

Vol. 1. Num. 1. 2006

Info **C**iencia



CIESPEL

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
SEDE LATACUNGA**

Revista
INFOCIENCIA

EDITOR

José Luis Carrillo M.
Docente de la ESPE-L
Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga
Email: carrillojl@ltga.espe.edu.ec
Latacunga - Ecuador

COMITÉ EDITORIAL

William Aragón C.
Tern. de E.M.
Director

Ing. Eddie Galarza Z.
Jefe de Apoyo Académico

Ing. Nancy Guerrón
Director de Carrera Electrónica

Ing. Maria Navas
Directora del Instituto
de Ciencias Básicas

Ing. Santiago Jácome
Decano de la Facultad de
Sistemas e Informática

Cecil Aguirre C.
Mayo del C.S.M.
Subdirector

Ing. Juan Castro
Director de Carrera Automotriz

Ing. Pablo Mena
Director de Carrera Electromecánica

Ing. Galo Vásquez
Decano de la Facultad de
Ciencias Administrativas

Ing. José Luis Carrillo M.
Docente de la ESPE-L

Comité Editor

Lcdo. Romeo Carvajal
Relaciones Públicas

Formato de Texto

José Luis Carrillo M.
Docente de la ESPE-L
Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga

Responsable Legal: ESPE SEDE LATACUNGA
Quijano y Ordóñez y Hermanas Páez
Telf.: (03) 2810206 / Fax: (03) 2810208
<http://webltga.espe.edu.ec>

ISSN 1390-339X
® 2006 ESPE, Latacunga - Ecuador

PRESENTACIÓN

La ciencia, como forma de conocimiento que predomina en el mundo contemporáneo, es creada por una labor multifacética de individuos especiales en centros e institutos, en universidades, empresas y laboratorios.

Esta revista científica es una muestra del quehacer científico de la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, abarca varias líneas o campos en los que se hace investigación en nuestra Sede. Doce son los artículos de gran interés para quienes buscan nutrirse de conocimiento nuevo.

Uno de los grandes problemas que enfrenta un investigador surge cuando tiene que dar a conocer sus resultados o socializarlos, si escribir no es tarea fácil, lo es más cuando el mundo actual se mueve en una especie de estándares de todo lo posible, se incluye entonces el vocabulario científico y la tarea se complica; además, disponer de un medio de publicación acreditado que recoja su trabajo se convierte en una suerte de aventurero. A partir de esta problemática, la presente edición de la revista Infociencia de la ESPEL tiene el objetivo de proponer soluciones a los problemas y que sean conocidos por todos: comunidad científica, profesionales, alumnos y la sociedad en general.

Esta publicación intenta además transmitir a los estudiantes el espíritu y el valor del aprendizaje independiente, y les ayudará a advertir que dicho aprendizaje es una parte excitante de su experiencia universitaria.

Cumplimos así con el epílogo ineludible de una investigación, entendida como tal a la publicación de sus resultados con el fin de que puedan ser compartidos y contrastados por el resto de la comunidad científica, en la revista Infociencia el investigador politécnico encuentra su tribuna, para que esos trabajos debidamente validados, se incorporen a la gigantesca enciclopedia del saber humano.

Ing. William Aragón Cevallos
Tcrn. de EM
DIRECTOR ESPE-L

PROLÓGO

En esta nueva era, caracterizada por el poder de la información y la riqueza del conocimiento, corresponde a la universidad, por su propia naturaleza, realinear su modo de ser con su modo de hacer.

La universidad, para que logre ser trascendente, debe convertirse en fuente y reservorio del conocimiento de la sociedad. A través de procesos de investigación científica y tecnológica contextualizados en su entorno, pero con visión global, debe propiciar la generación, aplicación, transferencia y gestión del conocimiento. Adicionalmente, sobre una sólida base humanista y ética, en el mediano plazo debe expandir sus capacidades endógenas, para lograr la transformación socio - cultural de la sociedad a la que por principio se debe.

Por extensión de estos conceptos hacia la comunidad académica, le corresponde al profesor universitario, formarse permanentemente para descubrir, adaptar, aplicar, transferir y difundir el conocimiento científico y tecnológico. Esto es, balancear y desarrollar sus cuatro ejes de actuación fundamentales: como investigador, como pedagogo, como profesional y como especialista en algún campo del conocimiento.

Bajo estas premisas, es grato presentar en esta edición especial de INFOCIENCIA, los resultados de investigaciones realizadas por distinguidos profesores del Centro de Investigaciones Científicas de la Escuela Superior Politécnica del Ejército; y, en particular, profesores investigadores de la Sede Latacunga. Los campos de conocimiento de las investigaciones realizadas, incluyen: la ingeniería de estructuras, la automatización y el control industrial, la ingeniería automotriz, la electrónica y los sistemas digitales, la informática y las ciencias de computación; y, la modelación matemática.

Finalmente, agradeciendo por la gentil invitación para presentar este número, espero que INFOCIENCIA, a más de constituirse en un medio de difusión, popularice, transfiera y promueva la discusión académica de los resultados presentados. A nombre de los editores me permito dirigirme a usted amable lector para invitarle a presentar sus comentarios, observaciones o contribuciones que permitirán cristalizar los objetivos y metas que han sido propuestos.

Cordialmente,

*Dr. Hugo A. Banda Gamboa
Ex-Director de Investigación Científica de FUNDACYT
hbanda@ieee.org*

Revista INFOCIENCIA

Sumario
Vol. 1, N°. 1, 2006

RELACIÓN ENTRE EL CÁLCULO INELÁSTICO A ELÁSTICO DE LA DERIVA MÁXIMA DE PISO CON RESPECTO A LA DERIVA GLOBAL	1
<i>Dr. Roberto Aguiar, Anuar González, Gonzalo Huidobro Carlos Bobadilla y Carolina Robalino</i>	
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL Y PUESTA EN MARCHA DE MÁQUINAS INDUSTRIALES. CASO PRÁCTICO: EMPACADORA CASSOLI PAC600R	7
<i>Ing. Fausto Danilo Tapia Molina, Ing. José María Rodríguez Rivera</i>	
DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA ENTRENAMIENTO EN INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA	15
<i>Ing. Germán Erazo Laverde. Ing. José L. Quiroz Erazo. Ing. Leonidas Quiroz Erazo</i>	
DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE CARROCERÍA DE BUS POR COMPUTADORA BAJO NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES	21
<i>Ing. Marco Andrés Orosco, Ing. Juan Carlos Velásquez</i>	
UNA PROPUESTA METODOLÓGICA NUEVA CON TÉCNICAS HÍBRIDAS YA CONOCIDAS.	25
<i>Ing. Julio Francisco Acosta Núñez.</i>	
DISEÑO DE FILTROS DIGITALES PASABAJOS MEDIANTE EL MUESTREO DE LA FRECUENCIA	37
<i>Ing. Eddie E. Galarza Z.</i>	
TRANSFORMADA WAVELET PARA LA REDUCCIÓN DE RUIDO EN SEÑALES ACUSTICAS	43
<i>Ing. Armando F. Alvarez S.</i>	
UTILIZACIÓN DE LOS ESTÁNDARES IEEE EN LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE MÉTRICA 3	49
<i>Ing. Gladys Aguagallo Lema, Ing. Paulina Cañizares Cueva</i>	
APLICACIÓN DE MÉTODOS MATEMÁTICOS EN EL RECONOCIMIENTO DE CARACTERES NUMÉRICOS	53
<i>Ing. José Luis Carrillo Medina</i>	
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVIDOR DE DATOS OPC, Y UN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PARA MICROCONTROLADORES	61
<i>Ing. Marco Antonio Salazar Altamirano</i>	
FORMULACIÓN DE MEZCLAS ALIMENTICIAS IDEALES DE BAJO COSTO	67
<i>Ing. Mario Gonzalo Mayorga Román</i>	
MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	71
<i>Dr. Marcelo Román V.</i>	

RELACIÓN ENTRE EL CÁLCULO INELÁSTICO A ELÁSTICO DE LA DERIVA MÁXIMA DE PISO CON RESPECTO A LA DERIVA GLOBAL

Roberto Aguiar⁽¹⁾, Anuar González⁽²⁾, Gonzalo Huidobro⁽¹⁾ Carlos Bobadilla⁽¹⁾ y Carolina Robalino⁽¹⁾

(1) Centro de Investigaciones Científicas

Escuela Politécnica del Ejército

Quito-Ecuador

raguiar@espe.edu.ec, lioncarl007@hotmail.com, iveth_carolina@hotmail.com

(2) Escuela de Ingeniería Civil

Universidad Técnica de Manabí

Portoviejo-Ecuador

Resumen: Se ha encontrado la respuesta lineal y no lineal de 72 estructuras de hormigón armado, sin muros de corte, ante la acción de 27 registros sísmicos de Colombia, Ecuador, Perú, Chile y Argentina y se ha determinado la relación que existe entre el cálculo inelástico con el cálculo elástico de la deriva máxima de piso con respecto a la deriva global. De los 1944 valores obtenidos se presenta una ecuación para ésta relación, la misma que sirve para la evaluación rápida de la deriva de piso máxima.

Palabras claves: Deriva máxima de piso, deriva global.

I. INTRODUCCIÓN

En la última década varios investigadores, Ordaz et al (2005), Olarte et al. (2005), Zavala et al (2004), Gupta y Krawinkler (2000), entre otros, se encuentran trabajando en una metodología para evaluar, en forma rápida, la vulnerabilidad sísmica de las estructuras a partir de la deriva máxima de piso. Para el efecto han propuesto expresiones de cálculo en base a registros sísmicos y sistemas constructivos de la región en que viven. Tres de los trabajos citados parten de la ecuación propuesta por Miranda (1997) para evaluar la deriva máxima de piso y es la siguiente:

donde β_1 es el valor de paso del sistema de un grado de libertad al sistema de múltiples grados de libertad; β_2 es un factor de amplificación que permite determinar la distorsión máxima de

entrepiso a partir de la deriva global de la estructura; β_3 es un factor que permite calcular los desplazamientos laterales máximos con comportamiento inelástico a partir de los máximos desplazamientos laterales con comportamiento elástico; β_4 es un factor que sirve para determinar el cociente entre la distorsión máxima de entrepiso y la distorsión global, pero calculado en una estructura con comportamiento inelástico con relación a la misma relación pero calculada con comportamiento elástico; H es la altura total del edificio y S_d es el desplazamiento espectral elástico asociado al período efectivo T_e de la estructura.

En este trabajo se determina el parámetro, β_1 a partir del análisis sísmico de 72 estructuras que responden a la forma como se construye en el Ecuador ante la acción de 27 registros sísmicos de Colombia (9), Ecuador (1), Perú (7), Chile (8) y Argentina (2). De esta forma se calibra el parámetro, β_1 para ser utilizado en futuros estudios de vulnerabilidad sísmica de estructuras situadas en Sur América y que tengan similares características a las aquí analizadas.

II. PARÁMETRO β_1

Se define la deriva global γ_g como la relación entre el desplazamiento lateral máximo D_l con respecto a la altura total del edificio y se define la deriva máxima de piso como el mayor valor de las derivas de cada piso, γ las mismas que se obtienen dividiendo el desplazamiento relativo de piso para la altura del entrepiso. El parámetro β_1 se define de la siguiente manera:

$$\gamma = \frac{\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4}{H} S_d \quad (1)$$

El numerador de la ecuación (2) representa la relación entre la deriva máxima de piso con respecto a la deriva global, pero calculada mediante análisis no lineal y el denominador

$$\beta_4 = \frac{\frac{\gamma}{\gamma_g} \downarrow \text{NEUMSTICO}}{\frac{\gamma}{\gamma_g} \downarrow \text{ELASTICO}} \quad (2)$$

representa la misma relación pero obtenida mediante análisis lineal. Miranda (1999) considera a β_l como un factor de seguridad al cálculo de la deriva máxima de piso y recomienda la siguiente ecuación para su evaluación:

Donde μ es la demanda de ductilidad y N es el número de pisos de la estructura. La ecuación que se obtiene en este estudio se comparará con la ecuación (3).

$$\beta_4 = 1 + \frac{\mu}{30} + \frac{N}{200} \quad (3)$$

III. ESTRUCTURAS Y SISMOS DE ANÁLISIS

Se analizaron 72 estructuras de hormigón armado de 1 a 6 pisos con la configuración en planta indicada en la figura 1. La armadura

longitudinal de las columnas varió de 1% a 2% y la armadura longitudinal de las vigas varió de 0.5% a 1.5%. Los casos considerados de armado se indican en la tabla 1; el refuerzo transversal tanto de vigas como de columnas se consideró de 8 mm. de diámetro, espaciado cada 10 en los extremos del elemento y cada 20 cm. en el centro de luz.

Las estructuras responden a la forma como se construye en el Ecuador, cuya tendencia es no tener vigas descolgadas, por este motivo el ancho de las vigas es mayor que el peralte; no son vigas banda, ya que aparece una pequeña dimensión de la viga fuera de la losa. Para tener una idea de las dimensiones utilizadas se indica que en las construcciones de 1 piso las vigas fueron de 20/20 y en las de 6 pisos de 60/30; la primera dimensión corresponde a la base y la segunda a la altura de la sección transversal. Para las edificaciones de 1 piso las columnas son de 20/20 y para las de 6 pisos de 45/45; las dimensiones se han expresado en centímetros. Huidobro (2006), Bobadilla (2006), Robalino (2006).

La carga vertical varió desde 400 Kg/m² para las estructuras de 1 piso a 700 kg/m² para las estructuras de 6 pisos. El hormigón utilizado tiene una resistencia máxima a la compresión de 21 MPa y el acero un límite de fluencia de 420 MPa.

Se consideró el modelo de Kent y Park (1971) para el comportamiento del hormigón

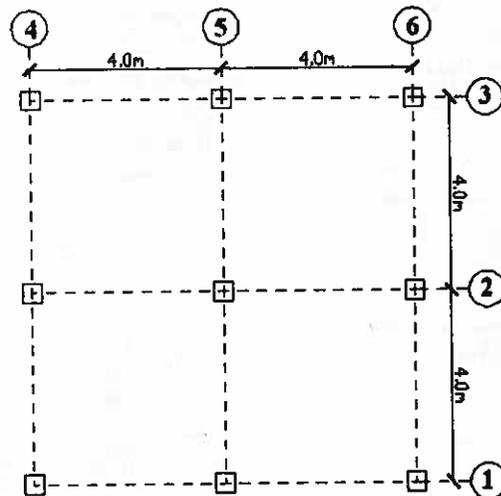


Fig. 1 Planta tipo de edificios analizados.

