituto Tecnológico de Sonora, tiene Maestría en Educación por el Instituto Tecnológico de Sonora, actualmente Profesor de la División de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
aarevalo@itesca.edu.mx

Fabiola Martínez Navarrete, Ingeniera Industria en Manufactura Automatizada. Actualmente se desempeña como Analista de Ingeniería Industrial en la empresa Alimentos KOWI S.A. de C.V.  
ingenieria.procesos@kowi.com.mx



# Proceso estadístico en una aplicación antropométrica

**Berenice Luna Ponce. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
División de Ingeniería Industrial.**

**Yoana Elizeth Tautimes Delgado. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
División de Ingeniería Industrial.**

**Guadalupe Vásquez Chávez. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
División de Ingeniería Industrial.**

**Miguel Ángel García Ordaz. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
División de Ingeniería Industrial.**

## Resumen

Hoy en día los procesos estadísticos cobran gran importancia debido al grado tan amplio de análisis que se puede obtener de una aplicación estadística. La presente investigación trata de un análisis estadístico que se realizó sobre una población estudiantil para el diseño antropométrico de una mesa de trabajo.

## Palabras clave

Diseño antropométrico, antropometría, percentil, ajustable.

## Abstract

Today all the different statistics process are very important because they can be solved in many form, using lot of analysis of the data obtained.

This investigation is about of a sadistic analysis in a student populations with the objective of design a work adjustable table.

## Keywords

Anthropometric design, anthropometry, percentile, adjustable.

## Introducción

Las Instituciones de Educación Superior tiene como parte integral de su plan de estudios materias que deben contener entre sus actividades

académicas un espacio donde se lleven a cabo diversas prácticas que permitan a los alumnos obtener un conocimiento previo básico, parte importante dentro de estos espacios es el mobiliario que se utiliza para el trabajo de los alumnos.

El mobiliario para llevar a cabo las actividades diarias dentro de un laboratorio educativo es muy importante,

pues debe proporcionar comodidad y para la realización de las actividades. La población estudiantil de la carrera de Ingeniería Industrial cuenta con estudiantes de ambos géneros lo que implica que la variación en las medidas corporales puede grande.

El trabajo de Samia y Afaf (2008), comentan que para que un mobiliario pueda ser correctamente diseñado, en el caso de los niños de primaria, debe ser diseñado para medidas ajustables, debido a la variabilidad de las medidas.

De acuerdo a la guía para el diseño del mobiliario escolar (2001), Uno de los factores que tienen una gran influencia sobre las decisiones que deben tomar sobre la comodidad y funcionalidad de los usuarios en los puestos de estudio o trabajo, es la postura que adoptan para el desempeño de sus labores. Los diferentes factores que influyen en la postura de los usuarios la forma y el tamaño del mobiliario, los hábitos posturales y los requerimientos de las tareas, Anderson (1992), Farrer (1995).

El trabajo desarrollado por Rahaman, (2014), hace una comparación entre varios tipos de mobiliario con las necesidades antropométricas de los estudiantes y encontró que algunas de las medidas requeridos por la población no se habían considerado para el diseño previo.

## Definición del problema

La presente investigación trata del análisis estadístico que se llevó a cabo para el diseño de una mesa ajustable para trabajar en el laboratorio de ingeniería industrial, tomando en cuenta a la gran variedad de alturas y dimensiones en todos

los alumnos de la carrera de ingeniería industrial para ambos géneros. El problema entonces se define como sigue:

¿Cuál es el tamaño de muestra que se debe considerar para llevar a cabo un análisis antropométrico para el diseño de una mesa ajustable?

#### Objetivo

Determinar el tamaño de la muestra que se debe considerar para el diseño de una mesa ajustable con características ergonómicas que permita ajustarse a la altura de los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial, aplicando para ello un análisis estadístico y realizando los cálculos de percentiles adecuados.

#### Revisión Literaria

De acuerdo a la Guía para el diseño de mobiliario escolar (2001), una vez que se han definido cuáles son las posturas que favorecen en el desarrollo de las actividades escolares, es necesario establecer qué dimensiones antropométricas o tamaño corporal tiene la población que utilizará el mobiliario, de tal manera que el diseño permita que estén de manera cómoda la mayor cantidad de alumnos, sin que se vea afectada su comodidad y su aprendizaje.

El trabajo desarrollado por Ismaila, Musa, Adejuyigbe y Akinyemi (2013), muestra que es necesario llevar a cabo un análisis antropométrico de la población usuaria del mobiliario, antes de su fabricación, de tal manera que su diseño pueda satisfacer la comodidad de un gran porcentaje de la población usuaria.

El estudio realizado por Ismaila (2009), llevó a cabo un análisis de datos antropométricos de la población Nigeriana para el diseño de guantes, pedales, herramientas de mano etc.

Dentro del trabajo desarrollado por Samia y Afaf (2008) determinaron que a mayor edad, las dimensiones corporales también crecen, sin embargo el crecimiento no siempre está relacionado con la edad del niño.

#### Metodología

Para el desarrollo de esta investigación se definieron como sujetos de estudio las dimensiones que debe tener la mesa de trabajo

para que sea ajustable a las necesidades de los alumnos de la carrera de ingeniería industrial.

Los materiales utilizados para esta investigación fueron cinta métrica, regla, Excel, Auto Cad y antropómetros.

El procedimiento está dividido de la manera siguiente:

1. *Definición de medidas a utilizar:* Este punto trató de establecer las medidas que son necesarias para llevar a cabo el diseño de la mesa, la cual debe ser para trabajar de pie y sentado.

2. *Muestreo inicial:* Para iniciar se llevó a cabo un muestreo de 30 datos para hombres y 30 datos para mujeres para cada una de las medidas que se definieron en el paso anterior.

3. *Cálculo del tamaño de la muestra.* En este punto se llevó a cabo el cálculo del tamaño de la muestra considerando los treinta datos iniciales, tanto para hombres como para mujeres. Para este punto se consideró lo desarrollado por Talavera y otros (2013), en el cual se sugiere que para la determinación del tamaño de la muestra de una muestra inicial se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{e^2}$$

Dónde:

Z= es el valor en tablas para un nivel de confianza establecido

$\sigma$ = Es la desviación estándar de los datos para cada una de las medidas establecidas.

e = error de los datos de acuerdo al nivel de confianza establecido.

4. *Toma de medidas de la población,* En este punto se llevó a cabo la toma de datos para las tres medidas establecidas para toda la población, debido a que la variación indicó mayor cantidad de muestras, que el tamaño de la población, por lo que se decidió realizar las medidas totales para la población masculina y femenina de los alumnos de la carrera de ingeniería industrial dividida por semestre

5. *Tamaño de muestra poblacional:* Para cada una de las medidas consideradas para el diseño, se llevó a cabo el cálculo del tamaño de muestra que se debe considerar, tomando en cuenta los datos ajustados y de acuerdo a lo establecido con Talavera, Rivas, Bernal y Palacios (2013),

## Resultados

Los resultados del método aplicado fueron los siguientes.

### 1. Definición de medidas a utilizar:

Las medidas que se determinaron para el desarrollo de esta investigación son las siguientes:

La primera medida que se considero fue la altura del piso al codo con un ángulo de 90°, considerando que la mesa será para trabajo en laboratorio de ingeniería industrial y de uso pesado se requiere en algunos casos el uso de esfuerzo, por lo que la altura puede considerarse adecuada, a esta altura le llamaremos **Medida 1**

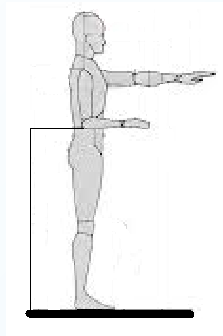


Figura. 1 Altura del piso al codo en ángulo de 90° en posición de pie.

La segunda medida es la distancia de la pared la punta del dedo medio con los brazos extendidos hacia enfrente, esta medida es considerada para medir el alcance máximo que se puede tener y el cual se utiliza para determinar el ancho de la mesa de trabajo, a esta distancia le llamaremos **Medida 2**.



Figura. 2 Distancia de la pared a la punta del dedo medio extendida hacia enfrente.

La tercera medida es la altura del piso al codo en un ángulo de 90° en posición de sentado, esta medida sirve para determinar la máxima altura que se debe de considerar para bajar la esa y seguir desarrollando de manera cómoda el trabajo, a esta altura le llamaremos **Medida 3**.

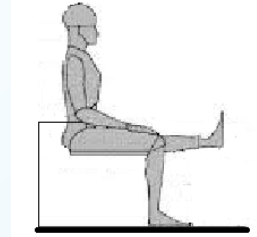


Figura 3. Altura del piso al codo en un ángulo de 90° en posición de sentado.