Caso	Cuantía de columna ρ en %	Cuantía de armadura inferior ρ de viga	Cuantía de la armadura superior de viga ρ en %
1	1.0	0.50	0.75
2	1.0	0.75	1.00
3	1.0	1.00	1.25
4	1.0	1.25	1.50
5	1.5	0.50	0.75
6	1.5	0.75	1.00
7	1.5	1.00	1.25
8	1.5	1.25	1.50
9	2.0	0.50	0.75
10	2.0	0.75	1.00
11	2.0	1.00	1.25
12	2.0	1.25	1.50

Tab. 1 Armadura longitudinal y transversal considerada en el estudio.

confinado y el modelo trilineal para el acero que contempla incremento de resistencia en la zona de endurecimiento. Por otra parte se utilizó el modelo de histéresis de Park et al. (1987) que contempla deterioro de rigidez en la descarga, deterioro de resistencia y efecto pinching o de cierre de grietas. Todo esto para

el análisis no lineal que fue realizado mediante la utilización del programa IDARC.

Los 27 registros sísmicos utilizados en el estudio se indican en la tabla 2 y fueron seleccionados porque la aceleración máxima es mayor al 10% de la aceleración de la gravedad.

CÓDIGO	ESTACIÓN	PAÍS	FECHA	MAGNITUD	ACELERACIÓN MÁXIMA [gals]
05a	CESAR VIZCARRA VARGAS	PERU	23/06/2001	6.9	-295.2
05b	CESAR VIZCARRA VARGAS	PERÚ	23/06/2001	6.9	234.0
03b	PARQUE DE LA RESERVA	PERU	17/10/1966	6.4	-180.6
08b	ESTACIÓN SURCO	PERU	03/10/1974	6.2	-207.1
07a	PARQUE DE LA RESERVA	PERU	03/10/1974	6.2	-192.5
08a	ESTACION SURCO	PERU	03/10/1974	6.2	192.3
09b	ESTACION ZARATE	PERU	05/01/1974	6.6	-156.2
31a	ARMENIA (CARME)	COLOMBIA	25/01/1999	6.2	518.4
31b	ARMENIA (CARME)	COLOMBIA	25/01/1999	6.2	-680.1
32a	FILANDIA (CFLAN)	COLOMBIA	25/01/1999	6.2	554.9
32b	FILANDIA (CFLAN)	COLOMBIA	25/01/1999	6.2	-477.8
33a	PEREIRA (CPER)	COLOMBIA	25/01/1999	6.2	-207.8
33b	PEREIRA (CPER)	COLOMBIA	25/01/1999	6.2	-141.5
34a	RICAU RTE (CRICA)	COLOMBIA	17/07/1996	3.07	132.4
34b	RICAU RTE (CRICA)	COLOMBIA	17/07/1996	3.07	-124.8
35	PEREIRA(MAZDA) RISARALDA(CMAZPA)	COLOMBIA	19/02/1997	6.10	127.5
30a	SSA2EVT S/N 1428	ARGENTINA	23/08/2005	4.9	164.07
30B	SSA2EVT S/N 1428	ARGENTINA	23/08/2005	4.9	-128.96
18a	VALPARAISO EL ALMENDRAL	CHILE	09/03/1985	7.8	292.0
19	COLBUN	CHILE	09/03/1985	7.8	477.0
18b	VALPARAISO EL ALMENDRAL	CHILE	09/03/1985	7.8	-163.0
17b	VIÑA DEL MAR (UNIVERSITY OF CHILE)	CHILE	09/03/1985	7.8	356.0
17a	VIÑA DEL MAR (UNIVERSITY OF CHILE)	CHILE	09/03/1985	7.8	-233.0
16b	LLOLLEO(UNIVERSITY OF CHILE)	CHILE	09/03/1985	7.8	-698.0
15a	LLOLLEO	CHILE	08/04/1985	7.2	-167.0
14a	SAN FELIPE	CHILE	09/03/1985	7.8	-303.0
40	ESMERALDAS	ECUADOR	06/1989		210.19

Tab. 2 Parámetros más importantes de los sismos considerados en el estudio.

Caso 1

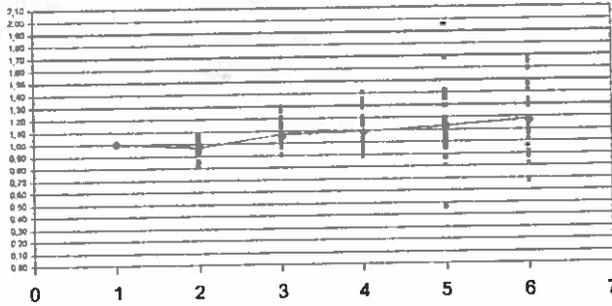


Fig. 2 Valores de β_1 para las estructuras con armadura correspondiente a CASO 1.

IV. RESULTADOS

En la figura 2 se presentan los valores obtenidos con la ecuación (2) para las estructuras de 1 a 6 pisos cuya armadura longitudinal corresponde al caso 1 indicado en la tabla 1. En González (2006) se presentan las curvas para los doce casos de estudio.

Para las estructuras de 6 pisos se han planteado 27 puntos que corresponden a los sismos de análisis, lo propio se tiene para las restantes estructuras en la figura 2. Con línea continua y uniendo todos los pisos se presenta la curva de valores medios que empieza en 1 para estructuras de 1 piso y termina en un valor cercano a 1.2 para estructuras de 6 pisos.

En la figura 3 se muestran las curvas de valores medios obtenidas para los 12 casos de armado considerados en el estudio. Se aprecia que los menores valores se presentan para las

estructuras de 2 pisos y tienen un valor ligeramente inferior a 1 y el mayor valor se tienen en la estructura de 5 pisos con un valor alrededor de 1.4. Se indica además, con línea un poco más gruesa, la curva de valores medios de todas estas gráficas, la misma que también se indica en la figura 4.

En la figura 4 se aprecia que la tendencia de la curva de valores medios de todos los casos que viene a representar la curva media de los 1944 valores obtenidos en el estudio, tiende a ser lineal con una pendiente positiva, razón por la cual se ajustó estos puntos con la recta indicada en la ecuación 4 y que está en función del número de pisos N .

$$\beta_1 = 0.029 N + 0.9796 \quad (4)$$

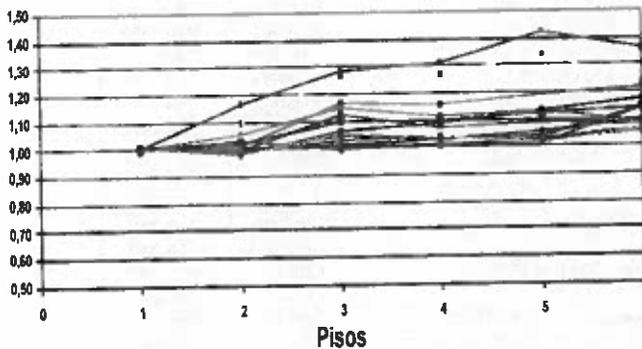


Fig. 3 Curvas de valores medios de β_1 para cada caso de análisis

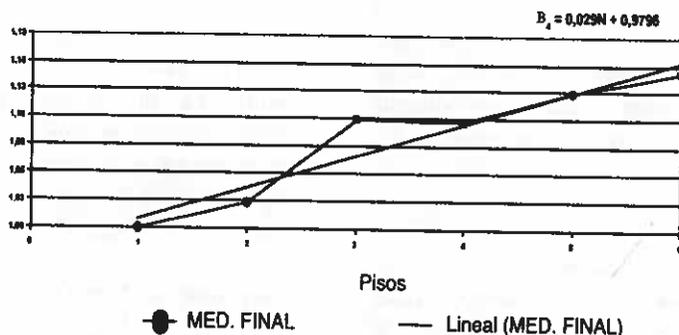


Fig. 4 Ajuste de puntos obtenidos en el estudio con una recta.

En la figura 5 se presenta las desviaciones estándar encontradas para las estructuras de 1 a 6 pisos, la mayor desviación se tiene para los edificios de 5 pisos con un valor de 0.135,

realmente son bajos los valores encontrados y ésto se debe a que los puntos encontrados estaban bastante agrupados

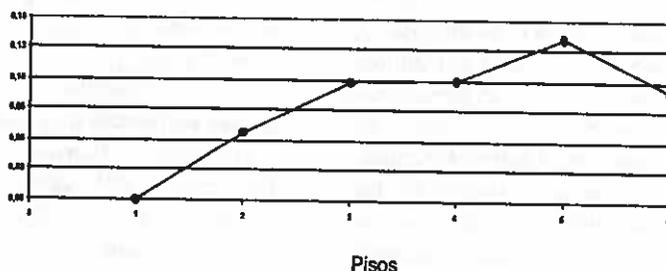


Fig. 5 Desviación estándar encontradas en el estudio.

V. DISCUSIÓN

En la figura 6 se compara la curva obtenida en el estudio con las curvas propuestas por Miranda (1999) para ductilidades de 2, 3 y 4. Se observa que la curva propuesta reporta valores similares a los que indica la ecuación de

Miranda lo cual da seguridad a la investigación realizada.

Para estructuras de 1 piso el valor de tiene que ser 1 ya que la deriva máxima de piso es igual a la deriva global de la estructura, ésto

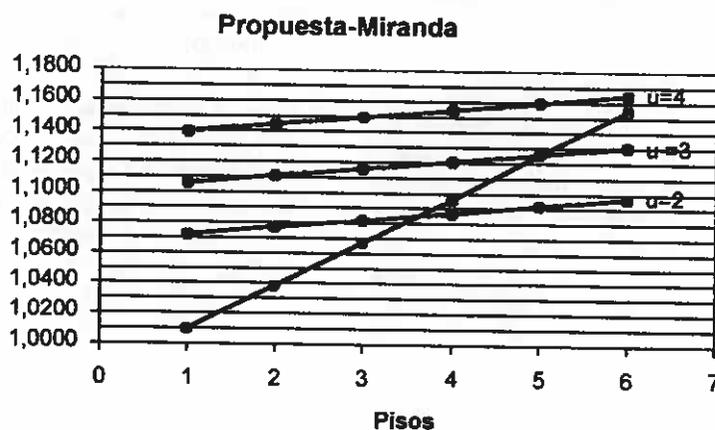


Fig. 6 Comparación de curva propuesta en el estudio con resultados de Miranda (1999).

es valido tanto para el análisis lineal como no lineal. En el estudio realizado se tiene que para estructuras de 1 piso y los valores que se obtienen con la ecuación propuesta por Miranda (1999) reporta valores ligeramente mayores.

No se trata de ver si la ecuación propuesta en el estudio es mejor o peor que la recomendada por Miranda (1999), en buena hora que reporta resultados parecidos. Lo que se quería es tener una ecuación que responda al sistema como se construye en el Ecuador y que se tome en cuenta los sismos que se registran en América del Sur.

VI. CONCLUSIONES

- Se ha encontrado el parámetro que sirve para la evaluación rápida de la deriva máxima de pisos, después de haber encontrado la respuesta en el tiempo de 72 estructuras de hormigón armado, sin muros de corte, ante la acción de 27 acelerogramas de eventos sísmicos registrados en Colombia, Ecuador, Perú, Chile y Argentina. La respuesta en el tiempo se obtuvo de dos maneras: la primera utilizando un programa de análisis no lineal y la segunda empleando un programa de análisis lineal. Del estudio realizado se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\beta_4 = 0.029 N + 0.9796$$

Donde N es el número de pisos. La ecuación propuesta deberá utilizarse para determinar el parámetro β_4 en la evaluación de la deriva máxima de piso en edificios de hormigón armado sin muros de corte, situados en América del Sur

VII. REFERENCIAS

- [1] Bobadilla C., (2006) Curvas de Fragilidad y evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica de estructuras, Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica del Ejército, Quito.
- [2] González A., (2006) Evaluación rápida de la deriva máxima de piso. Cálculo del parámetro β_4 , Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo.
- [3] Gupta A., and Krawinkler H., (2000), "Estimation of seismic drift demands for frame structures", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 28, 1287-1305.
- [4] Huidobro G., (2006), Relación entre la deriva máxima de piso y la deriva global en Estructuras de Hormigón Armado, Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Civil. Escuela Politécnica del Ejército, Quito.
- [5] Kent D., and Park R., (1971), "Flexural members with confined concrete", *Journal of Structural Division, ASCE*, Vol. 97, ST7, 1969-1990.
- [6] Miranda E., (1997), "Estimation of maximum interstory drift demands in displacement-based design" *Seismic design methodologies for the next generation of codes*, Krawinkler H., and Fajfar P., editor, Balkema.
- [7] Miranda E., (1999), "Approximate seismic lateral deformation demands in multistory buildings", *Journal of Structural Engineering*, 125 (4), 417-425.
- [8] Olarte J., Aguilar Z., Zavala C., Romaní S., Escobar R., (2005), "Estimación de la pérdida máxima probable PML en Lima y Callao: Aplicación a la Industria Aseguradora Peruana". XIX Simposio Internacional Últimos Avances en la Ingeniería Sísmica y Gestión del Riesgo de los Desastres, 19 p, Lima.
- [9] Ordaz M., Miranda E., Reinoso E., Santa Cruz S., (2005), "Modelo de estimación de pérdidas por sismo en México con fines de seguro", XIX Simposio Internacional Últimos Avances en la Ingeniería Sísmica y Gestión del Riesgo de los Desastres, 33 p, Lima.
- [10] Park Y., Reinhorn A., and Kunnath S., (1987), IDARC: Inelastic Damage Analysis of Reinforced Concrete Frame-Shear-Wall Structures, Technical Report NCEER-87-0008, State University of New York at Buffalo.

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL Y PUESTA EN MARCHA DE MÁQUINAS INDUSTRIALES. CASO PRÁCTICO: EMPACADORA CASSOLI PAC600R

Fausto Danilo Tapia Molina, José María Rodríguez Rivera

Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, Carrera de Electrónica e Instrumentación.

Quijano y Ordóñez y Hermanas Páez, Cotopaxi-Ecuador

faustotm@familia.com.com, jrodriv77@yahoo.com

Resumen: El presente trabajo es una síntesis del proceso de automatización y puesta en marcha de una máquina empacadora de papel tissue, pudiendo repercutir y aplicarse para procesos de otras máquinas industriales. Este prontuario será útil para quienes ejerzan actividades de diseño de proyectos de automatización industrial y estudiantes que aspiran incursionar en el mundo de la Automatización y la Instrumentación. Sin duda que el uso de estándares y directivas internacionales serán el soporte conceptual para alcanzar los objetivos trazados.