### 2. Muestreo inicial

Dentro del muestreo inicial se consideraron 30 datos para la población masculina y 30 datos para la población femenina a continuación se presenta un extracto de dichas tablas.

La primer tabla muestra un extracto de los 30 datos al azar que se tomaron para la población masculina en centímetros, a estos datos se trabajó el cálculo de la media y la desviación estándar correspondiente, dichos resultados se presentan en la tabla 2.

Tabla 1. Extracto de muestra inicial de medidas para población masculina de la carrera de ingeniería Industrial

No.	Medida 1	Medida 2	Medida 3
1	118	95	66
2	109	86.5	59
3	101	84	61
4	105	87	60
5	103	89	62
6	113	92	71
7	102	84.5	67
8	108	90	63
9	105	78	63
10	104	84	64
11	102	84	91
12	106	83	58
13	113	87	69
14	109.5	89	65
15	118	90.5	67



Tabla 2. Valores de la media y la desviación estándar del muestreo inicial.

Estadístico	Medida 1	Medida 2	Medida 3
Desviación	4.55	3.43	3.05
Media	108.6	87.3	66.4

La tabla anterior muestra los resultados del cálculo de la media y la desviación estándar de los datos iniciales para las muestra de hombres y para cada una de las medidas determinadas inicialmente.

Tabla 3. Extracto de muestra inicial de medidas para población femenina de la carrera de ingeniería Industrial.

No.	Medida 1	Medida 2	Medida 3
1	118	95	66
2	109	86.5	59
3	101	84	61
4	105	87	60
5	103	89	62
6	113	92	71
7	102	84.5	67
8	108	90	63
9	105	78	63
10	104	84	64
11	102	84	91
12	106	83	58
13	113	87	69
14	109.5	89	65
15	118	90.5	67

Tabla 4. Valores de la media y la desviación estándar del muestreo inicial para los 30 datos de mujeres.

Estadístico	Medida 1	Medida 2	Medida 3
Desviación	4.79	4.86	7.01
Media	108.7	86.3	67.3

La tabla anterior muestra los resultados del cálculo de la media y la desviación estándar de los datos iniciales para las muestra de mujeres y para cada una de las medidas determinadas inicialmente.

### 3. Cálculo del tamaño de la muestra

Para poder desarrollar el cálculo del tamaño de la muestra se tomaron 30 datos iniciales de las tres medidas determinadas, las medidas se tomaron tanto para hombres, así como, treinta datos iniciales para mujeres; una vez que se tomaron esas medidas se definió el nivel de confianza del con el que se desea trabajar, el cual se consideró del 95% y un error de los datos del 5%.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula en la cual se consideró un valor del Z para un nivel de confianza del 95%, la desviación estándar de cada una de las medidas consideradas tanto para hombres como para mujeres, así como el error de los datos del 5%.

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{e^2}$$

De la utilización de la fórmula anterior se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5. Determinación del tamaño de la muestra de la población femenina para las tres medidas.

Estadístico	Medida 1	Medida 2	Medida 3
Muestra	24987	25720	53528

En la tabla anterior se muestra el resultado del cálculo para la determinación del tamaño de muestra. Lo que se puede observar que el valor más grande es para la medida de la altura del piso al codo en un ángulo de 90° en posición de sentado; el tamaño de muestra obtenido es de 53,528 datos, esto puede deberse a la gran variabilidad que existe entre los datos tomados.

Tabla 6. Determinación del tamaño de la muestra de la población masculina para las tres medidas.

Estadístico	Medida 1	Medida 2	Medida 3
Muestra	22554	12841	10103

En la tabla anterior se muestra el resultado del cálculo para la determinación del tamaño de muestra. Lo que se puede observar que el valor más grande es para la medida de la altura del piso al codo en un ángulo de 90° en posición de pie; el tamaño de muestra obtenido es de 22,554 datos, esto puede deberse a la gran variabilidad que existe entre los datos tomados.

#### 4. Toma de medidas de la población.

En el paso anterior se puede ver que la variabilidad dentro los datos tomados genera un tamaño de muestra más grande que el número total de alumnos que se encuentran inscritos al momento de hacer la investigación, por lo que se decidió, medir a todos los alumnos hombres y mujeres e incluirlos en un solo análisis muestral.

Una vez llevado a cabo las mediciones correspondientes, se obtuvieron los datos correspondientes para los 215 alumnos.

#### 5. Tamaño de muestra poblacional.

Una vez que se obtuvieron todos los datos se procedió a realizar el cálculo de los valores de la media y la desviación estándar para cada una de las medidas establecidas, dando como resultado lo siguiente:

Tabla 7. Determinación de la media y desviación estándar de la población.

Estadístico	Medida 1	Medida 2	Medida 3
Media	109.13	89.09	66.40
Desviación	4.99	4.02	6.62

#### Conclusiones

La presente investigación se realizó con la finalidad de determinar el tamaño de muestra que de una población e alumnos que se debe considerar para la toma de medidas que serán utilizadas en el diseño de una mesa de trabajo ajustable.

La aplicación de herramientas estadísticas para el desarrollo de una investigación permite que se asegure al lector que los datos utilizados para desarrollar el proyecto son confiables y que los resultados obtenidos con el uso de esos datos pueden ser viables.

Al igual que lo que comentan, García, Reding y López (2013), se considera que el tamaño de la muestra debe ser considerado importante, pues indica la cantidad necesaria de individuos que se deben incluir en un estudio, de tal manera que se permita a través de estos, estimar los valores de los parámetros que se desean medir con un grado de confianza deseado. Permite además no

encarecer los estudios, ya que define un valor menor en muchos casos al de la población pues toma solamente una porción de la población para su estudio.

Sin embargo existen diversos factores que afectan la determinación del tamaño de la muestra, uno de ellos hace referencia a la variabilidad de los datos recolectados, en esta investigación se obtuvo un tamaño de muestra muy grande el cual sobrepasa a la población disponible de estudiantes, lo que indica que la variabilidad de la información obtenida es muy grande.

En casos como éste se debe considerar realizar otro tipo de cálculo si el tamaño de la población es muy grande, sin embargo para esta investigación el tamaño de la población es bastante manejable que permitió llevar a cabo la toma de medidas para el total de la población.

Con esta investigación se puede concluir que la variabilidad de los datos depende de las características de la población y algunas ocasiones es mejor considerar a la población completa en el uso de datos estadísticos, sobre todo si se considera que estos datos serán utilizados en proyectos de diseño y que su valor es importante para el desarrollo del mismo.

#### Referencias

García, G. J. A., Reding, B. A., López, A. J. C. (2013), *Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica*, Investigación en Educación Médica ELSEVIER, 2(8).

Ismalia, S. O., Musa, A. I., Adejuyigbe, S. B., Akinremi, O. D., (2013), *Anthropometric Design of Furniture for Use in Tertiary Institutions in Abeokuta, South Westerna Nigeria*, Engineering Review, vol. 33, Issue 3.

Ismalia, O.S., (2009), *Anthropometric Data of Hand, Foot and Ear of University Students in Nigeria*, Leonardo Journal of Sciences, Issue 15.

Rahman, M.S.A.A., (2013), *Incompatibility between students', Body Measurements and School Chairs*, World Applied Sciences Journal 21 (5).

Samia. A. A. R y Afaf, A. M. S., (2008), *Anthropometric Consideration for Designing Class room furniture in Arabic and Preparatory Boys Schools*, Bull. Fac. Ph. Th. Cairo University, Vol. 13, No. 1.

Talavera, J.O., Rivas, R.R., Bernal, R. L. P. y Palacios, C. L., (2013), *Tamaño de Muestra.*, Revista Médica Instituto Mexicano del Seguro Social, 51, Supl. 1.

**Contacto:**

Mtra. Berenice Luna Ponce. Maestra en Ingeniería en Sistemas Productivos, por el Instituto Tecnológico de Sonora. Se ha desempeñado, entre otras actividades profesionales, Coordinadora de Posgrado por el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y actualmente Profesora de Tiempo Completo de la División de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
bluna@itesca.edu.mx

Mtra. Yoana Elizeth Tautimes Delgado. Maestra en Ingeniería en Sistemas Productivos, por el Instituto Tecnológico de Sonora. Se ha desempeñado, entre otras actividades profesionales, Encargada del trabajo de Calidad, dentro del Departamento de calidad por el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y actualmente Profesora de la División de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
ytautimes@itesca.edu.mx

Mtra. Guadalupe Vásquez Chávez. Maestra en Optimización de Sistemas Productivos, por el Instituto Tecnológico de Sonora. Se ha desempeñado, entre otras actividades profesionales, jefa de departamento de Calidad, por el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y actualmente Profesora de tiempo completo de la División de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
gvasquez@itesca.edu.mx

Miguel Ángel García Ordaz. Alumno de la Carrera de Ingeniería Industrial con Especialidad en Manufactura Avanzada, por el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Actualmente alumno egresado con el nivel más alto en EGEL, de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.