Palabras Clave: Automatización Industrial, PLC, motor eléctrico, sensor

I. INTRODUCCION

Automatización Industrial es un conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de sistemas mecánicos, eléctricos-electrónicos, unidos con los controladores lógicos programables (PLC's) o afines, para operar y controlar diferentes tipos de sistemas industriales de forma autónoma. Es un área en la que confluyen diferentes disciplinas para la solución de problemas industriales. Los problemas de eficiencia, productividad, calidad, decisiones estratégicas y diseño de procesos, tanto en el ámbito de producción y planta como a nivel gerencial son también problemas de Automatización Industrial [1].

En el contexto industrial la automatización es una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos y electrónicos basados en la informática en la operación y control de la producción. Este concepto, para ser actualizado, debe incluir el uso de robots. El robot industrial forma parte del progresivo desarrollo de la automatización industrial, favorecido notablemente por el avance de las técnicas de control por computadora y contribuye de manera decisiva a la

automatización en los procesos de fabricación de series de mediana y pequeña escala.

El sector industrial del país experimenta actualmente un estado de transición tecnológica para alcanzar la automatización de sus procesos de producción realizado por máquinas. Lejos de analizar la conveniencia o no de la automatización de máquinas industriales, que más bien es producto de un análisis de Gerencia, la factibilidad de ejecutar la automatización de una máquina industrial reviste dos opciones:

- 1) Update: Entendido como el proceso de automatización de la máquina, sin mayores cambios de hardware, centrandose su objetivo más bien en la actualización de componentes, y en el caso del o los PLC's, que son el actor principal, significa actualizar el firmware, o cambios en el software de aplicación.
- 2) Upgrade: Es un proceso de automatización más completo, que implica cambios más radicales en hardware, cambios en las técnicas de control tales como: incluir PLC's en lugar de relés electromecánicos o sistemas neumáticos.

El propósito de ambas acciones será reutilizar la máquina y alargar su vida útil.

Máquina, de acuerdo a la Directiva 98/37/CE[2], del Parlamento Europeo, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, es:

Un conjunto de piezas u órganos unidos entre ellos, de los cuales uno por lo menos habrá de ser móvil y, en su caso, de órganos de accionamiento, circuitos de mando y de potencia, etc., asociados de forma solidaria para una aplicación determinada, en particular para la

transformación, tratamiento, desplazamiento y acondicionamiento de un material.

Un conjunto de máquinas que, para llegar a un mismo resultado, estén dispuestas y accionadas para funcionar solidariamente.

II. PROCESO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINAS

Desde el punto de vista de los autores, para cualquiera de las acciones de automatización: Update o Upgrade, se propone el siguiente proceso:

- 1) Identificación del problema.
- 2) Selección de la plataforma de automatización.
- 3) Análisis y Diseño
- 4) Montaje e Instalaciones Industriales.
- 5) Puesta en Marcha.

A. Identificación del Problema

La Planta de Productos "Familia-Sancela del Ecuador S.A." se dedica al procesamiento de papel reciclado y pulpa de madera obteniendo papel para aseo personal, conocido en la industria papelera como papel tissue, a través de un proceso de transformación y conversión.

Se llama papel tissue a un papel suave y absorbente para uso doméstico y sanitario, que se caracteriza por ser de bajo peso y crepado, es decir, con toda su superficie cubierta de microarrugas, las que le confieren elasticidad, absorción y suavidad. El crepado aumenta la superficie específica del papel y abre las fibras,

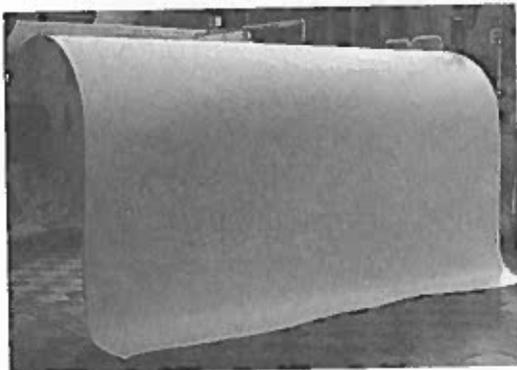


Fig. 1 Papel Tissue

permitiendo mayor capacidad de absorción y mayor flexibilidad que las de una hoja de papel corriente [3].

Resultados del análisis preliminar consistente en: reconocimiento de la máquina Cassoli PAC 600R, secuencia de funcionamiento, entrevista con técnicos eléctricos, mecánicos y operadores de máquinas similares, contraste de los tableros actuales con los planos eléctricos, se identifican los siguientes problemas;

- Máquina fuera de operación por tiempo prolongado.
- Falta de sensores, componentes neumáticos y mecánicos.
- Alteración de las conexiones eléctricas en contraste con los planos originales.
- Ausencia de los planos neumáticos.
- PLC Texas Instruments 5TI, fuera de operación y obsoleto.

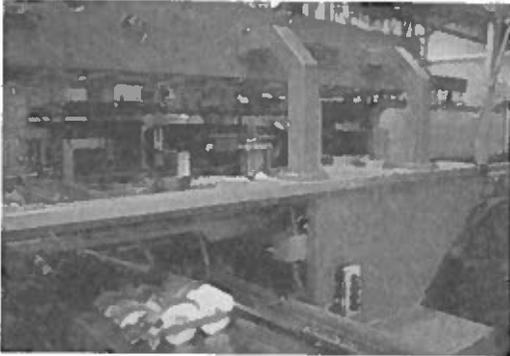
1. Descripción de la Máquina Empacadora Cassoli PAC 600R[4]

Es una máquina de empaqueo con funciones electromecánicas, manejada por un motor eléctrico acoplado a dos poleas que permiten modificar la velocidad de la máquina y que conectadas a una caja de engranajes accionan un programador o túnel de levas. El programador de levas permite controlar la secuencia principal del funcionamiento de la máquina. Este mecanismo es semejante a los programadores mecánicos que disponen ciertos calderos.

El transportador de alimentación de los rollos tissue es manejado por el sistema de tracción de la máquina transmitido por una cadena a 90° de la caja de engranajes; mientras que por medio de una banda dentada permite la alimentación del polietileno desde la parte superior.

Un conjunto de sensores inductivos detecta la presencia del rollo de polietileno para permitir el desenrollado y la alimentación al sistema de empaqueo. Esta sección tiene su propio controlador de velocidad, un sistema centrador de taca y un transformador elevador de tensión que, por principio electrostático, mantiene al polietileno pegado y libre de pliegues al alimentador de la máquina.

Los rollos tissue ingresan en dos ciclos de seis unidades, formando un empaque final de doce rollos. A través de un sistema de movimiento y pliegues mecánicos, se forma la envoltura que es sellada térmicamente por planchas metálicas que son calentadas por resistencias eléctricas.



Vista de una Sección de la Máquina PAC600R

Al final del sistema de sellado se utiliza una unidad de refrigeración a través de dos planchas laterales que, por el efecto de choque térmico, mejoran la calidad del sellado.

La alimentación del polietileno y el sistema de sellado son manejados independientemente por motores eléctricos y sistemas reductores de velocidad.

B. Selección de la Plataforma de Automatización

Por aspectos de homologación tecnológica de la empresa, entendido como la estandarización de plataformas de control, que permitan el mejor desempeño para las tareas de mantenimiento, el proceso de automatización a seguir, se considera de la siguiente manera:

Reemplazo del PLC, diseño y montaje de los tableros de control, sensores y actuadores; empleo de variadores de velocidad para el manejo del motor principal de la máquina y del debobinador de polietileno e implementación de un sistema HMI con fines de mantenimiento y monitoreo del estado de la máquina, lo que implicará el establecimiento de una comunicación entre dispositivos de entrada/salida y control.

Haciendo analogía con la Ingeniería de Software, para el diseño bajo el estándar IEEE

830[5], se estimó conveniente realizar para este proyecto de automatización y puesta en marcha, el documento de especificación de requisitos del sistema, consistente en la fijación del alcance, prestaciones y seguridades, es decir, un acuerdo fijado con el cliente, en este caso los Departamentos de Mantenimiento Eléctrico, Producción y Mantenimiento Mecánico, con el propósito de evaluar el progreso y los resultados finales, en base al mencionado documento.

Para el efecto, se acordó que la automatización se lleve a cabo en los siguientes términos:

1. Upgrade del PLC. De acuerdo a los lineamientos de la empresa se optó por la plataforma Siemens Simatic S7-300. Este proceso es uno de los más importantes, porque consiste en analizar el listado del programa del PLC fuera de servicio (Texas Instruments STI), interpretar, rediseñar y optimizar la lógica de control de acuerdo a las nuevas condiciones de servicio, establecidas por el Cliente.
2. Upgrade de los controladores de temperatura de los selladores laterales, inferior y de la unidad de refrigeración.
3. Reutilización de tableros, sensores, actuadores y demás componentes eléctricos y electrónicos que satisfagan los requisitos técnicos.
4. Implementación de controles de velocidad a través de variadores de frecuencia, para el motor principal de la máquina y para el motor debobinador de polietileno.
5. Selección de sensores electrónicos y electromecánicos que garanticen la mayor vida útil posible.
6. Diseño de un sistema de visualización de estado de funcionamiento de la máquina y de un código de alarmas que faciliten el mantenimiento y reparación de la misma reduciendo los tiempos muertos.
7. Interpretar el funcionamiento del sistema neumático de la máquina.
8. Generar la documentación técnica necesaria: planos eléctricos, neumáticos, respaldo de los programas, listados de parámetros de los variadores de velocidad y controladores de temperatura, así como el manual de operación y mantenimiento del equipo.

C. *Análisis y Diseño*

Para la realización del proyecto, los autores han estimado conveniente plantear la solución del problema, representado en el siguiente diagrama de bloques. Ver figura 3

B1.- Representa al PLC que se emplea en el proyecto, corresponde el PLC de plataforma escalable Siemens Simatic S7-300. Este se encargará de controlar el funcionamiento de la máquina empacadora Casolli PAC-600R con los estados provenientes de los sensores que ingresan al mismo, gestionar las alarmas y comunicar el estado del proceso a un Panel de Operación o pantalla (OP).

B2.- Túnel o programador de levas permite controlar la secuencia principal del funcionamiento de la máquina. Estas levas están maquinadas en acero inoxidable y acopladas al motor principal de la máquina a través de un sistema de engranajes y poleas. Las señales son reconocidas por el PLC por medio de sensores de proximidad inductivos.

B3.- Sensores de proximidad. A más de los que ya están ubicados en el túnel de levas se emplean una gran cantidad de sensores de proximidad inductivos, fotoeléctricos y finales de carrera, que envían al PLC estados de presencia o ausencia que sincronizan las diferentes secuencias que debe cumplir la máquina.

B4.- Botoneras. Son pulsadores de marcha y paro con contactos normalmente abiertos (NO) y normalmente cerrados (NC), respectivamente; y los interruptores de seguridad o paradas de emergencia, que permiten la operación de la máquina.

B5.- Variador de velocidad del motor principal de la máquina. Con éste se pretende controlar la velocidad de la misma desde el reposo a la velocidad nominal del motor, mejorando el sistema original que disponía de dos velocidades fijas utilizando para ello un motor dahalander (polos conmutables).

B6.- Motor principal de la máquina. Es un motor asincrónico de corriente alterna con rotor de doble jaula de ardilla, que son los más comunes en la industria y que con el desarrollo de los variadores de velocidad han desplazado a

los antiguos motores de rotor bobinado o de polos conmutables más conocidos como motores dahalander. Para el presente proyecto se deberá seleccionar el motor adecuado que cumpla con los requerimientos del sistema.

B7.- Variador de velocidad del debobinador de polietileno. A través de este equipo, el proceso de desenrollado de polietileno estará sincronizado con la velocidad de la máquina ajustado mediante el variador anterior. En el diseño original, la velocidad de desenrollado del polietileno era fija.

B8.- Es el motor asincrónico que permite debobinar el polietileno. Está acoplado con un reductor de velocidad.

B9.- Contactores. Aún cuando en un proceso de automatización industrial se reduce a la mínima expresión el uso de relés o contactores, estos son imprescindibles para comandar a los elementos de fuerza de la máquina.

B10.- Corresponde al conjunto de motores asincrónicos de corriente alterna que dan movimiento a bandas transportadoras y mecanismos de arrastre.

B11.- Representa al juego de electroválvulas que comandan a los actuadores neumáticos.

B12.- Corresponde al grupo de cilindros neumáticos y sopladores que permiten realizar el proceso de envoltura, pliegues, sellado inferior y alimentación de rollos.

B13.- Es el panel de operación donde se visualiza el estado de funcionamiento de los sensores y actuadores de la máquina, así como también alertará cuando se produzca un evento de alarma y detallará el sitio donde se origina el mismo. Como una función adicional se presentará datos de producción y de velocidad de la máquina. La comunicación con el PLC se realizará a través del puerto de comunicación MPI.

B14.- Es la representación de una PC convencional o de una computadora Siemens, denominada PG (Unidad de Programación). A través de ésta, con el empleo del software STEP 7 de

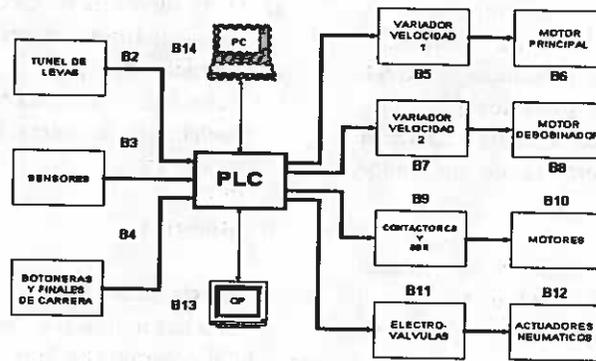


Fig. 3 Diagrama de Bloques del Sistema.

Siemens, se puede entre otras cosas: configurar el hardware, programar y monitorear en línea al PLC, simular un programa, configurar una red, etc.

Un aspecto muy importante para el diseño de máquinas de acuerdo a la Directiva 98/37/CE, son las paradas de emergencia, que deberían actuar independientemente aún sin la presencia de la lógica de control del PLC. Considerando el peor de los escenarios, si la lógica de control falla, la máquina provocará situaciones peligrosas, para el efecto las paradas de emergencia deben ser implementadas físicamente (interruptores, cableado y actuadores), desactivando los mecanismos que sean necesarios y llevando la máquina a una condición segura. Cabe indicar, que no siempre una parada de emergencia significa una parada instantánea de la máquina, tal es el caso de máquinas con gran inercia, cuya detención es amortiguada siguiendo una curva de desaceleración que equilibre la reducción de una situación peligrosa y proteja la integridad de los seres humanos y de la máquina, en ese orden de prioridad.