# Sistema Robótico de Rehabilitación Funcional

**Alberto Ramírez Treviño. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Coordinación de Maestría en Ingeniería Mecatrónica.**

**José Oliva Gil. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Maestría en Ingeniería Mecatrónica.**

**Flavio Muñoz Beltrán. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
División de Ingeniería Electrónica.**

## Resumen

El sistema de rehabilitación funcional física de brazo, surge de la necesidad de innovar nuevas herramientas y técnicas medicas que colaboren con el tratamiento de traumatismos articulares enfocadas en el área de extremidad superior en el cuerpo humano (Brazo), y que da como resultado una novedosa técnica de rehabilitación física, la cual consta del uso de un sistema mecánico electrónico, que trabaja en base a un motor de directa con un reductor de velocidad, el cual mueve y controla un sistema ergonómico que se ajusta debidamente a la superficie del brazo, antebrazo y mano, y que con la ayuda de ciertos elementos mecánicos y un servomotor genera el movimiento de contracción del antebrazo en un eje fijo (situado en el codo) hasta el ángulo deseado posible y regresándolo a su posición original, es decir, un movimiento cíclico de contracción y extensión, que va desde los 0° hasta los 150°, durante el tiempo o repeticiones determinadas por el usuario, así como el movimiento de pronación y supinación. El objetivo de seleccionar este tipo de movimientos fisiológicos es el de simular los mismos que básicamente se estimulan en una sesión de terapia física para recuperación.

El sistema no está ideado para sustituir en un 100% el trabajo y la interacción del especialista, si no que se convierta en una herramienta útil y práctica, tanto para él como para su paciente y ofrecerle así una opción más amplia de recuperación física “pasiva” considerando que el paciente, una vez establecido su diagnóstico, con las recomendaciones y especificaciones que el especialista establezca, podrá controlar su terapia sin necesidad de la presencia de un experto en el lugar que deseé , concluyendo que el mecanismo puede aportar una recuperación más rápida, cómoda y efectiva para el afectado.

## Palabras clave

Brazo, ángulo, supinación, pronación, flexión, extensión, terapia.

## Abstract

This functional rehabilitation system for the arm came about in response to the need for innovation in new tools and medical techniques that collaborate with articular trauma treatment, focused on the upper extremity of the human body (arm), and that produces a novel technique in physical therapy. This system is mechanical- electronic and consists of a direct motor with a speed reducer, which moves and controls an ergonomic system that adjusts to the surface of the arm, forearm and hand, and which, with the help of various mechanical elements and a servomotor, generates the contraction of the forearm on a fixed axis (located at the elbow) to the possible desired angle and then returning it to its original position: that is, a cyclic movement of contraction and extension, going from 0° to 150°. This, as well as the movement of pronation and supination, can occur during the time period and for the amount of repetitions determined by the user. The objective of choosing this type of physiological movements is to simulate the same movements that are stimulated in a basic physical therapy session.

The system was not created as a substitute the work and interaction of a specialist, but rather to become a useful and practical tool—for both patient and specialist—and offer a wider range of “passive” rehabilitation options. This is an especially useful tool because the patient, once his or her diagnosis has been established, and with the recommendation and specifications set forth by a specialist, can control his or her therapy in a location of choice, and without the presence of a specialist. In conclusion, the mechanism can offer a more speedy, comfortable and effective recovery for the patient.

## Keywords

Arm, angle, supination, pronation, contraction, extension, therapy.

## Introducción

La fisioterapia como parte integrante de una terapia física usa el movimiento para fines curativos. El tratamiento fisioterapéutico tiene como misión, además de la mejora de los trastornos funcionales del organismo, el incremento de la resistencia de los enfermos, la prevención de una disminución del rendimiento y el mantenimiento de las capacidades, incluso si están limitadas por trastornos irreversibles de los órganos (Hüter-Becker, Schewe & Heipertz, 2003).

Los medios que se emplean para el tratamiento físico son diversos y cuentan con un amplio número de técnicas, las cuales utilizan herramientas de apoyo, como las que se usan para la terapia manual o gimnasio-terapia. Los aparatos o aditamentos que interactúan con el paciente específicamente para la terapia mecánica, se encuentran dentro de una extensa gama de sistemas que se dividen en simples piezas de funcionamiento mecánico hasta complejos sistemas electrónicos.

El uso de estos aparatos son puntos clave en la rehabilitación de patologías que limitan el funcionamiento del cuerpo humano perdido por una enfermedad congénita o adquirida, ya que son material de apoyo tanto para el paciente como para el especialista. El especialista establece un diagnóstico y considera o no necesario el implemento de rehabilitación terapéutica, ya sea como tratamiento medicado o recomendaciones, las cuales pueden ser post-operatorias para recuperar o mejorar la movilidad de alguna articulación o el miembro en general.

La rehabilitación tras el ejercicio puede conseguirse mediante la recuperación pasiva y la recuperación activa. La recuperación pasiva se consigue con una inactividad física completa, mientras que la activa se logra a través del ejercicio aerobio. La recuperación pasiva se puede considerar más eficaz que la recuperación activa, para estimular las reacciones tales como la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno a niveles basales.

Dentro de la medicina física se utiliza el movimiento como tratamiento. Sus objetivos actúan a tres niveles:

- Preventivo.
- Paliativo.
- Curativo.

El fin del tratamiento preventivo va encaminado a mantener el potencial de extensibilidad de las estructuras musculotendinosas y capsuloarticulares. Resulta particularmente útil en síndromes de inmovilización de cualquier etiología.

En lo que nos concierne, el objetivo del tratamiento paliativo es el de intentar atenuar los efectos de la enfermedad, por ejemplo, en ciertas afecciones reumatológicas, donde se emplean métodos pasivos de movilización para el mantenimiento de la movilidad articular o en determinadas enfermedades en las que es importante realizar un tratamiento de forma precoz.

El objetivo curativo tiene como finalidad recuperar la movilidad articular, aumentar el trofismo y la potencia muscular así como mejorar los estímulos informadores del movimiento y su concienciación, lo cual facilita la defensa contra el dolor y el logro de la relajación.

Se ha citado en varias ocasiones la movilidad articular, concepto en torno al que gira buena parte de la actividad terapéutica en rehabilitación. Existen técnicas manuales o instrumentales que buscan la movilización de segmentos corporales mediante una fuerza independiente de las unidades neuromusculares del paciente. Las fuerzas externas a utilizar pueden ser la gravedad, las manos de terapeuta, una movilización auto pasiva del sujeto, o la fuerza de un artromotor, empleando suspensión, poleo terapia, tracciones y dispositivos mecánicos.

La rehabilitación asistida requiere la intervención de una fuerza para que el músculo pueda realizar el movimiento articular, ya que el paciente no es capaz de efectuar movimientos en contra de la gravedad. Esta fuerza externa se debe aplicar en la dirección del movimiento y su intensidad ha de completar la acción muscular, no sustituirla. Puede ser proporcionada por el fisioterapeuta o por medios mecánicos (Mas, 1996).

Técnicas que asocian movimientos pasivos de flexión-extensión y de pronación El <<codigo de fuerza>> (flexión + pronación y extensión + supinación) permiten reintegrar los esquemas funcionales.

Para algunos autores (Horn & Steinman, 2005), durante la flexión del codo se produce una rotación y una ascensión de del radio, así como una rotación automática del cúbito. Por lo tanto, la movilización en flexión- extensión de codo se prepara con deslizamiento anteroposteriores y

deslizamientos hacia arriba y debajo de la cabeza radial (Figura 1).



Figura 1. Técnica de movilización de la cabeza radial

Trabajo activo asistido en flexión-extensión y en pronación-supinación.

Efectuado sin forzar, con tiempo de postura suave al final del sector angular (1 a 2 minutos), permite al paciente controlar el movimiento y tomar conciencia de sus capacidades.

La recuperación de las movilidades de la articulación radio-cubital distal, alternando <<hueso fijo>> y >>hueso móvil<<, así como la integración de los movimientos menores (aperturas, descompresión), son necesarias para la fluidez del movimiento.