1. Selección de Componentes

Este es uno de los puntos neurálgicos del proyecto, puesto que la mejor selección no solo corresponde al aspecto técnico, sino que en términos de eficiencia y eficacia, es la sumatoria de ventajas técnicas, económicas y soporte técnico.

Como aporte a la Ingeniería de Automatización se resume los siguientes resultados:

a. Selección de Sensores Discretos[6]

Para la tarea de selección de sensores discretos, se va contestando y solventando las interrogantes y requerimientos de la aplicación, de acuerdo a los siguientes puntos:

- 1) Presencia/Ausencia (Proximidad)
- 2) Medición e Inspección
- 3) Características del objeto.
- 4) Requerimientos funcionales.
- 5) Características ambientales.
- 6) Requerimientos del servicio.
- 7) Montaje Físico.

b. Selección de Variadores de Velocidad y Motores Eléctricos

Los motores eléctricos para la industria son la principal fuente de energía mecánica. A más de los parámetros eléctricos y mecánicos propios de un motor eléctrico, es necesario resaltar la incidencia de otros factores como: altitud, temperatura, medio ambiente, para las consideraciones de diseño de motores eléctricos y equipos electrónicos de alta disipación de energía calorífica, como es el caso de los variadores de velocidad.

Por limitaciones de espacio de este prontuario, citamos los aspectos más relevantes de la influencia de la altitud para la selección de motores eléctricos y variadores de velocidad.

Considerando que a nivel del mar existe mayor cantidad de masa de aire, la ventilación forzada o autoventilación de los motores eléctricos permite la operación normal de los mismos a plena carga. Mientras que sobre los 1000 m.s.n.m, la menor cantidad de aire es

notorio en el incremento de la temperatura de operación. De acuerdo a la norma (Associação Brasileira de Normas Técnicas) ABNT MB216[7], establece que sobre los 1000 metros, por cada 100 metros se debe reducir la sobre elevación de temperatura de un motor eléctrico en 1%.

Compensaciones similares se realizan con los variadores de velocidad, en tal caso el factor de ajuste es especificado por cada fabricante.

Parte sustancial del diseño se complementa con el diseño, programación y puesta a punto del PLC, controladores de proceso, panel de operación, interfases HMI, etc.

D. Montaje e Instalaciones Industriales.

Los tableros o gabinetes industriales, cajas de conexión y el cableado requieren consideraciones elementales de diseño que permitan: facilidad de identificación de los componentes, orden, ventilación adecuada, inmunidad a RFI (Interferencias por Radio Frecuencia), protección contra el ingreso de objetos sólidos y de agua (norma IEC 529).

Para el efecto los tableros eléctricos fueron diseñados ubicando los componentes de la siguiente manera (desde arriba hacia abajo. Ver figuras 4 y 5):



Fig. 4 Tablero de Potencia



Fig. 5 Tablero de Control

- a) Dispositivos de protección: guardamotores, interruptores termomagnéticos, fusibles, etc.
- b) Actuadores: variadores de Velocidad, contactores de fuerza, relés de estado sólido, etc.
- c) PLC
- d) Borneras

E. Puesta en marcha.

Una vez montado e instalado el equipo y cargado el programa en la memoria de la CPU, hay que poner en marcha el sistema para comprobar que responde adecuadamente a la descripción de la tarea de control original y, en su caso realizar las correcciones y mejoras oportunas. Antes de activar la alimentación, hay que hacer una serie de comprobaciones rutinarias pero importantes:[8]

- 1.- Comprobar que todos los componentes del PLC estén en su lugar (el que corresponde a la configuración) perfectamente insertados y asegurados en sus conectores.
- 2.- Comprobar que la línea de alimentación esté conectada a los correspondientes terminales de la fuente de alimentación del equipo y que se distribuya adecuadamente a los módulos de entrada y salida (si procede).
- 3.- Verificar que los cables de interconexión entre racks estén correctamente instalados.
- 4.- Verificar que los cables de conexión a periféricos estén correctamente instalados.
- 5.- Verificar que las conexiones de los bornes de E/S estén firmes y correspondan al esquema de cableado.
- 6.- Verificar que las conexiones a los módulos de E/S estén firmes y correspondan al esquema de conexiones.

Previo al ensayo de funcionamiento según lo programado hay que comprobar que los dispositivos de E/S funcionan correctamente:

- a) Con el equipo en PARO (STOP, HALT, DISABLE, TEST, etc. dependiendo del modelo) aplicar tensión al sistema.

- b) Verificar que los indicadores de diagnóstico de la CPU reflejen una situación correcta.
- c) Comprobar que los paros de emergencia actúen correctamente.
- d) Accionar los dispositivos de entrada manualmente y verificar que su estado es registrado por el PLC; el funcionamiento se puede seguir en los indicadores de los módulos y también se puede seguir visualizando la tabla de E/S mediante un equipo de programación.

Para la comprobación de los dispositivos de salida hay que cortar la alimentación de las cargas que pudieran dar lugar a situaciones peligrosas y verificar con el procesador en MARCHA (RUN) que las salidas se activan. Esta comprobación resulta más fácil si se utiliza un terminal de programación en el modo "forzado de E/S" para activar o desactivar las salidas una a una.

Una vez finalizadas todas las comprobaciones anteriores, hay que introducir el programa en la memoria de la CPU y dar alimentación al sistema. Se recomienda que, siempre que sea posible, las pruebas de funcionamiento se hagan por áreas, particularmente si se trata de sistemas grandes, dejando fuera de servicio los componentes de las áreas que no se prueban; ésto puede realizarse cortando la alimentación de campo de los racks de E/S o inhibiendo su funcionamiento, incluyendo las oportunas instrucciones en el programa MCR (Master Control Relay) que se eliminarán una vez concluidas las pruebas.

Verificadas y corregidas las distintas secuencias, el sistema puede arrancar en automático debiendo funcionar correctamente si todas las comprobaciones se han efectuado con éxito. Las correcciones efectuadas, tanto en la instalación como en el programa deben ser documentadas inmediatamente y se obtendrán copias del programa definitivo (copia, en disco o cinta) tan pronto como sea posible.

III. RESULTADOS

Como todo proyecto de investigación y diseño debe estar sometido a una evaluación de

resultados de acuerdo a los indicadores planteados en la fase de planificación del proyecto. En el caso del presente proyecto, son: 12

- A. Velocidad de la Máquina:** Máxima y Promedio por turno de trabajo de 8 horas.

$$V_{MAX} = 34 \text{ paquetes/minutos}$$

$$V_{PROM/TURNO} = 16.22 \text{ paquetes/minutos}$$

- B. Tiempos Muertos:** Correspondiente al tiempo que la máquina se encuentra parada, de acuerdo al tipo de paro, pudiendo ser por: mantenimiento eléctrico, mantenimiento mecánico, paradas operacionales y por producción programada. Con estos datos se obtiene además el porcentaje de disponibilidad de la máquina. Se considera un universo de 43200 minutos, equivalentes a 1 mes de 30 días, utilizando la siguiente expresión:

$$d [\%] = \frac{43200 - (t_e + t_m + t_o + t_p)}{43200} * 100\% \quad (1)$$

siendo:

d = porcentaje de disponibilidad mensual

t_e = tiempo muerto por mantenimiento eléctrico,

t_m = tiempo muerto por mantenimiento mecánico

t_o = tiempo muerto por paros operacionales

t_p = tiempo muerto por paros producción

En la figura 6, se muestra los resultados del mes de noviembre del 2005.

- C. Parámetros Eléctricos de los Motores:** que revelarán el estado de funcionamiento y localización de posibles averías.

Para verificar esta prueba se realizaron mediciones periódicas mensuales de las siguientes variables de los motores eléctricos: voltaje de alimentación, corriente por fase, temperatura en la carcasa y en el contactor. Todas las variables están dentro de los rangos normales especificados por el fabricante, lo que además ratifica que el diseño de estos actuadores fue correcto.

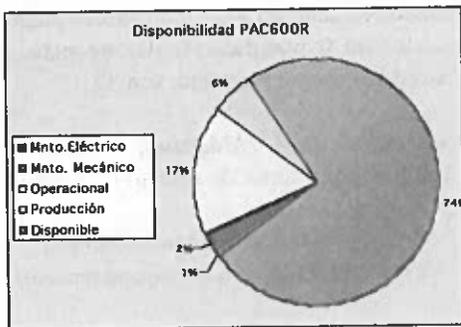


Fig. 6 Disponibilidad de la Máquina en el Mes de Noviembre/05

D. Operación de las Protecciones:

Consiste en la verificación de todas las protecciones, provocando condiciones reales para una situación de falla, de tal modo que permita garantizar la confiabilidad de la máquina y el cumplimiento de las normas de seguridad. Esta prueba fue exitosa.

IV. CONCLUSIONES

- Reconociendo que nuestro país está en una etapa de transición tecnológica, desde una lógica de control mecánica y electromecánica por controles electrónicos, el proceso de upgrade de máquinas industriales puede ser implementado a través de la Automatización Industrial con buenos resultados.
- Para el desarrollo de un proyecto de automatización de máquinas industriales, se recomienda el proceso detallado en la sección II, con el apoyo de normas y directivas internacionales existentes para cada caso.
- Considerando que en la Automatización Industrial interviene la informática se puede adaptar el estándar IEEE 830, referente a la especificación de requisitos del sistema.

- Uno de los aspectos más relevantes que debe considerar un Ingeniero de Proyectos, es el aspecto de homologación tecnológica, puesto que éste definirá la plataforma de desarrollo del proyecto y la selección de componentes.
- Las paradas de emergencia deben actuar independientemente aún sin la presencia de la lógica de control del PLC y ser implementadas físicamente desactivando los mecanismos que sean necesarios y llevar a la máquina a una condición segura.
- Para la selección de motores eléctricos, equipos eléctricos y electrónicos, a más de las especificaciones eléctricas de rigor, se debe considerar otros factores físicos que influyen directamente en la potencia del equipo seleccionado, tales como: altura y temperatura.

V. REFERENCIAS

- [1] cursos.bankhacker.com
- [2] DIRECTIVA 98/37/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- [3] www.papelnet.cl/papel_tissue/papel_tissue.htm
- [4] CASMATIC, "Operating Maintenance and Setting Instructions", Boloña-Italia, 2001.
- [5] IEEE-STD-830-1998 : Especificaciones de los Requisitos del Software.
- [6] OMRON, "Sensores Inductivos, Capacitivos y Fotoeléctricos", Diapositivas, 2005.
- [7] LOBOSCO Orlando, DIAS José Luiz, "SIEMENS Selección y aplicación de motores eléctricos", Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, 1989.
- [8] CEKIT S.A., "Electrónica Industrial y Automatización", Tomo 2, Colombia, 2002.

DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA ENTRENAMIENTO EN INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA

Ing. Germán Erazo Laverde. Ing. José L. Quiroz Erazo. Ing. Leonidas Quiroz Erazo
.Carrera de Ingeniería Automotriz. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga.
Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza s/n Latacunga Ecuador.
Email : gerazo@ltga.espe.edu.ec.

Resumen: El avance tecnológico en los automóviles en lo referente a aplicaciones electrónicas crea la necesidad de contar con profesionales y técnicos automotrices capacitados en el área de sistemas de electricidad – electrónica del automóvil.

La inyección electrónica de combustible es todavía un mito para muchos técnicos automotrices en nuestro país. Existen proveedores de servicios de capacitación en Inyección electrónica de gasolina que tienen costos elevados, con información y conocimientos restringidos sobre ésta. Nuestra Universidad ESPE y la Carrera de Ingeniería Automotriz en particular, como pionera en el país y con calidad, cumpliendo la función de realizar investigación y extensión, pone a disposición este laboratorio de entrenamiento, figura 1, al servicio de capacitación, así como la información que se genere en este trabajo al servicio de la comunidad, para contribuir con el desarrollo de nuestro país.



Fig. 1. Vehículo Corsa WIND para entrenamiento

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este aporte es importante ya que, como Ingenieros Automotrices, nos permitió generar una cultura de investigación en las áreas de electrónica aplicadas en el

automóvil, útil para nuestro desarrollo profesional

Se generó información bibliográfica del diseño e instalación de circuitos eléctricos y electrónicos, diagramas de funcionamiento, operación y comprobación de los subsistemas de inyección electrónica de gasolina del vehículo CORSA WIND (figura 2), en particular como son: el de control electrónico, hidráulico, ingreso y recirculación de gases, así como el sistema de autodiagnóstico para disponer de un banco de pruebas sumamente sofisticado que sirva para la capacitación y entrenamiento de los futuros ingenieros y profesionales interesados en esta área.

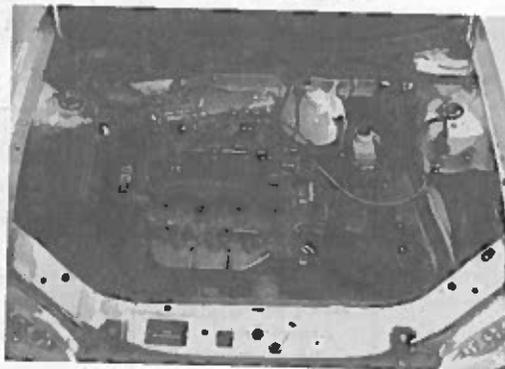


Fig. 2. Motor Inyección Electrónica para sistema de entrenamiento.

En forma complementaria se diseñó el programa de entrenamiento a través de una interfase con el computador muy amigable y versátil, para que los estudiantes, profesionales, técnicos y mecánicos interesados en obtener este tipo de capacitación adquieran y mejoren sus conocimientos, para alcanzar un desempeño superior, mejorar su productividad y calidad de servicio.

La inyección electrónica de gasolina, que es el punto que abarque el presente artículo, considera indispensable la información de los sensores, Figura 3, que captan eficazmente los datos de servicio, del motor y del vehículo en general, condiciones como: la temperatura del agua del motor, temperatura del aire que ingresa al múltiple de admisión, la depresión en el sistema de admisión, las

revoluciones del motor, posición del cigüeñal, entre otras que serán procesadas por la computadora para calcular el tiempo ideal de apertura de los inyectores, así como la activación de los actuadores, para conseguir una disminución de consumo de combustible, reducir emisiones contaminantes, elevar el torque y la potencia del motor de combustión.