Artromotor Mediante el ajuste del sector angular y de la velocidad, esta técnica permite una movilización precoz de larga duración posturas al final del movimiento y el mantenimiento de la ganancia de amplitud, hasta incluso la prevención de la rigidez. Su ventaja reside en que el paciente disciplinado puede regular por sí mismo los diferentes parámetros y prolongar los beneficios de las técnicas manuales (Arcar, Gálvez, León, Parigua & Pellicor, 2009) (Figura 2).



Figura 2. Artromotor para realizar inmovilización pasiva del hombro.

El entrenamiento con aparatos se aplican estímulos de aproximación y de estiramiento. Los patrones de secuencia son muchas veces incompletos. Pero aun así, el trabajo con patrones y diagonales incompletas tiene sentido (Hufnagel & Coca, 1992)

Es frecuente el uso de aparatos que suplen de alguna manera el déficit en motores no recuperados por el paciente. En general se trata de déficit que afecta a la musculatura distal de las extremidades superiores.

Antiguamente se colocan ayudas para la marcha de forma precoz, como una férula antiequino o un estabilizador en extensión de rodilla. En la actualidad, a la vista de los resultados esperanzadores, se intenta utilizar dichas ayudas con moderación.

La mecanoterapia es el conjunto de técnicas de tratamiento que requieren el uso de aparatos mecánicos diversos, destinados a dirigir y provocar movimientos corporales regulados en su fuerza, trayectoria y amplitud. Estos aparatos permiten reemplazar la acción humana de resistencia o de ayuda aportada a la ejecución de un movimiento, generalmente en movimientos sencillos, pero que han de repetirse mucho o son fatigosos para el fisioterapeuta.

El fisioterapeuta podrá emplear cualquier aparato que le sea útil para la ejecución repetitiva de un gesto determinado como elásticos, patines, balones, cinchas, pesas, poleas, resortes, mesas, bicicletas, etc.

El sistema robótico de rehabilitación funcional orientado a brazo, viene a complementar el uso de las herramientas utilizadas en las sesiones de terapia física. El objetivo primordial de este aparato es el de sustituir en ciertas funciones la actividad del terapeuta en relación con el paciente en la rehabilitación manual, así como el de simular la función de los distintos aparatos mecánicos ya existentes, teniendo como ventaja la automatización implementando el uso de la electrónica (Galabru, 1964).

Antiguamente se colocan ayudas para la marcha de forma precoz, como una férula antiequino o un estabilizador en extensión de rodilla.

En la actualidad, a la vista de los resultados esperanzadores, se intenta utilizar dichas ayudas con moderación.

La mecanoterapia es el conjunto de técnicas de tratamiento que requieren el uso de aparatos mecánicos diversos, destinados a dirigir y



provocar movimientos corporales regulados en su fuerza, trayectoria y amplitud. Estos aparatos permiten reemplazar la acción humana de resistencia o de ayuda aportada a la ejecución de un movimiento, generalmente en movimientos sencillos, pero que han de repetirse mucho o son fatigosos para el fisioterapeuta.

El fisioterapeuta podrá emplear cualquier aparato que le sea útil para la ejecución repetitiva de un gesto determinado como elásticos, patines, balones, cinchas, pesas, poleas, resortes, mesas, bicicletas, etc.

#### Materiales y métodos

El proceso de fabricación del dispositivo se llevó a cabo utilizando como material principal el aluminio (Al), el cual se utilizó para la elaboración de la estructura del soporte, por sus características como resistencia a la corrosión (productos químicos e intemperie), duración, así como su ligereza, dada su densidad de 2.700 kg/m<sup>3</sup> (Galabru, 1964), característica fundamental ya que se buscó que el dispositivo fuera ligero y portátil.

Se emplearon materiales secundarios, como es el caso del acero, por sus características como dureza y resistencia (Galabru, 1964), para la fabricación de tres engranes personalizados, los cuales trabajan en un sistema en conjunto, del cual depende el apoyo y movilidad del dispositivo.

El sistema fue recubierto con pliegos de vinil incorporado a esponja (Figura 3). El vinil cuenta con las características apropiadas para la protección del equipo, por su gran resistencia ambiental, eléctrica y no es inflamable, al mismo tiempo que es flexible y por ende de fácil manejo. Este recubrimiento proporciona comodidad al paciente al usar el dispositivo.



Figura 3. Pliegos de vinil

El control preciso de los ángulos utilizados en el movimiento de flexo-extensión y pronosupinación de los arcos articulares de brazo y muñeca, durante la terapia de rehabilitación, fue

diseñado en base al uso de un servomotor análogo, que por sus características de carga/tiempo (0.17sec/60° a 4.8v - 0.4sec/60° a 6v) y torque (9 kg/cm a 4.8V - 15kg/cm a 6V), permitió manipular los grados de movimiento requeridos (Figura 4). Obteniendo como resultado, una interrelación del parámetro seleccionado por el usuario y el movimiento del servomotor.

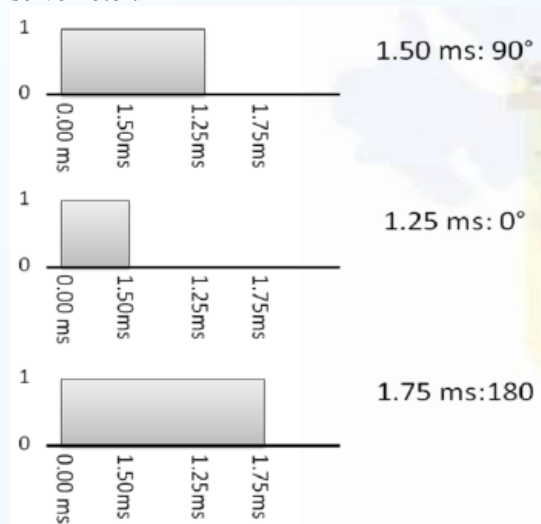


Figura 4. Modulación de ancho de pulsos para el servomotor.

El control digital se llevo a cabo por medio de un dispositivo lógico programable, específicamente se utilizó un FPGA Spartan-3E de Xilinx, el cual fue programado por medio de VHDL usando una arquitectura de tipo estructural a base de paquetes y componentes. Los componentes implementados en la programación son diseños propios.

Los módulos que se diseñaron son los siguientes:

- Divisor de Frecuencia: Dado a que la tarjeta de desarrollo que empleamos tiene una velocidad de reloj de 50 MHz, por lo cual necesitamos tener un módulo que nos permita dividir esta frecuencia para generar los tiempos necesarios para nuestro diseño.

- Generador de PWM (Modulación por ancho de pulsos): Para el control del servomotor análogo, el cual se encarga de los movimientos de pronación y supinación.

- Control de motor DC: empleado para el control de los movimientos de flexión y extensión.

- Control central: este módulo nos permite controlar la cantidad de repeticiones a realizar, velocidad de los movimientos y la selección de las terapias (Figura 5).



El funcionamiento general del equipo consiste en un selector de ángulos variable con un rango de 0° hasta 150° con aumento de 10° por opción, así como con un selector de repeticiones. El ángulo indicado por el usuario es decodificado por el control digital el cual controla el movimiento del motor de DC y el servomotor.

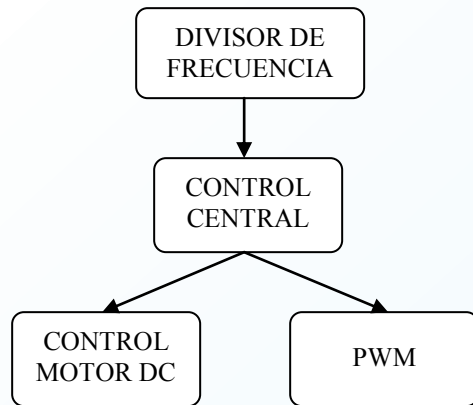


Figura 5. Diagrama a bloques del control central.

#### Resultados y discusión

Los resultados obtenidos por el dispositivo han sido favorables y de gran beneficio tanto para el paciente como para el terapeuta.

Los puntos más importantes que se obtuvieron en el proceso de la rehabilitación fueron:

- Recuperación temprana del movimiento flexo extensión y prono-supinación para pacientes postquirúrgicos.
- Mejora de la circulación sanguínea.
- Mejora del tono muscular del paciente.
- Ningún paciente mostro incomodidad al estar llevando la terapia con el dispositivo.
- Facilidad y comodidad al llevar a cabo la terapia, gracias a que el sistema es portátil.
- Facilidad de aprendizaje en el manejo del dispositivo.

No se puede llevar a cabo el tratamiento, si:

- El paciente presenta fracturas.
- El paciente padece de algún tipo de infección en el brazo.

Se debe hacer notar que el paciente no debe de usar el dispositivo sin contar con las respectivas indicaciones del médico especialista.

#### Visión del proyecto

En la busca de desarrollar nuevos instrumentos que se manejen a la par de los avances científicos

en el área de medicina se encuentran diversas necesidades que recaen en la invención de aparatos o sistemas que busquen una mejora en la calidad de vida de las personas. Con esto se pretende abarcar el mercado clínico e invadirlo con opciones realmente funcionales al alcance de la sociedad.

Se pretende que con el avance tecnológico, se desprendan proyectos a fines con la intención de innovar o mejorar los sistemas ya establecidos para el tratamiento de enfermedades.

El sistema de rehabilitación está orientado a mejorar todo el proceso de terapia física que conlleva una patología en el área de brazo. El objetivo de este proyecto desde el principio fue el de implementar un medio robótico que pudiera automatizar una sesión de rehabilitación convencional construyendo un aparato que cumpliera con las características medicas y de demanda que requiere una sesión de terapia física.

Las demandas formuladas consisten en crear algo físicamente compacto que se adapte ergonómicamente a la estructura de la extremidad superior abarcando desde donde comienza el húmero hasta los límites distales del cúbito y el radio, así como otro subsistema físico que sirva de soporte y agarre para los movimientos de la muñeca. Así como también la manipulación mecánica y electrónica de los movimientos del sistema completo de manera que recree la flexo-extensión y prono-supinación de brazo y muñeca respectivamente. Todo el sistema deberá ser controlado de manera sencilla y entendible por el usuario.

#### Recomendaciones

Dentro de las mejoras que podemos encontrar en el resultado final del sistema, están los siguientes puntos:

- Disminución del peso y tamaño del sistema.
- Agregar sistema de electro-estimulador.
- Control de velocidad de los movimientos.
- Extensión a rehabilitación de hombro.
- Agregar movimientos de flexo-extensión en la muñeca.

#### Anexos

Testimonio del Dr. Raúl Reyes trauma.  
Médico Traumatólogo, Hospital de la cruz.  
Guadalajara, Jalisco.

“... comúnmente para la flexo extensión pasiva de codo si puede ser adecuado el uso de este aparato

dada la patología que manejamos, definitivamente la patología más común que manejamos es la de la rodilla, y en la cual ya existe un aparato para la rehabilitación de la misma de manera pasiva para la recuperar la movilidad postquirúrgica, este es un aparato parecido al que me presentan que se gradúa por ángulos y lo usamos sobre todo para que el paciente por dolor no limite la rehabilitación después de la cirugía. En este caso como ustedes lo están planteando sería un aparato pasivo para codo.”

“... ¡Si pudiera ser funcional en patología de codo! Desde el punto de vista quirúrgico es una articulación muy problemática, ya que en la cirugía de codo por fractura (- Por ejemplo de los cóndilos humerales y cirugía de reconstrucción) si es muy difícil su rehabilitación en la forma de volver a recuperar la flexo- extensión del brazo. Para que uno pueda utilizar este tipo de aparato pasivo en un paciente con alguna patología de codo involucraría lo que es la prótesis de codo como el que se usa para el de rodilla y aunque no es frecuente usar prótesis de codo en comparativo al de rodilla se puede utilizar en el procedimiento post quirúrgico de codo en la cual hay lesiones en donde se fragmentan la articulación y tenemos que administrar placas y tornillos para después esperar a que el cuerpo haga una consolidación y reparación.”

“... Veo que también van a usar el movimiento de pronosupinación... creo que también es bueno porque dentro de los movimientos básicos que vamos a tener a nivel del codo va a ser principalmente la flexo extensión y en el antebrazo la pronosupinación la cual también se ve limitada en la terapia, así se extendería el uso del aparato, no exclusivamente en el paciente con patología de codo si no para el paciente con fractura de muñeca, por ejemplo el paciente que tiene fractura de Colle, Goylland, etc., a nivel de muñeca que implica zonas articulares dada la inmovilización que tienen después de la fractura.”

Las lesiones traumáticas del codo son frecuentes en la práctica cotidiana. El codo es una articulación en el cual pueden quedar numerosas secuelas después de un traumatismo y su rehabilitación suele ser ingrata y larga (6 meses a 1 año).

El edema del codo es a menudo marcado y puede difundir a nivel de la cara dorsal de la muñeca y de la mano. La equimosis suele ser importante y tarda en reabsorberse. El hematoma de las partes blandas y la hemartrosis favorecen también la rigidez articular.

En líneas generales, se recomiendan ejercicios de postura del miembro, manteniéndolo sobreelevado, así como contracciones estáticas adaptadas. Se trata esencialmente de prevenir la amiotrofia de los músculos del hombro y reduce el edema, ambos responsables de retraso en la rehabilitación del codo.

#### Fracturas del codo

El tratamiento ortopédico se reserva para las raras fracturas supracondíleas o supra e intercondíleas no desplazadas, así como para las fracturas no desplazadas de la cabeza radial. La inmovilización con el codo flexionado a 90° y el antebrazo en supinación debe mantener de 3 a 6 semanas.

Rehabilitación de las fracturas del extremo inferior del húmero.

En el ejemplo de la fractura supracondílea del codo son necesarias tres etapas de rehabilitación:

#### -Primera etapa. Inmovilización estricta

Dura entre 1 y 7 días, dependiendo esencialmente de la supuesta solidez del montaje realizado y de la importancia de las manifestaciones dolorosas. La inmovilización se realiza mediante una férula enyesada posterior braquioantebraquial a 50° de flexión del codo, para facilitar la recuperación de la extensión, y en posición de supinación. En efecto, en las rigideces, secuelas frecuentes y temibles de las fracturas del codo, la cápsula, la sinovial y los ligamentos se vuelven más gruesos y se retractan sobre todo por adelante, lo que justifica esta posición de inmovilización alrededor de 50° de extensión.

#### -Segunda etapa. Periodo de movilización controlada. (Del día 8 al día 45)

La rehabilitación precoz evita o reduce las adherencias de los planos de deslizamiento periarticulares, responsables de una limitación de amplitud. Hasta el día 21, la férula enyesada se retira únicamente para las sesiones de rehabilitación, luego se utiliza sólo por la noche durante 3 semanas suplementarias. En este estadio las técnicas de movilización deben ser suaves y lentas; la rehabilitación brusca puede desencadenar un brote inflamatorio, contracturas reflejas y consecuentemente rigidez. Las tomas son próximas al centro articular, por un lado para reducir el brazo de palanca, ya que la fractura no está consolidada, y por el otro para estar atento a la articulación. En este contexto, las movilizaciones funcionales ocupan un lugar importante. El arco de pronación-supinación se

recupera sin dificultad; en cambio, los últimos grados de extensión y la flexión completa son los sectores deficitarios.

-Tercera etapa. Recuperación funcional (después del día 45).

Una vez la fractura consolidada, pueden emplearse técnicas pasivas <<más agresivas>> como las posturas con peso o las suspensiones. El fortalecimiento muscular comienza cuando el codo es móvil, indoloro y estable. A veces existen epicondilalgias o epitroclealgias que tratarán con masajes transversos profundos.

En las fracturas supra e intercondíleas, el trazo supraarticular condiciona la solidez del montaje en los movimientos de flexión-extensión del codo. Las luxaciones o fracturas-luxaciones del codo son frecuentes. Constituyen el 10% de las lesiones traumáticas del codo y ocupan el segundo lugar de las luxaciones después de la luxación del hombro. La luxación posterior es la más común. El problema es entonces evaluar la estabilidad del codo después de la reducción ortopédica bajo anestesia. En efecto, con frecuencia se asocian lesiones de ligamentos mediales que condicionan la rehabilitación.

Después de la reducción se realiza una inmovilización a 90° de flexión, con el antebrazo en supinación, durante 3 a 6 semanas según los equipos.

Por lo general, la articulación es estable alrededor de 40-60° de flexión. Inicialmente, el sector autorizado para la movilización es la flexión mas allá de 60° y la pronación-supinación, la extensión dentro de 60° y el vago están proscritos hasta la cicatrización ligamentaria (6 semanas). En este caso, el trabajo de estabilidad de los epicondíleos y epitrocleos es primordial. El fortalecimiento muscular se basa en ejercicios isométricos en posición de acortamiento máximo y con resistencia en la muñeca. Cuando el codo se encuentra en flexión y el antebrazo en pronación, la estabilidad depende esencialmente de los obenques musculares como el supinador largo, el bíceps y el braquial.