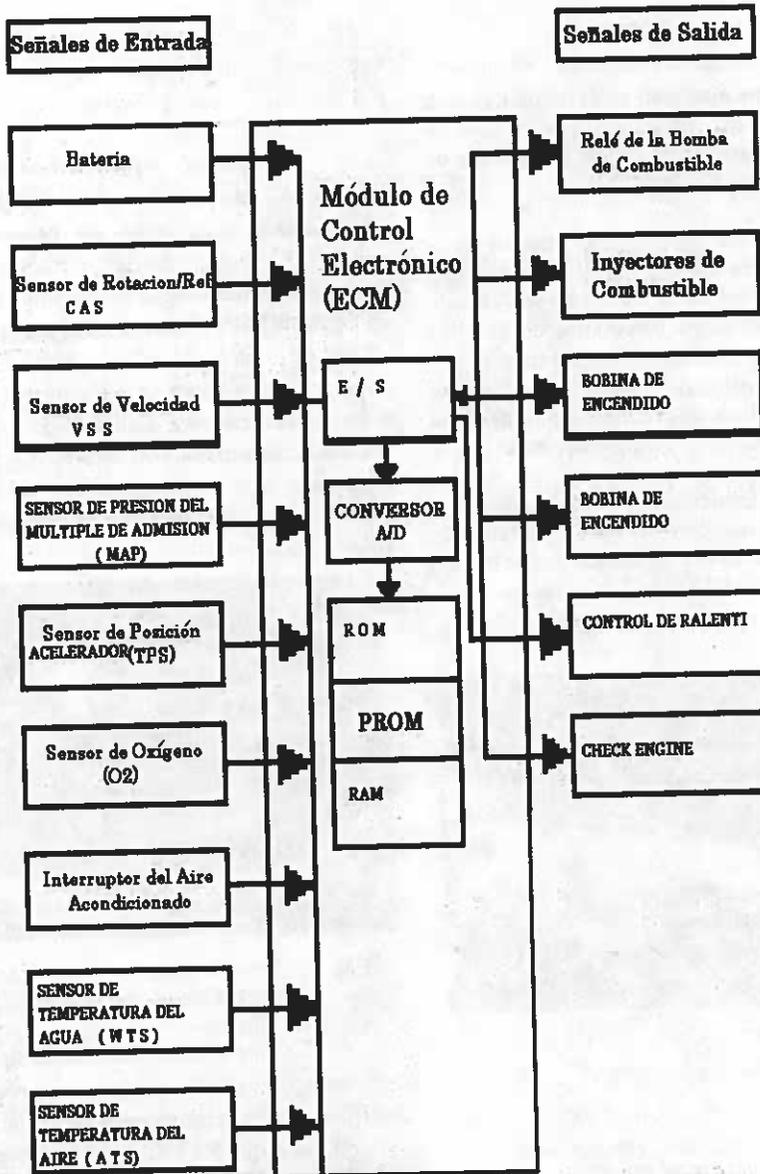


Fig. 3 Señales de entrada y salida del Corsa WIND

II. MATERIALES Y/O PROTOTIPO.

La presente investigación se realizó en la Escuela Politécnica del Ejército, Laboratorio de Autotrónica de la Carrera de Ingeniería Automotriz.- Provincia de Cotopaxi, en la ciudad de Latacunga.

El programa de entrenamiento en sistemas de inyección electrónica de gasolina implementado en el vehículo CORSA WIND debe ajustarse a parámetros de aplicación y funcionalidad, entre los que se citan a continuación como los más relevantes:

- Presentar versatilidad en la conexión e instalación del sistema.
- Ingreso y simulación de averías para comprobación de funcionamiento de los subsistemas electrónico, de alimentación, de aire y autodiagnóstico del sistema de inyección de gasolina.
- Disponer de un circuito del control a través del PC y un microcontrolador y de un sistema de potencia para los diversos circuitos de control del sistema de inyección de gasolina.
- Las pruebas a los diversos subsistemas del sistema de inyección electrónica de gasolina en el sistema de entrenamiento van a basarse en situaciones reales.
- Disponer de un programa para el control computarizado con interfase gráfica y amigable, convirtiéndolo en un sistema moderno de aplicación tecnológica en lo referente a entrenamiento en sistemas electrónicos de inyección de gasolina.

A. *Diseño*

El Sistema para entrenamiento en inyección electrónica de gasolina en el vehículo CORSA WIND dispone de elementos mecánicos, electromecánicos, eléctricos y electrónicos, divididos en etapas de control, procesamiento de señales, etapa de potencia.

Los parámetros considerados para la elaboración del sistema de entrenamiento del CORSA WIND se refieren a la activación y desactivación de los circuitos del sistema de inyección electrónica de gasolina mediante la interfase del PC.

B. *Señales y su Procesamiento*

Para el diseño del programa de control del microcontrolador se procedió a plantear una lógica según la cual se desea que funcione la aplicación, tomando estados de referencia de entradas y funciones de salida determinadas para dichos estados.

El diagrama de bloques mediante el cual está diseñado el modo de operación del sistema de entrenamiento.

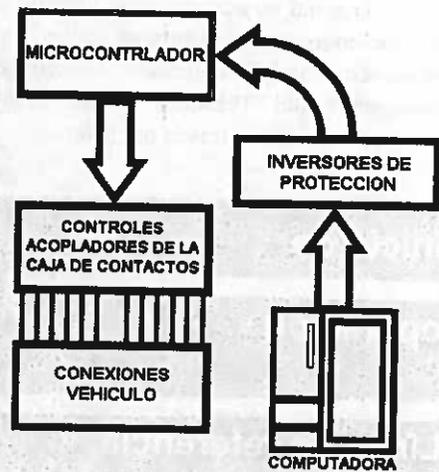


Fig. 4. Diagrama de bloques de aplicación CORSA WIND

III. PRUEBAS

Para la aplicación del circuito eléctrico – electrónico en el vehículo Corsa Wind, se instaló en proto board, figura 5, y se verificó que funcionen adecuadamente para trasladarlo a una placa definitiva.



Fig. 5. Montajes iniciales en proto board.

La aplicación del sistema de entrenamiento es a través de la interfase del PC y dispone del programa de entrenamiento en Visual Basic.

Para determinar el pulso de activación de cada relé se procede a dar la combinación correspondiente por la interfase de la computadora. La figura 6 muestra el control de cada relé, el mismo que antes de iniciar la prueba se encuentra en 0 voltios de salida, cuando se pulsa la combinación más inicio, el PIC envía la señal de activación al circuito de control haciendo que la misma se active hasta que se solucione la falla ingresada al sistema de entrenamiento del vehículo Corsa Wind, enviada por una señal a través del reset.

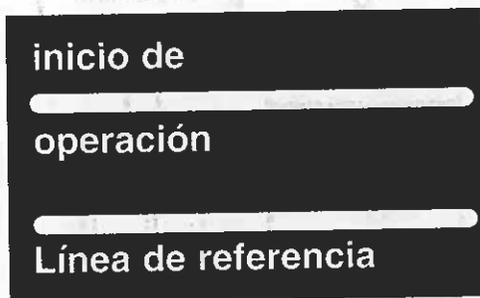


Fig. 6 Pulso de activación de inicio de operación.

Terminada la calibración del circuito electrónico- eléctrico se procede al diseño de las pistas y placas para el circuito final utilizando el programa TRAXMAKER y el método de serigrafía

Elaboradas las placas eléctricas con los elementos seleccionados y revisado cada un de sus circuitos se realizará el montaje y ubicación correspondiente, figura 7, de cada uno de ellos en una caja metálica.



Fig. 7. Placa de control del sistema de entrenamiento.

El equipo se ubica debajo de la consola del lado del acompañante del vehículo, a donde se deberá conectar la PC con su respectivo cable de pruebas para las diversas pruebas y prácticas de entrenamiento, figura 8.



Fig. 8 Montaje final del control de pruebas

IV. RESULTADOS ENTRENAMIENTO Y PRUEBAS EN EL VEHÍCULO CORSA WIND

El entrenamiento se realizará utilizando el software elaborado para el propósito de acuerdo a las secuencias y sugerencias presentadas. Para lo cual se debe instalar el mismo en el PC. Luego dar doble clic en el ícono del programa ejecutable CORSA WIN. exe y se presenta la pantalla de ingreso, figura 9.



Fig. 9 Pantalla de ingreso al programa de entrenamiento.

Para acceder al sistema se debe ingresar la contraseña que, para este programa, es XXXX y se accede al menú principal, figura 10, donde se escogerán las diversas pruebas del sistema de inyección electrónica Corsa Wind.

Se dispone de la información general del vehículo corsa wind en menús que se seleccionarán de acuerdo a lo que se requiera.



Fig.10 Pantalla de inicio del Programa de Entrenamiento

Están los cuadros con los circuitos de: alimentación, ingreso de aire, autodiagnóstico y de control electrónico con cada uno de sus sensores y actuadores, con información clara y precisa de cada uno de ellos.

La información se plantea bajo el siguiente esquema:

- Información general del componente.
- Circuito Eléctrico.
- Inserción de fallas.
- Flujograma de localización de averías.

Solución y corrección de la avería. A continuación indicamos algunas de las pantallas principales, figura 11.

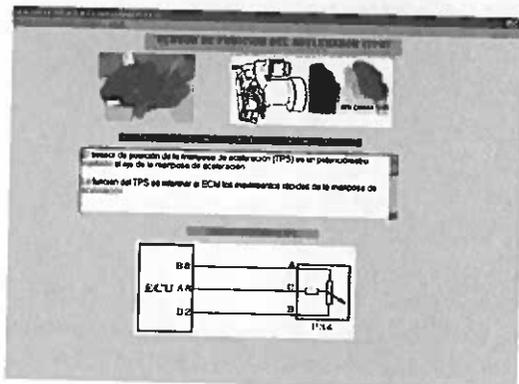


Fig. 11 Circuito, Ubicación, e información del Sensor TPS.

Igualmente se encuentra la información detallada del módulo de control electrónico del vehículo Corsa Wind, figura 12, en el que, entre otras, se encuentra los números de los pines de cada circuito.

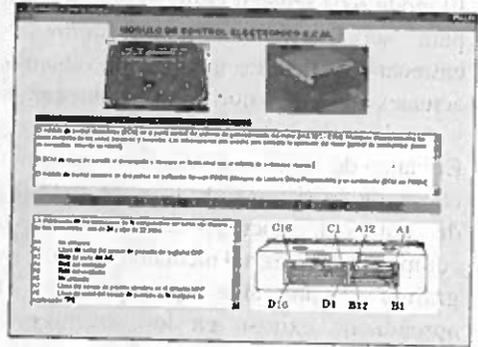


Fig. 12 Información General del Módulo de Control Electrónico (ECM).

El subsistema de autodiagnóstico, figura 13, es el encargado de verificar los circuitos que manejan las señales de entrada de los sensores y las señales de salida para los actuadores controlados, son continuamente monitoreados por la unidad de control.



Fig. 13 Sistema de Autodiagnosis Pruebas y lista de Códigos de falla del vehículo "CORSA WIND".

V. RESULTADOS

- Se obtuvo un módulo y programa de entrenamiento con tecnología de punta.
- El programa es específico para el vehículo CORSA WIND, y sus principios son aplicables a componentes de otras marcas.
- Los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Automotriz tienen un equipo de aplicación tecnológica.

- Se optimizó el entrenamiento y conocimientos en sistemas de Inyección Electrónica de Gasolina.

VI. CONCLUSIONES

- El módulo de pruebas realizado es aplicable para ser instalada como sistema de entrenamiento en los modelos de vehículos actuales a gasolina que ingresan al mercado y son de control electrónico.
- El banco de pruebas diseñado y construido consta de un sistema eléctrico de control y de potencia, operado a través de la computadora personal mediante un software gráfico y amigable que permite un aprendizaje exitoso en los sistemas de inyección electrónica de gasolina.
- El microcontrolador seleccionado (PIC 16F877), permite controlar con precisión cada una de las pruebas que se desarrollan en el vehículo Corsa Wind en los diferentes sensores, actuadores y en el sistema de autodiagnóstico, facilitando de esta manera el diseño del módulo de pruebas.
- La integración del microcontrolador disminuye el volumen, la mano de obra y los stocks.
- El mercado del automóvil es uno de los más exigentes; los componentes electrónicos deben operar bajo condiciones extremas como son: vibraciones, choques, ruido, etc. y seguir siendo fiables.

- De las pruebas realizadas el modulo de entrenamiento brinda resultados satisfactorios de operación tanto en la parte eléctrica y electrónica aplicada al sistema de inyección electrónica del vehículo Corsa Wind.
- Las averías que se ocasionan en el vehículo, en general, no son solo de tipo eléctrico, por lo que al momento de realizar diagnósticos se consideran que exista influencia de tipo mecánico.

VII. REFERENCIAS

- [1] Erazo Germán Análisis Técnico Práctico de los sistemas de Inyección Electrónica de Gasolina.
- [2] Quiroz Erazo J. Diseño e instalación de un sistema para entrenamiento en inyección electrónica de gasolina.
- [3] Angulo Microcontroladores PIC 16F877.

VIII. AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Politécnica del Ejercito Carrera de Ingeniería Automotriz por permitir publicar esta investigación.

A nuestros Padres, Hermanos y Familia por el apoyo recibido.

DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE CARROCERÍA DE BUS POR COMPUTADORA BAJO NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES

Marco Andrés Orosco, Juan Carlos Velásquez
Carrera de Ingeniería Automotriz. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga,
Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador,
email: marcoandres79@yahoo.com
email: jualos@hotmail.com

Resumen: En el siguiente artículo se analizan las fuerzas a las que está sometida una estructura de carrocería de bus en base a normas internacionales, para luego diseñar una estructura capaz de brindar seguridad al usuario, con la ayuda del software para diseño de estructuras SAP 2000.

Palabras Claves: Superestructura, Cargas dinámicas y estáticas, Reacciones, Esfuerzos, Momentos, Desplazamientos estructurales, Grados de libertad.

ésto es transparente para el usuario. En ningún momento durante el uso del programa se requiere conocer los detalles de este método.

El uso de la computadora permite optimizar el diseño al ser factible considerar diversos sistemas estructurales, geometrías o secciones para una misma estructura en un tiempo razonable.

I. INTRODUCCIÓN

En el país se ha venido fabricando carrocerías basándose en un conocimiento empírico o copiando el diseño de buses importados, sin la aplicación de normas técnicas de seguridad exigidas actualmente a nivel mundial, que buscan primordialmente la confianza de las personas que ocupan este tipo de transporte.

Ante la necesidad de tecnificar y mejorar la carrocería de un bus, especialmente en lo referente a su estructura, se implementaron normas técnicas utilizadas actualmente y además la utilización de la informática como herramienta de cálculo estructural a través del programa SAP2000.

SAP2000 se basa en un programa escrito en FORTRAN, inicialmente desarrollado a comienzos de los años setenta por el Dr. Edward L. Wilson. El programa se llamaba originalmente SAP IV por las siglas en inglés de Structural Analysis Program (Programa de Análisis Estructural).

El programa SAP2000 está basado en el método de rigidez matricial. No obstante,

II. OBJETIVOS

Objetivo general: Diseñar una estructura de carrocería de bus utilizando el software SAP2000 bajo normas técnicas internacionales.

Objetivos específicos:

- Aplicar las normas técnicas internacionales de diseño de estructuras de carrocería de buses.
- Analizar los parámetros de diseño de la estructura en cuestión.
- Aplicar correctamente el programa SAP2000 para el diseño de la estructura.

III. DISEÑO

A. Características de la Estructura.

El sistema estructural del proyecto corresponde al tipo de estructura de esqueleto, como se observa en la fig 1 y comprende el uso de cerchas completas cuyo perfil es del tipo omega 35X50X20X3, situadas a lo largo del bus, que se unen mediante soldadura a otros miembros estructurales como: largueros, zócalos y travesaños en el techo.

Dentro de la geometría de la estructura y particularmente en el piso se observa que se encuentra formado por perfiles cuadrados del tipo TC50X50X2, además de diagonales del mismo tipo de perfil, y cuya utilidad es evitar la oscilación del resto de componentes de la estructura y mantener un equilibrio.

La estructura del techo esta conformada por perfiles del tipo omega, fabricados a partir de plancha de acero laminado en frío y unidos mediante soldadura a los demás miembros estructurales.

Las cerchas, anteriormente mencionadas, se encuentran soldadas a las guías laterales

dispuestas a manera de zócalo, cuyo perfil está constituido por una plancha de acero laminado en caliente.

En la parte delantera, específicamente en la parte superior, la estructura presenta perfiles del tipo omega, fabricados a partir de plancha de acero laminado en frío, y además de perfiles del tipo TEE.

Para la parte frontal del bus se utilizan perfiles cuadrados del tipo TC50X50X2.

Para la parte de la claraboya, se utilizan perfiles fabricados de plancha de acero laminado en caliente.

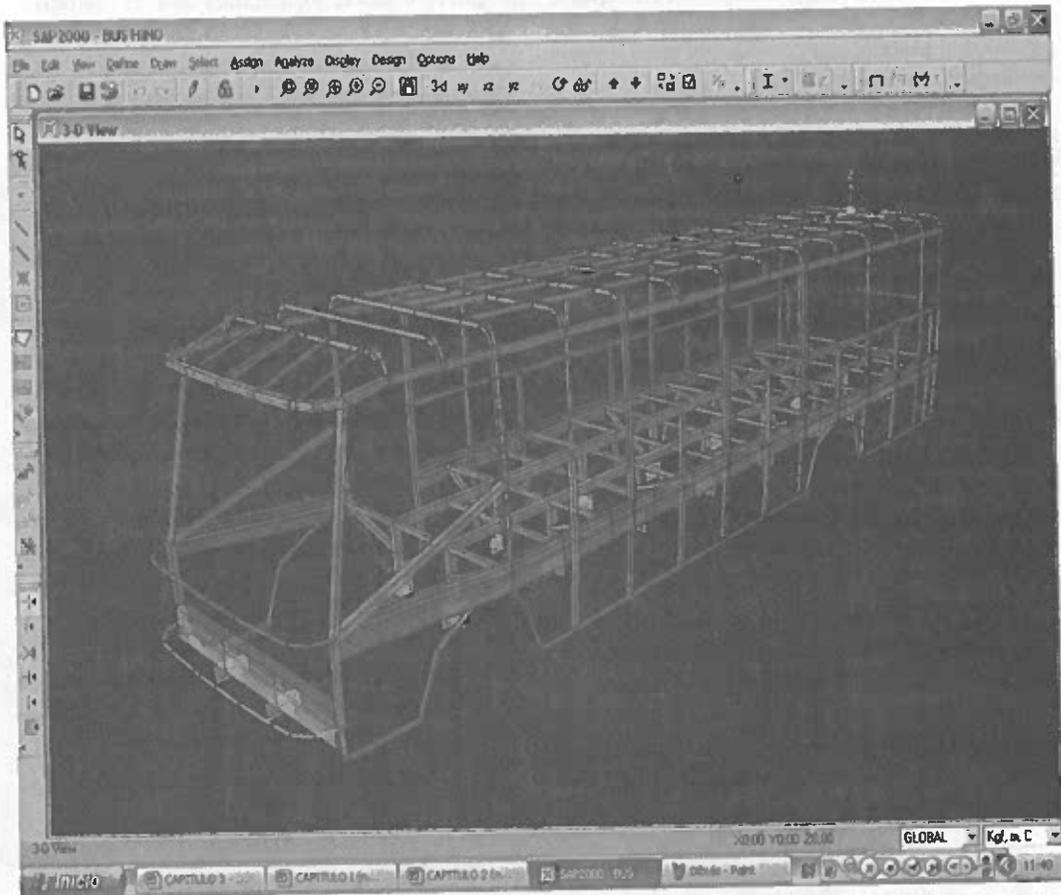


Fig. 1 Diseño de la Estructura

B. Diseño de la Estructura.

Partiendo de la geometría de la estructura ya establecida por la empresa de carrocerías "PATRICIO CEPEDA" se procedió al análisis, tomando en cuenta básicamente cuatro tipos de cargas como son;

la carga debida al resto de elementos en la carrocería o carga muerta, la carga debida a los pasajeros o carga viva, la carga debida al frenado o aceleración brusca y la carga generada al momento de girar.

Para el dibujo en computadora se tiene en cuenta que, aparte de la estructura propiamente dicha, se toman en cuenta elementos como el techo, piso, apoyos, cajuelas; la estructura se une en forma rígida al bastidor, los apoyos de suspensión se consideran fijos tanto en traslación como en rotación con los seis grados de libertad restringidos intentando simular la condición teórica de empotramiento perfecto sobre el chasis y todos los miembros estructurales están dibujados por separado. Se puede observar el dibujo terminado en la Fig 1.

Con respecto a las fuerzas que actúan sobre la estructura, se toma en cuenta que las cargas son de naturaleza estática y dinámica, además sobre los nodos existen, fuerzas concentradas y sobre los elementos estructurales existen fuerzas distribuidas.

SAP2000 nos permite crear combinaciones de los estados de carga previamente asignados, para tal efecto se crearon tres combinaciones de carga: la primera combina los cuatro tipos de carga utilizados, la segunda, combina la carga muerta, carga viva y carga de

frenado y, finalmente la tercera, combina carga muerta, carga viva y carga debida al giro.

El programa SAP2000 nos permite visualizar el efecto que las cargas generan en cada elemento de la estructura indicándonos si en este existe tracción, compresión, flexión o torsión mediante diagramas y tablas. Además el programa permite el diseño de la estructura, facilitando observar si la estructura es o no idónea para su utilización. Es importante señalar que el programa SAP 2000, diseña en base a combinaciones de carga, que sean las más críticas para el elemento.

Dentro del análisis que realiza el programa estructural SAP2000, se cita el cálculo de las reacciones, que son fuerzas y momentos desarrollados en los puntos de apoyo, generados por cada uno de los estados de carga además de sus combinaciones.

Como se observa en la fig 2, la carrocería utilizada presenta fallas en las cerchas principales a la altura de las ventanas y cuyo perfil es del tipo omega.

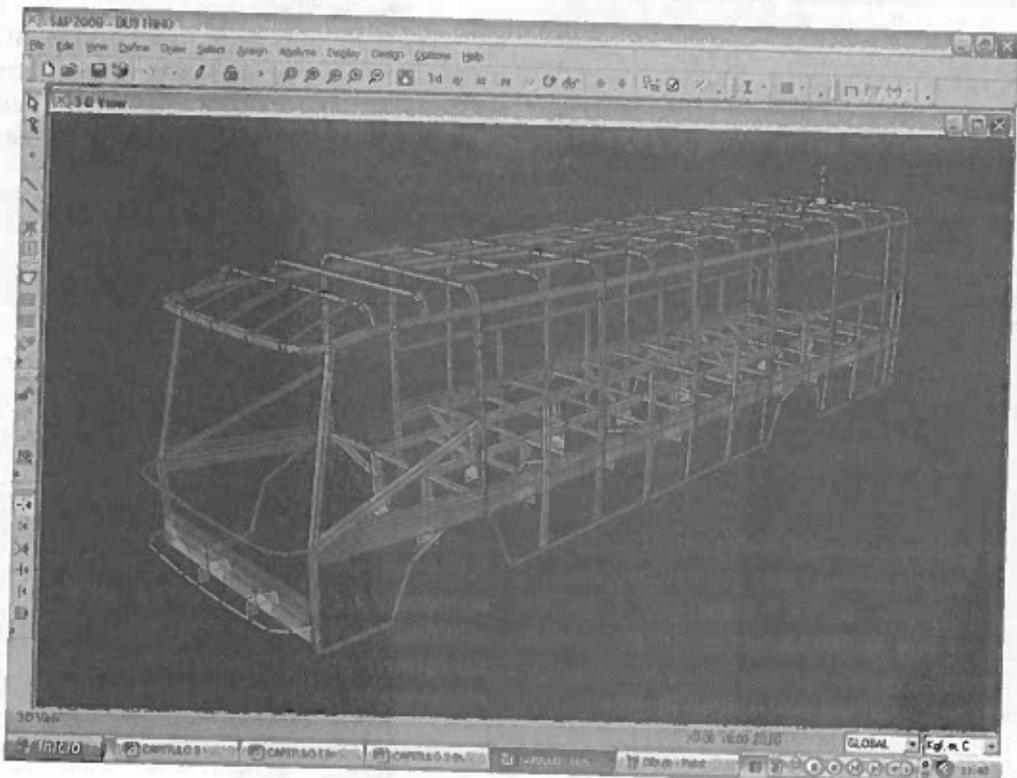


Fig. 2 Estructura Completa

Estas fallas se representan por medio de colores; se puede observar que los elementos que fallan aparecen en un color rojo. Los valores que aparecen constituyen las eficiencias del perfil y son la razón obtenida de la división de la solicitud actuante o esfuerzo calculado para la resistencia del material, o esfuerzo de diseño y su valor debe ser menor que 1, para establecer un diseño satisfactorio.

El diseño que se propone reemplaza el perfil omega por el perfil del tipo TC75X75X2, anulando dicha falla y asegurando el uso de la estructura. En cuanto a la eficiencia del perfil omega, en comparación con el perfil TC75X75X2, se puede ver que este último tiene una eficiencia mucho más alta.

IV. PRUEBAS

Con la ayuda del programa SAP2000 podemos efectuar pruebas de deformación del sistema estructural al someterlo a las cargas descritas anteriormente. Utilizando las herramientas del programa, se realizaron pruebas de deformación causada por las cargas aplicadas separadamente y combinadas.

V. RESULTADOS

SAP2000 muestra, a través de tablas, los resultados obtenidos del análisis del sistema estructural. En estas tablas se muestran reacciones, desplazamientos angulares y lineales tanto de nodos como de elementos estructurales, momentos, cortes, fuerzas axiales y torsión de los elementos.

VI. CONCLUSIONES

- Utilizando correctamente el programa SAP2000, se ha logrado analizar el diseño utilizado y posteriormente brindar sugerencias con la finalidad de dar seguridad al sistema estructural.
- Se ha logrado establecer un diseño que cumple con las normas técnicas vigentes internacionalmente, aumentando la competitividad de la empresa para la cual se realizó el cálculo.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda tener un conocimiento previo en el diseño de estructuras para comprender de mejor manera los resultados que proporciona el programa.

Se recomienda la capacitación y la implementación del programa SAP2000, en las carrocerías PATRICIO CEPEDA, con el fin de analizar todas las estructuras que dicha empresa realiza.

VIII. AGRADECIMIENTO

Nuestro más sincero agradecimiento a la empresa de carrocerías "PATRICIO CEPEDA" y particularmente a la ingeniera María Alejandra Cepeda, por su enorme colaboración sin la cual hubiera sido muy difícil llevar este proyecto a su fin.

UNA PROPUESTA METODOLÓGICA NUEVA CON TÉCNICAS HÍBRIDAS YA CONOCIDAS.

Julio Francisco Acosta Núñez.

Carrera de Ingeniería Electrónica especialidad Instrumentación
Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, Ecuador
email : jfacosta@ltga.espe.edu.ec

Resumen: El siguiente texto es una recopilación de la propuesta metodológica para desarrollo de software en la unidad de organización y sistemas de la ESPE Sede Latacunga, ejecutado ante la imperiosa necesidad de contar con un estándar particular que regule, norme y supervise todas las tareas y procedimientos a seguir cuando se desarrolla un producto software, ya que al haber realizado un análisis estadístico a la información referente de las metodologías utilizadas por los desarrolladores a nivel nacional, se concluyó que muy pocos de ellos se rigen por procedimientos estándar y, más aún, es el caso particular de la sede.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de software en el Ecuador, hasta hace muy poco tiempo, era realizado, hasta cierto punto, de manera empírica, no porque la ciencia en este campo no hubiera avanzado realmente, tampoco por el desconocimiento técnico y menos aún por incompetencia. El hecho es que el software se construía de manera "artesanal", identificando claramente a los actores del proceso, y lo que es peor, polarizando completamente las posiciones; por un lado estaba el "experto", profesional en la rama de computadoras (quien todo lo sabe), y por otro lado el "pobre usuario", quien, por sus características intrínsecas, poco conoce de la materia y solamente colabora con unas cuantas ideas que muchas veces no son tomadas en cuenta.

II. EL CONTEXTO GENERAL

Esta situación obliga a traer a mi mente una anécdota sucedida con un buen amigo, quién realizaba un postgrado en España. Él, profesional en el área de ingeniería del software, al momento de desarrollar alguna aplicación dentro de sus estudios, presentaba su proyecto al tutor y, cabe recalcar, utilizaba una metodología en particular; en ese momento su

tutor le hizo esta pregunta: ¿Si sabe usted en que País está?. El, al no saber de qué se trataba el cuestionamiento, inquirió a qué se refería, a lo que su tutor le contestó, "el caso es que si usted lo sabe, en España utilizamos como ley gubernamental otra metodología".