Estadísticas:

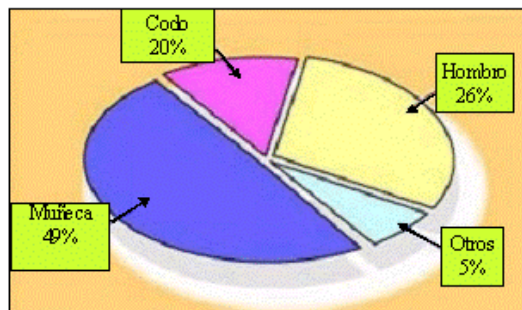


Figura 6. Incidencia de la patología del codo por lesiones de hipersolicitación músculo-esquelética respecto al resto de articulaciones de la extremidad superior.

La articulación de la muñeca es la de mayor incidencia de lesiones (49%) seguida del hombro (26%) y del codo (20%).



Figura 7. En esta imagen se muestra la estructura metálica del prototipo del sistema.

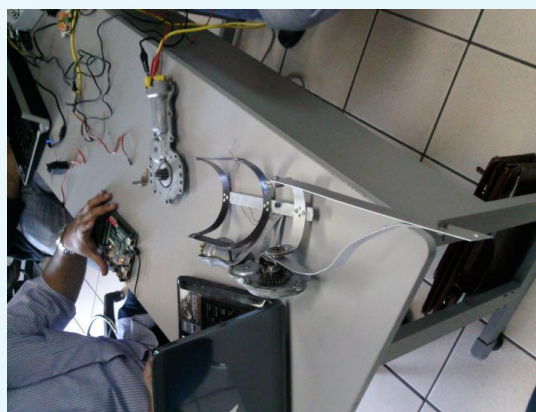


Figura 8. Estructura metálica y el controlador lógico.



## Conclusiones

El sistema robótico de rehabilitación funcional física nos presenta un nuevo concepto de tipos de terapia, la cual se puede aplicar en diferentes rubros de la fisioterapia. Esta herramienta electrónica sustituye en ciertos aspectos, a aparatos ya existentes, pero con un enfoque más práctico y con mejores resultados. Existen múltiples tipos de lesiones y patologías a tratar en el área del brazo, muchas de las cuales ofrecen como tratamiento la fisioterapia, o como medio preventivo para evitar agravar dichos problemas.

Dentro de las técnicas manuales, se encuentran diferentes herramientas que se utilizan para la rehabilitación, tal es el caso de la mecánica, por lo tanto el uso del dispositivo si entraría de manera significativa en todo lo que refiere a las sesiones terapéuticas.

El propósito del dispositivo si cumple con las consideraciones que se toman en las rehabilitaciones y siempre deberá ser usado en inspección del especialista, que le podrá indicar al paciente los parámetros que el paciente debe usar.

El montaje en el paciente es exclusivo para tratar patologías traumáticas en el área de codo y muñeca, y en lesiones que ocupen la tracción de los arcos articulados de dichas partes, ya que el objetivo principal es su movilidad.

## Agradecimientos

Los autores agradecen las contribuciones del Ingeniero Industrial Jaime Alejandro Correa Mota por su notable participación y ayuda en el proceso de elaboración del dispositivo.

## Referencias

Arcar, M. A., Gálvez, D., León, J. C., Parigua S. L., & Pellicor M., (2009). *Manual de Fisioterapia. Generalidades*, Ed. MAD.

Galabru, P. (1964). *Tratado de procedimientos generales de construcción: Obras de fábrica y metálicas* (Vol. 2). Ed. Reverté.

Horn, H. G., & Steinmann, H. J. (2005). *Entrenamiento medico en rehabilitación*. (Vol. 88). Ed. Paidotribo.

Hufnagel, W., & Coca, P. (1992). *Manual del aluminio*. Ed. Reverté.

Huter-Becker, A., Schewe, H., & Heipertz, W. (2003). *Fisioterapia. Descripción de las técnicas y tratamientos*. Barcelona, Ed. Paidotribo.

Mas, R. G. (1996). *Rehabilitación médica*. Ed. Masson.

## Contacto:

Dr. Alberto Ramírez Treviño, Ing. Electrónico por la UAM Azc., y la Maestría y Doctorado en Bioelectrónica en Cinvestav DF, realizó estudios de electrofisiología en el Centro Médico Siglo XXI y en el PANUM Institut de la Universidad de Copenhague.  
aramirez@itesca.edu.mx

M.C. José Luis Oliva Gil, Maestro de Ingeniería Biomédica en el Instituto Tecnológico de Hermosillo, Responsable Estatal de la Red de Frio en Secretaria de Salud Sonora.  
joseoliva@gbe.com.mx

M.C. Flavio Muñoz Beltrán, Ing. Electrónico por el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) en 2002 y Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) unidad Guadalajara en 2005. Profesor de la División de Ingeniería Electrónica en Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA). Actualmente estudiante de doctorado en CINVESTAV unidad Guadalajara. Áreas de interés de investigación control óptimo inverso, identificación neuronal y sus aplicación a sistemas no lineales.  
fmunoz@itesca.edu.mx.



# Impacto de la metropolización en el desarrollo socioeconómico de los municipios. El Valle del Yaqui.

**Neptalí Marcial Chávez. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Maestría en Arquitectura.**

**Juan Eduardo Aguilar Ángeles. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Maestría en Arquitectura.**

**Bruno García Llanes. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Maestría en Arquitectura.**

## Resumen

El presente trabajo trata de analizar la situación que presentan algunos municipios del sur de Sonora y que tienen una relación-dependencia con Ciudad Obregón. Al analizar los datos estadísticos disponibles se puede observar que existen grandes diferencias entre los municipios ubicados en el Valle de Yaqui en el sur de Sonora siendo éstos Cajeme, Bécum, Benito Juárez, San Ignacio e incluso municipios serranos como Rosario y Quiriego. Se puede encontrar municipios con el mayor índice de desarrollo en el estado de Sonora contrastando con el de menor índice de desarrollo.

Se concluye con una descripción de las ventajas y desventajas que se pueden obtener al integrar una Zona metropolitana como opción para mejorar el Desarrollo Humano de todos los habitantes de ésta región, y los retos que enfrentan en otros lugares los actores municipales con respecto a la Gestión Urbana y de Desarrollo Regional.

## Palabras clave

Desarrollo humano municipal, Zona Metropolitana, Gestión Metropolitana.

## Abstract

This work intend to analyze the differences, relations and dependences that are between some Sonora south municipalities and Ciudad Obregon.

The statistical information analyzed shown the big differences between those municipalities located in the Yaqui Valley, like Cajeme, Bacum, Benito Juarez and San Ignacio and others more distant like Quiriego and Rosario. In this Group of municipalities there are some with high social development index and in the other hand the municipality with the low social development index of the Sonora State.

This paper concluded describing the advantages and disadvantages to integrate a Metropolitan Area and the challenges that the municipal managements are affronted in others places with the Urban Issues and the Regional Development.

## Keywords

Human development Index, Metropolitan area, Metropolitan management.

## Introducción

El desarrollo y el crecimiento económico no se generan en todas partes ni al mismo tiempo. Los mercados favorecen algunos sitios y dejan de lado otros. (Garrocho, 2013).

Dado que la producción se concentra en las grandes ciudades, se reconoce que las áreas urbanas de gran escala son los motores del crecimiento económico y el desarrollo humano en el siglo XXI (Garrocho, 2013).

Las concentraciones urbanas generan una serie de externalidades negativas que afectan a la población. Por ejemplo, inseguridad y altos costos de aglomeración, por mencionar sólo algunas. Entonces, ¿por qué la población y las empresas siguen concentrándose en las ciudades? La razón es sencilla: los beneficios de vivir y trabajar en las grandes ciudades son mayores a los costos que eso implica (O'Sullivan, 2008). Adicionalmente, los costos de oportunidad de quedarse en asentamientos rezagados rurales, a veces incluso opresivos, especialmente para las mujeres, son demasiado altos, por lo que las migraciones a las ciudades no se detienen (Garrocho, 2011).

El crecimiento económico es, por naturaleza, desigual en el territorio. Intentar homogeneizarlo y pulverizar espacialmente la actividad económica significa, literalmente, desalentarla. Pero el

desarrollo, aunque concentrado, *puede y debe ser* incluyente. La clave está en *integrar económicamente* a los grupos de población que viven en la trampa de la localización periférica, que significa que *donde viven no hay trabajo, y donde hay trabajo no pueden vivir*.