Hay que fijarse entonces en qué es lo que sucede en el entorno global mundial, y en el particular de cada nación: Todos los países considerados "desarrollados" tienen establecida, como ley de sus respectivas repúblicas la utilización de cierto tipo de metodologías para desarrollo de software, justamente para asegurar la calidad de los productos que en ellos se producen y, por supuesto, existen organismos supervisores, reguladores e incluso de certificación que avalan que todos los mencionados productos hayan sido ejecutados bajo las normas estandarizadas. Incluso en Latinoamérica hay algunos como.

Chile, Argentina y Colombia ya lo han hecho, pero es lamentable verificar que en el Ecuador no haya ni siquiera algún reglamento que promueva la utilización de cierto tipo de estándares, aunque no fueran "propietarios", pero que puedan ser adoptados y aprobados por los diseñadores de software. Y es que la industria del software en Ecuador debe ya comenzar a ser tomada en cuenta como uno de los procedimientos a considerar al momento de generación de recursos económicos, basta con observar las estadísticas de crecimiento de ella al respecto.

Este trabajo de investigación fue concebido, desde su inicio, con la finalidad de solucionar uno de los problemas más álgidos que tiene la unidad de Organización y Sistemas (OyS) de la ESPE Sede Latacunga, que consiste en la inexistencia de un estándar o modelo general de regulación y reglamentación,

que pueda seguir un profesional desarrollador de software.

Dentro del mismo contexto, una investigación prueba la escasa y casi inexistente usabilidad que le dan los desarrolladores de software en nuestro país a los estándares, y lamentablemente no es por falta de conocimiento, sino más bien de control; pues, al no existir organismos reguladores y auditores, es más fácil desarrollar software de acuerdo al criterio particular de cada empresa.

La unidad de Organización y Sistemas de la ESPE sede Latacunga, debe regular todos los productos de software desarrollado, ya sea con objetivos administrativos, docentes, académico-administrativos o académicos propiamente dichos. El mencionado conjunto ha sido realizado en porcentajes casi vergonzosos sin la ayuda de una metodología, que lo que pretende no es otra cosa que estandarizar los procesos, para que todos los productos de software que se obtienen, sean de la índole que sean, puedan ser de ordinario considerados productos de calidad.

Es por esta razón que se ha considerado que la realidad es muy particular, pues no se han hecho estudios para saber la realidad general en toda la nación, únicamente se ha tomado una muestra de la población, cada vez más creciente de profesionales y empresas dedicadas a la tarea. La metodología esta planteada, pero queda abierta a los nuevos descubrimientos, avances y desarrollos metodológicos, que en informática son cada vez más frecuentes.

El desarrollo de la propuesta permitirá que los trabajos de software, que de hoy en adelante se desarrollen en la unidad de Organización y sistemas de la ESPE Sede Latacunga, sean trabajos de calidad y se pretende también que, entidades de la misma característica, es decir otras universidades, la adopten como metodología de trabajo para desarrollo de software; pero esa cuestión depende mucho de los intereses y la realidad de cada institución, como anteriormente mencioné, la metodología es nuestra, particular, pero está abierta al uso generalizado y a sugerencias de modificación para cada realidad, de tal forma que podamos

contar algún día con un estándar nacional para desarrollo de software.

III. LA PROPUESTA

El desarrollo de una metodología combinada entre la ingeniería de software orientada a objetos y la estructurada representa un avance muy representativo en los procesos de análisis, diseño e implementación de software de calidad, pues hasta el momento las tres instancias mencionadas se han desarrollado solamente a través de las técnicas estructuradas, que han desencadenado en un diseño e implementación del software con las técnicas y lenguajes de programación tradicionales. Hoy en día, la programación orientada a objetos ha venido a revolucionar los conceptos antiguos de programación por todas sus características relevantes, que han permitido que el programador actual pueda reutilizar el código de un objeto, de una clase en particular, sin necesidad de definir técnicas de recursividad ni funciones parametrizadas, realizando de esta forma programas con ambientes mucho mas amigables para el usuario del sistema desarrollado.

La combinación de las dos técnicas permitirá que el software se pueda desarrollar según sus características, combinando los métodos de análisis, diseño o implementación con objetos o en forma tradicional, resolviendo las desventajas obvias que presentaban cada una de estas técnicas en cada una de las fases mencionadas.

Como se mencionó anteriormente, es muy "normal" pero no por eso menos reprochable, que al momento de diseñar e implementar un sistema informático de aplicación, se establezcan dos entidades opuestas y poco relacionadas: por una parte están los usuarios (generalmente sin conocimiento técnico del tema), que solicitan al técnico se haga cargo, "con su extensa experiencia", de implementar en forma automática el entorno operativo. Estas dos entidades no se involucran directamente ni trabajan en forma conjunta para llevar a cabo el proceso de automatización, más bien solamente se reúnen al momento que el prototipo está terminado y se necesita de cierta aprobación.

Esta es justamente la razón por la que la metodología que se pretende implementar incluye un trabajo mancomunado e interactivo entre el diseñador y el usuario del sistema, en todas y cada una de las fases de su desarrollo, de tal forma que los prototipos sean cada vez más reducidos y se acerquen fielmente al proceso deseado

IV. FASE INICIAL: EL LEVANTAMIENT DE REQUISITOS DE SOFTWARE

Esta metodología considera que, para que los requisitos sean claros, concisos y se acerquen muchísimo a la realidad del sistema a realizarse (nunca se alcanzará parámetros ideales del 100%), deberá realizarse un adecuado levantamiento de ellos, para lo que se deberán utilizarse técnicas actuales y contemporáneas que nos acerquen a nuestros objetivos, estas técnicas serán:

A. Encuestas Dirigidas:

No solamente a los usuarios del sistema, que al final resultan ser los clientes directos, sino también a los entes involucrados en el ámbito del sistema; por ejemplo, si consideramos el desarrollo de un sistema de mantenimiento automotriz debemos considerar en primer lugar las necesidades del cliente directo: es decir el usuario del sistema, pero siempre será interesante conocer las opiniones de otras personas involucradas en el mismo campo profesional, de tal manera que se pueda hacer conocer al cliente directo las eventuales modificaciones o actualizaciones que puede tener el software. Es obvio suponer que este cliente puede considerar incluir o no dichas modificaciones a su sistema particular, pero con la ampliación de las encuestas a otros entes similares, se puede alcanzar la redefinición de sus propias necesidades. Lo importante de este asunto radica en que la metodología a desarrollar implica la profunda participación del cliente final en el desarrollo del sistema. Estas encuestas más "abiertas" podrán realizarse siempre y cuando el sistema no presente características de alta seguridad. Caso contrario estas encuestas deberán ser "cerradas" y dirigidas a los entes involucrados y remitirse únicamente al limitado espacio que el sistema lo permite.

B. Utilizar el Modelo SIPCO.

Que es un sistema mediante el cual se pueden verificar los procesos que involucran cada una de las tareas del mismo. S.I.P.C.O. (Source Input Process Client Output) especifica que en un sistema se establecen siempre proveedores de información para un módulo o parte del sistema global. Estos proveedores son aquellos que proporcionan las entradas del sistema, es decir el conjunto entidad - información, es la entrada de todo sistema. El sistema, como es obvio suponer, realiza un proceso a esta información, cualquiera que éste sea, siempre responde proporcionando la salida del sistema. Esta salida deberá necesariamente tener un destinatario que es el cliente del módulo o sistema, que obtiene dicha salida como información o resultado de la manipulación o procesamiento de los datos. Es lógico suponer que el sistema puede concluir en este aspecto o redundar sobre el mismo y proporcionar esta información como proveedor a otro sistema

C. La Realización de Diagramas Esquemáticos.

Que nos permitan visualizar cada uno de los pasos que sigue nuestro proceso incluyendo la información necesaria, los actores y los responsables de cada uno de los subprocesos que secuencialmente sigue la información. Esta esquematización de los procesos nos permitirá también el desarrollo de una lógica de desarrollo del software en el contexto de las alternativas de procedimiento o vías de realización o cumplimiento de objetivos.

D. Realizar Observación Directa.

La que nos permitirá involucrarnos directamente en el campo para obtener específicamente la información y toda la documentación de todos los procesos anteriores y actuales que involucren la secuencia de actuación de la información. La observación se convierte en una herramienta fundamental para producir comprobación "in situ" de las características de los procesos, incluso sin la presencia del usuario del sistema, el desarrollador puede predecir (antes de su junta con el cliente) las conclusiones y reformas que se puede realizar al proceso.

E. *Establecer Ejemplos de Caso.*

Resulta relevante en el desarrollo del levantamiento de requisitos, pues estos nos permiten validar la visión que el desarrollador tiene del sistema. Al finalizar la primera prueba de casos, el desarrollador se dará cuenta de que el sistema sobre el cual está actuando se basa o no en su concepción primitiva; de ser éste el caso se puede determinar la validez del proceso, caso contrario se deberán realizar las modificaciones necesarias al proceso hasta poder determinar su validez definitiva, ejecutando previamente un conjunto de evaluaciones parciales.

El siguiente paso obligado, dentro del diseño de la metodología, consistirá en la escritura de los requisitos del sistema. Discriminando todas las características necesarias para que un desarrollador de software pueda hacerlo, tomando como referente fundamental las técnicas de manejo de la calidad total (TQM), y analizando profundamente las estructuras existentes en la actualidad, se ha decidido adoptar el estándar IEEE 830. La razón, la versatilidad con que el estándar maneja los conceptos, consideraciones, características y procedimientos necesarios para una real definición de los requisitos de software.

V. SEGUNDA FASE: ETAPA DE ANÁLISIS.

Tomando en consideración lo mencionado anteriormente, ahora, cuando ya se está completamente seguro que los requisitos han sido levantados adecuadamente, es necesario diseñar todas las estrategias a seguir para el análisis y los elementos que se utilizarán en esta tarea.

Como herramienta fundamental de análisis se utilizará lo que a partir de este momento llamaremos el "*Modelo Conceptual*", definición que no tiene nada en común con definiciones similares. Este Modelo Conceptual resulta del análisis de las diversas metodologías y paradigmas de análisis y diseño de sistemas estructurado y orientado a objetos.

El modelo conceptual definido corresponde a una estructura que proporciona dos componentes. Por un lado existen los Conceptos, que corresponden a las entidades

existentes dentro del módulo del sistema o del proceso que se lleva a cabo. Y por otra parte se destacan las relaciones que existen o se presentan entre los conceptos existentes.

Es necesario indicar que dentro de esta definición puede existir una confusión entre la definición de los modelos: Entidad relación y el modelo conceptual, descrito.

No deben confundirse los conceptos, porque mientras el Modelo Entidad relación específica de una manera rígida, la existencia de entidades y relaciones en un contexto de desarrollo científico, en donde las relaciones pueden ser simples o muy especializadas, como cuando se convierten en relaciones de supertipo y extiende el concepto sobre una base en el cual una relación suele convertirse muchas veces en objeto también, por un lado y, por otro, las entidades perfectamente estudiadas son objetos o conjuntos de objetos a los que se deben necesariamente definirles algunos atributos esquematizados. El modelo conceptual trata de resolver la existencia conceptual de Objetos destinados a la interpretación misma del cliente o el usuario del sistema, tal cual él percibe la situación misma del proceso. Es decir, mientras el diagrama entidad relación está asociado al conocedor de los métodos de diseño, el modelo conceptual está destinado al entendimiento del sistema por parte del cliente, sin ninguna cardinalidad ni interdependencia necesarias, esta conceptualización se basa en el criterio de que la metodología, en todas sus instancias, va a tener la participación activa del cliente, la que desembocará en el desarrollo del software participativo de la más alta calidad.

El modelo conceptual permite describir, de un modo totalmente independiente de la implementación, los datos que el usuario quiere recoger en el sistema. Dependiendo de la cantidad de información que se desee representar, tendremos aplicaciones más o menos orientadas a los datos.

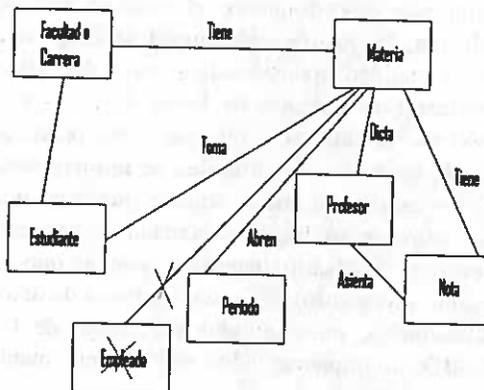
Es necesario realizar un listado de los conceptos y relaciones que en esta etapa se generen. El siguiente es un ejemplo muy didáctico para entender el concepto.

Es recomendable que al haber definido los conceptos se realice un diagrama esquemático

de los procesos que involucran dichos conceptos y consensuarlos con el usuario. Por ejemplo:

LISTADO DE CONCEPTOS		
ORD.	CONCEPT	CARACTERÍSTICAS
01	O Facultad	Organización que centra sus estudios en la formación de estudiantes en una carrera profesional definida.
02	Nivel	Casillero en el cual se encuadran uno o más estudiantes a fin de completar una malla curricular que le proporcione un título profesional.
03	Materia	Asignatura que toma un estudiante como requisito, correquisito o prerrequisito de un ala de la ciencia en la cual se está formando.
04	Notas	Evaluación cuantitativa de los conocimientos en una asignatura o su formación en artes y ciencias
05	Alumnos	Ser humano que cursa sus estudios de preparación en la universidad.

Finalmente, en este instante la metodología exige que se realice una matriz de confrontación entre los requisitos levantados y los conceptos y relaciones obtenidas, para de una forma gráfica validar la existencia de ellos de acuerdo a los requisitos funcionales descritos en la etapa inicial. Por ejemplo:



Como se puede observar, en el pequeño ejemplo del sistema de matriculación, tanto los requisitos levantados como los conceptos del modelo conceptual al momento de ser

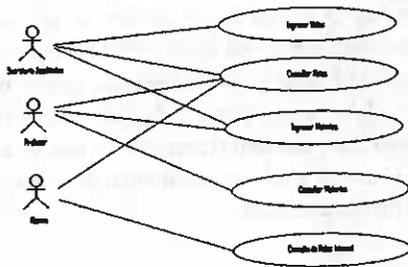
REQUISITO S.R.S.	MODELO CONCEPTUAL	OK
1. El sistema permitirá dar de alta un alumno.	Alumno	✓
2. El sistema permitirá generar un listado de alumnos aprobados por facultad.	Facultad, Materia, Nota, Período.	✓
3. El sistema permitirá realizar histogramas de los alumnos que aprobaron y reprobaron.	Materia, Nota, Alumno, Período, Facultad.	✓
4. El sistema permitirá la entrega de beneficios a los estudiantes destacados.	Alumno, Facultad, Nota, Período.	✓
5. El sistema permitirá conocer el porcentaje de	Nota, Materia, Profesor.	✓

confrontados, nos revelan la veracidad de su existencia; cada uno de los elementos realizados en el levantamiento de los requisitos tienen que ser representados o mencionados como parte del modelo conceptual; de no ser así el concepto o el requisito realmente no han existido como elementos relevantes dentro del sistema y se los puede eliminar.