Por integración económica se entiende *conectar* mejor las zonas rurales con las ciudades, y las periferias urbanas pobres con las partes más avanzadas de la ciudad (BM, 2008). Es decir: *acercar las oportunidades de desarrollo a toda la población*. En esto juegan un papel central la *accesibilidad* al empleo y los servicios básicos (i.e., educación, salud, abasto, justicia) que se logra con mejor infraestructura de caminos, vialidades y transportes; y el aumento de la *conectividad* (i.e. incrementando la disponibilidad de teléfono celular e Internet).

Sin duda, las ciudades son clave para transitar de una economía agraria tradicional a una industrial y postindustrial altamente competitiva. Los gobiernos pueden facilitar este trayecto ampliando su perspectiva: impulsando las *transformaciones espaciales* necesarias para el desarrollo y no sólo los *cambios sectoriales* (BM, 2008.)

Conviene alentar la concentración espacial, aunque ya se sepa que esto genera en el corto plazo un crecimiento desbalanceado en el territorio. El desafío, entonces, es alinear las políticas de *concentración* con políticas de *integración* económica y social y aprovechar las oportunidades que brindan las aglomeraciones urbanas. Las transformaciones espaciales bien conducidas generan, más pronto que tarde, un desarrollo económico incluyente (BM, 2008).

Las ciudades exitosas progresan, mejoran sus finanzas, generan oportunidades de desarrollo para todos, abren ventanas de negocios y se ocupan de sus habitantes más vulnerables (BM, 2010).

La delimitación y análisis de la ciudad alude generalmente a criterios exclusivamente demográficos. Esta razón es necesaria pero no suficiente para reconocer una definición cualitativa con su expresión concreta y cuantitativa. La ciudad no sólo es acumulación poblacional, es además un espacio donde se interconectan relaciones económicas, sociales y culturales entremezcladas con la participación del Estado en sus niveles, local, regional o nacional y sus funciones de gobierno, administración, regulación y gestión de procesos políticos y sociales. (Sobrinó, 1993).

Una herramienta valiosa para determinar las diferencias del desarrollo en cada región son los estudios estadísticos que la Oficina de investigación del desarrollo Humano que el Programa de la Naciones Unidas (PNUD) ha propuesto mediante una serie de indicadores conocidos como el Índice de Desarrollo Humano (IDH) para poder evaluar el estado del desarrollo humano a nivel Nacional, estatal y municipal a través de tres dimensiones como Salud, Educación e Ingresos.

Los informe de 2014 con datos tomados del censo de 2010, muestran que a nivel Nacional México es un país de alto desarrollo humano con un IDH de 0.739, comparable con el de países como Cuba y Arabia Saudita. En el ámbito estatal el Distrito Federal tiene un índice de 0.831 y junto con Nuevo León (0.790) y Baja California Sur (0.785) son las entidades con mayor nivel de desarrollo, Chiapas, Oaxaca y Guerrero los de menor nivel (de 0.647 a 0.673). Sonora tiene un índice de 0.776 que van de 0.53 (Onavas, muy similar al de Congo) a 0.81 (Hermosillo) y que lo ubica con IDH alto (superior a la media nacional y similar al de Chile).

Si se revisan a mayor detalle los diferentes aspectos que impactan en el IDH de Sonora, se encuentra que con respecto a Salud el IDH promedio es de 0.881, en donde Onavas, Banámichi y San Felipe de Jesús presentan índices de 0.421 a 0.541, considerados como de Bajo Desarrollo y algunos municipios que sobrepasan el índice Muy alto de 0.915 (Naco, Empalme y Bacadéhuachi).

En el aspecto de Educación, los municipios Serranos de Yécora, Quiriego y San Miguel Horcasitas presentan un Bajo Desarrollo con índices de 0.467 a 0.524., y por el contrario municipios como Hermosillo, Moctezuma y Cajeme, presentan un muy alto desarrollo con índices de 0.741 a 0.780.

Con respecto a Ingresos, se repite la constante de que algunos municipios serranos tienen un IDH Bajo de 0.583 a 0.615 (Yécora, Tubutama y Nácori Chico) y otros predominantemente urbanos como Hermosillo, Cajeme y Guaymas se consideran de Muy alto desarrollo con un IDH de 0.735 a 0.765 (ver figura 1).

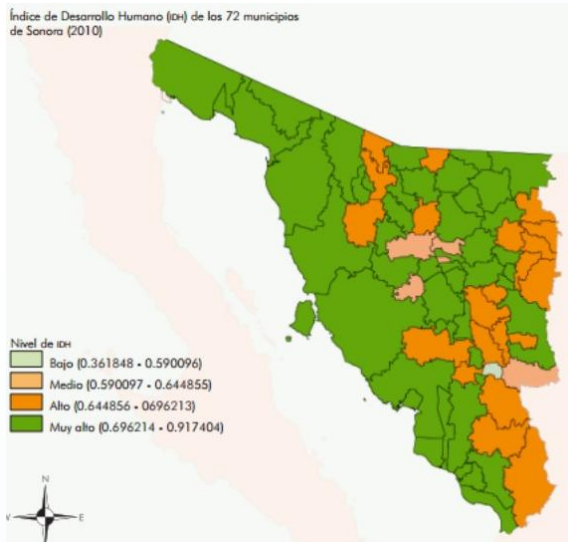


Figura 1. Índice de Desarrollo Humano en Sonora (2010) fuente: Oficina de investigación en desarrollo humano, PNUD, México.

Para impulsar el desarrollo humano en las entidades federativas con mayores rezagos y en consecuencia lograr un mayor equilibrio nacional se cuenta con recursos federales desde 2007 se crea el FONREGION, que busca atender el desarrollo equilibrado mediante infraestructura pública y su equipamiento para las diez entidades de menor índice de crecimiento, como se puede observar en la figura 2.

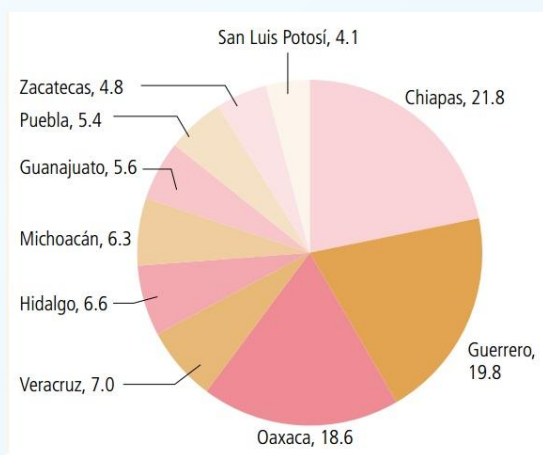


Figura 2. Gráfica de inversión 2015 de fondos de FONREGION. Fuente: Oficina de investigación en desarrollo humano, PNUD, México.

Como se ve en la figura 2 Sonora no está considerado en el programa de FONREGION, aunque algunos de sus municipios presenten IDH de bajo desarrollo, por lo que es necesario buscar otro tipo de estrategias para lograr un equilibrio más justo en el desarrollo Humano Municipal.

Existe una relación entre el nivel de competitividad y de desarrollo en una región (Quijano Vega, 2007). Sonora guarda un comportamiento económico aceptable su PIB en 2001 se encontraba en el lugar doce a nivel nacional. Encuentra que según el INEGI en 2002 el nivel de bienestar de Sonora era de 6 en una escala donde 7 es lo máximo, por lo que en promedio el nivel de bienestar de los habitantes es Bueno, pero al ahondar a mayor profundidad encuentra que 59 de sus municipios cuentan con un nivel de bienestar de malo a bueno y sólo trece de ellos presentan un nivel de bueno a alto. Y plantea la posibilidad de que mejorar el nivel de competitividad pudiera ser la respuesta de subsanar esas diferencias en el desarrollo de las regiones o municipios sonorenses. Finalmente Quijano (2007) establece que las actividades encaminadas para mejorar la competitividad de las regiones o ciudades, redundará en beneficios para los habitantes de dichas regiones.

### ¿La Metropolización como una alternativa de Desarrollo?

El 27 de febrero de 2014, aparece una nota periodística en varios periódicos de Sonora mencionando un comunicado por parte del Presidente Municipal de Ciudad Obregón que la Federación Nacional de Municipios de México (FENAMM) declara a la región del Valle del Yaqui como “Zona metropolitana” al reconocer su alta productividad para el desarrollo económico regional. Incluyéndose en esa declaratoria los municipios de Cajeme, BÁCUM, Benito Juárez, San Ignacio, Rosario y Quiriego en el Estado de Sonora, a continuación se describe brevemente la situación que guarda cada uno de los municipios mencionados, con respecto al Desarrollo, así como que caracteriza a una Zona Metropolitana o Metrópolis.

En la región del valle del Yaqui, se localiza el Municipio de Cajeme, el segundo de mayor población en el estado de Sonora y con un IDH de 0.741 considerado de Alto Desarrollo y colinda con municipios de alto desarrollo aunque de menor rango como Bacum, Benito Juárez y San Ignacio, y dos municipios con IDH menores,



Rosario y Quiriego ubicado en el Penúltimo lugar de desarrollo en el estado. Ver figura 3.



Figura 3. Municipio de Cajeme y sus municipios vecinos. Fuente: Construcción propia

### Características socioeconómicas de las metrópolis

Las ciudades del Tercer Mundo suelen visualizarse como un enjambre de problemas: déficit infraestructurales, de equipamiento y vivienda; altos niveles de delincuencia e inseguridad; congestionamiento vial e inadecuados servicios de transporte; contaminación de los ecosistemas urbanos; insuficiente planeación y gestión administrativa; niveles indeseables de corrupción; entre los principales. Lo anterior es un reflejo espacial del subdesarrollo mismo, pues los insuficientes ingresos y niveles educativos, así como el considerable desempleo abierto y la elevada informalidad tienen como corolario amplios sectores de personas pobres. Esto constituye un obstáculo estructural que impide solucionar o atenuar la anterior patología urbana. En general, los bajos ingresos de la población pobre hacen inviable ampliar la prestación de servicios por empresas públicas o privadas que persigan ser rentables (Garza, 2007).

Unikel (1978) establece que para delimitar un área metropolitana, las unidades administrativas participantes deben cumplir dos características, la primera, que manifiesten un carácter predominantemente urbano, y “una interdependencia mayor con la ciudad central que con cualquier otra” (Unikel, 1978).

Actualmente un área Metropolitana se define como el conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica. También se incluyen a aquellos municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y política urbanas de las zonas metropolitanas en cuestión. Y como Metropolitano a Municipios con localidades de 50 mil o más habitantes que muestran un alto grado de integración física y funcional con municipios vecinos urbanos.

Definida esta integración funcional por los viajes de traslado al trabajo entre los municipios involucrados en la zona metropolitana en cuestión (Secretaría de Desarrollo Social et al, 2012).

### La gobernabilidad metropolitana

Las ciudades no son únicamente un conjunto de patologías sociales, económicas y urbanísticas, sino que constituyen los más avanzados artefactos productivos cuyo buen desempeño es indispensable para el correcto funcionamiento de las empresas privadas. En México, por ejemplo, en 2003, las 10 ciudades principales concentraron 61.1 por ciento del PIB nacional industrial, comercial y de servicios, siendo que estos tres sectores constituyen 90.4 por ciento del PIB total nacional.

La posibilidad de romper el círculo perverso entre la pobreza, el desempleo y la problemática de las ciudades mexicanas es elevar su eficiencia infraestructural, de servicios, gestión administrativa y marco legal que norma su funcionamiento, para que se constituyan en innovadoras fuerzas sociales productivas. Es indispensable que construyan el andamiaje de factores de localización necesarios para que las empresas tengan la capacidad de competir en la economía global. En buena medida, del tipo de intervención y eficiencia en la gobernabilidad y en el establecimiento de la superestructura normativa de las metrópolis analizadas, tanto del gobierno federal como de los estatales y municipales, dependerá el futuro de la inserción de México en el mercado mundial. (Garza, 2007)

Según Iracheta (2010) Las zonas metropolitanas mexicanas tienen ventajas que confirman su



fuerza para atraer a la población, las actividades sociales y las inversiones económicas:

Concentran ventajas de localización (economías) para los actores económicos y sociales por encima de la mayoría de las ciudades de sus respectivas regiones, lo que las convierte en polos de atracción.

Ofrecen mejores condiciones de vida por la variedad de empleo y oferta de todo tipo de servicios.

Pueden ser más eficientes en la provisión de servicios y equipamientos sociales y de apoyo a la producción.

Por otra parte, tienen una problemática que se deriva esencialmente de cuatro aspectos:

- Tienen un patrón de crecimiento socio urbano dinámico y tendiente al desorden y la insustentabilidad, especialmente en sus periferias.
- Presentan enormes rezagos en la dotación de servicios e infraestructura urbana básica, especialmente para los más pobres.
- Carecen de recursos financieros para afrontar las demandas sociales, derivado de la baja institucionalidad y eficacia financiera y fiscal de sus gobiernos.
- Carecen de un adecuado marco legal e institucional de coordinación intergubernamental.

Pero en la otra cara de la moneda, las experiencias de la Gestión Metropolitana en otros lugares de México no han sido del todo exitosas, Las políticas urbanas y de poder en una zona metropolitana, también son abordadas por Vargas González (2011) refiriéndose al caso de Pachuca y Mineral de la Reforma, en donde también participan 7 municipios, y se han generado gran cantidad de conflictos en aspectos como límites, jurisdicciones, indefinición de instancias, disputa de los recursos económicos asignados a la ZM de Pachuca y competencias de actuación, se ha planteando la posibilidad de un reordenamiento territorial y actualización de los acuerdos que incluya una planeación urbana actualizada.

En la Zona Metropolitana de Querétaro, Serna (2006) aborda la complejidad de la relación que existe entre la Ciudad de Querétaro y el municipio de Huimilpan de carácter rural, que aunque alejado de la mancha urbana, tiene la suficiente cercanía para ser influido en lo social y lo económico por las diferentes fuerzas que tratan de ahogar sus actividades insertas en el sector

primario, se comenta además, que el municipio aunque gran productor de maíz, no se ha beneficiado con la Metropolización y su grado de marginalización en vez de reducirse ha aumentado.

## Conclusiones

De acuerdo a la información Obtenida y según las estadísticas, Sonora se considera como un estado con un IDH alto, resultando de la calificación de IDH municipal de los municipios donde se encuentran las localidades más grandes, seis de sus municipios albergan el 70 % de la Población del estado (Hermosillo, Cajeme, Nogales, San Luis Río Colorado, Guaymas y Navojoa), un común denominador de éstas ciudades es su alto grado de urbanización, de industrialización y de equipamiento urbano.

Las autoridades municipales voltean hacia la posibilidad de integrar una Zona Metropolitana (ZM), y con ello la posibilidad de acceder a recursos destinados a ésta forma de organización., se trató de definir los principales requerimientos para integrar una ZM, sus ventajas, pero también las dificultades por las que pasan algunas ZM ya integradas.

Independientemente de la manera en que se pudiera integrar una ZM en el Valle del Yaqui, el mayor reto a afrontar es el de la Coordinación en la Gestión de la ZM y en definir el Rol que cada municipio participante debe desempeñar.

## Referencias

- Garrocho, C. (2013). *Dinámica de las Ciudades de México en el Siglo XXI. Cinco vectores clave para el desarrollo sostenible*. Estado de México : El Colegio Mexiquense: Consejo Nacional de Población: Fondo de Población de la Naciones unidas.
- Garza, G. (abril-junio de 2007). La urbanización Metropolitana en México: Normatividad y características socioeconómicas. *Papeles de Población*(52), 77-108.
- Quijano Vega, G. (2007). La importancia de la Competitividad Económica en el Desarrollo de los Municipios Sonorenses. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*.
- Secretaría de Desarrollo Social et al. (2012). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2010*. México: SEDESOL; CONAPO; INEGI.

Sobrino, J. (1993). *Gobierno y Administración Metropolitana Regional*. México: Instituto Nacional de Administración Pública A. C.

Unikel, L. (1978). *El desarrollo urbano de México: Diagnóstico e implicaciones futuras*. México: El Colegio de México.

Contacto:

Mtro. Neptalí Marcial Chávez, Maestro en Arquitectura por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Profesor de tiempo completo, líder del Cuerpo Académico Arquitectura Sostenible y Gestión Ambiental ITESCA.  
nmarcial@itesca.edu.mx

Mtro. Juan Eduardo Aguilar Ángeles, Maestro en Arquitectura por la Universidad Autónoma de Sinaloa, Coordinador del programa de Posgrado Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana de ITESCA, Colaborador del Cuerpo Académico Arquitectura Sostenible y Gestión Ambiental.  
eaguilar@itesca.edu.mx

Mtro. Bruno García Llanes, Maestro en Arquitectura por la Universidad Autónoma de Sinaloa, Profesor de tiempo completo, miembro del Cuerpo Académico Arquitectura Sostenible y Gestión Ambiental ITESCA.  
bgarcia@itesca.edu.mx