De esta manera se va puliendo el proceso del análisis del sistema, se han ya definido los mecanismos mediante los que se va a depurar la información de tal manera que las características del sistema queden absolutamente claras, y lo más importante de todo esto es que el usuario del sistema ha participado en esta depuración conjuntamente con el experto analista del sistema, de tal forma que los resultados obtenidos han sido consensuados entre las dos partes y así estamos seguros que el producto obtenido es absolutamente verdadero y sin ambigüedades.

El siguiente paso es utilizar los diagramas de casos de uso, una herramienta de análisis orientado a objetos, que permite determinar en forma muy clara las relaciones que existen entre los objetos y sus características en el sistema. Estos diagramas se realizan, por cuanto a esta altura de la metodología ya estamos seguros de que la información levantada es la correcta; entonces los pasos a seguir, se centran en el análisis correcto y concreto de los elementos existentes; este análisis lo vamos a desarrollar usando la herramienta mencionada, que actualmente es el instrumento más eficiente para el efecto.

El uso de los diagramas de casos de uso se justifica nuevamente en el hecho de que la metodología es profundamente participativa por parte del usuario, y este tipo de diagramas, por su concepción misma, ayudan a la comprensión de los efectos, pues quien no está acostumbrado a identificar a un muñeco (actor, entidad del sistema) dibujado con palitoques y su relación con otra entidad a través de líneas oblicuas; entonces para entender estos procesos no es necesario un conocimiento técnico profundo por parte del usuario que es la fuente principal de información. La figura muestra un típico diagrama de casos de uso.



El estándar obliga a confrontar los casos de uso con los requisitos funcionales con la finalidad de validar su existencia como sistema de modelamiento de datos. Esta matriz es similar a la anterior, y se valida la existencia simplemente con un "checkmark" en el ítem apropiado.

MATRIZ SRS	CASO DE USO	VALIDAC.
1. El sistema deberá permitir que el secretario académico emita record de los alumnos a un período en particular	Consultar notas .	OK ✓
2. El sistema deberá permitir a los estudiantes consultar su record académico utilizando un sitio Web.	Consulta de Notas Internet.	OK ✓
3. El sistema deberá permitir que los profesores consulten las materias que se abren en cada período.	Consulta Materias	OK ✓
4. El sistema deberá permitir que los profesores ingresen las notas de sus alumnos a través de un sitio Web, o el administrador del sistema escolástico.	Ingresar notas.	OK ✓
5. El sistema deberá permitir a los profesores a realizar ingreso de cambios en los programas de las materias.	Ingresar materias.	OK ✓

VI. FASE TRES: ETAPA DE DISEÑO.

En el momento en que la actividad del diseño de software comienza, ya se tiene una serie de requisitos, que reflejan lo que se desea que el sistema realice, y su misión es generar un modelo del sistema software que implementará estos requisitos obtenidos. Por supuesto, no va a existir un único diseño válido; distintos diseñadores podrán construir distintos diseños y ser todos válidos. Asimismo, dependiendo del contexto del futuro sistema, un diseño puede ser mejor que otro.

El diseño de un sistema de software es un proceso creativo que requiere experiencia por parte del diseñador; aunque los pasos básicos se aprendan de un libro, debe ser practicado y se aprende con la experiencia y el estudio de los sistemas existentes. Distintas personas usarán dicho modelo de distintos modos. Debe servir de base para que los programadores implementen el sistema, debe proporcionar la información necesaria para las personas que mantengan el sistema en el futuro, también debe servir como base para los miembros del equipo de prueba para elaborar los casos de prueba correspondientes, etc. Esto significa que se puede ver el diseño desde distintos puntos de vista.

Al haber definido el tipo de persistencia que se requiere de los datos, la primera fase del diseño se centra en el diseño de la base de datos. La metodología recomienda que se utilice, para este procedimiento, el modelo entidad relación. La justificación lógica se desprende de la realidad operacional: a pesar de existir teóricamente sistemas de bases de datos con modelos orientados a objetos, éstas prácticamente han sido muy difíciles de implementar, es por esta razón que se sugiere que, para que un proyecto no llegue a concluirse, por este hecho es necesario manejarse con lo que se cuenta a lo seguro, y ésta son las bases de datos relacionales, pues un alto porcentaje de los SGBD son implementados muy eficientemente de esta forma.

A. *Diseño de las Interfaces, la Técnica de Guiones:*

El diseño de las aplicaciones software es fuertemente dependiente de la interfaz de usuario y requiere una especial atención ya que,

en los tiempos actuales, el éxito o fracaso de un sistema está sujeto a la usabilidad de la aplicación.

Para definir el aspecto interactivo y captar con éxito todas éstas características del sistema en su relación con el usuario, se especifican las interfases de usuario, también llamadas en este método, como escenarios en donde se desarrolla la interacción usando la técnica de guiones.

Recordemos los guiones cinematográficos en donde, al momento de rodar un filme, existe un entorno natural o artificial en donde se desenvuelven los hechos; estos hechos o eventos son desarrollados por personajes o actores, que interactúan entre sí y el entorno, de manera de producir las acciones y efectos deseados. Recordemos también que en su esencia interior, los actores no hacen otra cosa que seguir un libreto o guión para cada una de las escenas que representan, de tal forma que, luego en la edición, estas escenas se manipulan y producen los resultados.

En la técnica de guiones se produce exactamente lo mismo: existen actores, escenarios, eventos y el guión, que son los elementos participantes justamente en el diseño del software específico.

Esta técnica tiene en cuenta la expectativa y necesidades que tiene el usuario en cada escenario para realizar las funciones del sistema y la secuencia en que suceden dichos escenarios. Los escenarios y sus transiciones forman lo que se conoce como guión. Se consideran escenarios: las ventanas, las páginas Web, los diálogos, etc.

B. *Diseño de las Interfases Gráficas.*

La interfase entre el hombre y una máquina siempre ha sido el referente para los fabricantes de cualquier tipo de aplicación administrativa o industrial, es así como las mayores ventas entre electrodomésticos, automóviles, máquinas, herramientas, maquinaria y equipo liviano y pesado, las han conseguido los que mejor diseño o ergonomía han tenido; lo que significa que, el efecto y el entorno visual, hace que una interfase

proporcione comodidad y seguridad a un usuario de cualquier tipo de equipo, más aún si este equipo es de tipo informático sobre y mediante el cual algunos seres humanos se aplican día tras día.

Procedimiento COBIS¹ para diseño de Interfases Gráficas.

Los estándares COBIS se utilizan en la construcción de interfases usando Visual Basic, proporcionando además una interacción con un servidor, y muchas funciones y procedimientos de manejo interno de datos y estructuras propias de Visual Basic.

Todos los módulos COBIS han sido desarrollados utilizando Visual Basic en el Front-End. Al momento de seleccionar una herramienta para desarrollarlo, Visual Basic cumple con todos los requisitos que COBIS exige. Entre los factores que influyen para escogerlo podemos mencionar:

- 1) Provee un medioambiente gráfico totalmente compatible y consistente con aplicaciones que corren en ambiente Windows, permitiendo mantener las recomendaciones GUI de diseño de interfases de usuario y reducir el tiempo de aprendizaje y familiarización de los usuarios.
- 2) Facilidad de programación, reduciendo el tiempo de aprendizaje y desarrollo.
- 3) Es totalmente orientado a eventos y a objetos.
- 4) Permite realizar interfases con aplicaciones construidas en lenguaje C y DBLibrary.
- 5) Permite programación de funciones y procedimientos, que pueden estar en módulos separados y son llamados desde cualquier parte de la aplicación.
- 6) Permite generar código ejecutable (.EXE), por lo tanto le da mayor portabilidad, ya que no se requiere instalar Visual Basic para que la aplicación funcione. Únicamente se requiere copiar y ejecutar el archivo.

¹Estándar propietario de MACOSA, recomendación de utilización.

VIII. FASE CUATRO: ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN.

Evidentemente, para seleccionar un lenguaje de programación para un proyecto, es necesario disponer de una herramienta capaz de manejar dicho lenguaje. A continuación se resumen las principales características que deben cumplir los distintos entornos de desarrollo:

A. *Entornos de Desarrollo no Integrado.*

La base de estos entornos se basa en disponer de aplicaciones independientes para realizar las labores de construcción del sistema. De esta manera, se puede disponer de un editor (muchas veces proporcionado por el sistema operativo), un compilador y un montador/enlazador. Los inconvenientes que tienen estos entornos son que no suelen incluir herramientas para la ayuda a la depuración y que para ejecutar el programa hay que hacerlo directamente desde el sistema operativo. De todas formas, la utilización de estos entornos se puede facilitar ligeramente si el sistema operativo ofrece un sistema de ventanas, pues, de esta forma, puede colocarse cada una de las aplicaciones en una ventana diferente.

B. *Entornos de Desarrollo Integrado.*

Un entorno de desarrollo integrado es un conjunto de herramientas y utilidades de ayuda a la programación integradas en una única aplicación, de forma que se facilita la labor del programador. Estas herramientas permiten la edición, compilación, el enlace, la ejecución y la depuración desde el propio entorno, sin necesidad de salir al sistema operativo. Al permitir ejecutar y depurar el sistema desde el propio entorno, se permite realizar trazas de ejecución, detener la ejecución en un determinado punto e inspeccionar los valores de las variables y evaluar expresiones.

Estos entornos suelen incorporar un completo sistema de ayudas, con información útil que el programador puede consultar en cualquier momento sin necesidad de acudir a manuales en papel. Además, suelen permitir la creación, gestión y utilización de librerías. También es frecuente que incorporen mecanismos de gestión de proyectos y manejo de múltiples ficheros fuente.

C. *Entornos de Desarrollo Gráficos.*

Estos entornos incorporan todas las características de los entornos integrados, pero sacando provecho de lo que ofrece el sistema operativo. Además, incorporan utilidades que facilitan la utilización y la gestión de los recursos del entorno operativo para que el sistema desarrollado pueda dialogar con el usuario. Normalmente, ésto se realiza por medio de un editor de recursos y se permite mezclar los recursos con el programa fuente. No obstante, la construcción de sistemas con este tipo de entorno puede verse dificultada debido a la gran cantidad de funciones que ofrece el entorno y su considerable complejidad.

D. *Entornos de Desarrollo Visuales.*

Los entornos de desarrollo visuales son entornos de desarrollo gráficos que permiten diseñar parte del programa (la interfaz) gráficamente, de forma visual. Es decir, se pueden dibujar los componentes que van a aparecer en la interfaz, tales como ventanas, menús, botones, cuadros de dialogo... y, además, se pueden asociar fácilmente dichos componentes con las partes del código fuente que los manejan. Un extremo de entornos visuales, en los que queda mucha investigación por realizar, son los que permiten construir un sistema sin necesidad de escribir ni una sola línea de código fuente.

E. *Entornos Multimedia.*

Los entornos multimedia permiten construir sistemas integrando vídeo, sonido, imágenes, texto y cualquier otro elemento multimedia. Estos entornos suelen utilizar un lenguaje propio para ayudar a realizar algunas construcciones del sistema. Aunque suele incorporar herramientas para manejar todos los tipos de información que puede incluir, suele ser bastante recomendable la utilización de herramientas específicas para capturar y editar vídeo, para manejar imágenes, para editar audio, etc.

Debido al tipo de información que manejan, los proyectos multimedia son proyectos multidisciplinarios, requiriendo, para llegar a un mínimo de calidad, además de los programadores, expertos en vídeo y sonido, artistas, dibujantes, compositores, etc.

VIII. FASE FINAL. EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE SOFTWARE

Asumido que existen errores, que se debe probar para detectarlos y que son de diferentes clases, lo que intuitivamente implica que habrá diferentes tipos de pruebas, queda por identificar que parte de la ingeniería de software aborda la prueba.

A. Recomendaciones Generales de la Metodología

Recuerde siempre que:

- La prueba es de los procesos peor entendidos dentro de la construcción del software.
- El producto software tiene como características:
 - * Es lógico, no físico.
 - * Se desarrolla a través de un proceso intelectual.
 - * Los costos se centran en la ingeniería, no en la fabricación.
 - * No tiene «piezas de repuesto».
- El producto software no es bueno debido a:
 - * Su característica de producto lógico, desarrollado mediante un proceso intelectual, lo que produce errores (por omisión, descuido, etc.)
 - * No se realizan correcta y convenientemente las pruebas.
- El costo de prueba de un producto es, de media, el 40 % o 50% del costo total.
- Una corrección en un producto software puede introducir nuevos fallos.
- Existe una media de 2,3 errores por cada 1.000 líneas de código.
- Los objetivos de la prueba son prevenir y encontrar los errores.
- A lo largo de la historia de la informática, el concepto de prueba ha evolucionado:
 - * Los costos de la prueba están en función de la criticidad del producto. Oscilan entre el 15% y el 85 % del costo del producto.
 - * La prueba se desarrolla mediante un proceso riguroso y controlado, tanto en la fase de desarrollo como en la de mantenimiento.
- Existen diferentes tipos de prueba de los que cada uno tiene diferentes enfoques:
 - * Las pruebas son realizadas por diferentes personas (técnicos, gestores, usuarios, etc.) y es necesaria tanto para los técnicos como para usuarios y la organización.
 - * Una prueba se dice satisfactoria cuando descubre un error no detectado hasta ese momento. En caso contrario, se dice insatisfactoria.
 - * Si una prueba es insatisfactoria, debe realizarse un análisis de ésta.
 - * Los errores se producen cuando el producto software es incompleto, inconsistente o incorrecto.
 - * Las distintas clases de errores pueden ser de requisitos, de diseño o de instrumentación.
 - * La mejor forma de prevenir los errores es descubrirlos y eliminarlos durante las fases de análisis y diseño.
- El objetivo de la verificación y validación es valorar y mejorar la calidad de los productos software intermedios y finales.
- La prueba es un proceso instructivo, condicionada por factores psicológicos y económicos.
- Una necesidad asociada a los casos de prueba es la definición de las salidas o resultados esperados:
 - * Un programador debe evitar probar su propio programa.
 - * Un equipo no debe probar sus propios programas.
 - * Se debe realizar una inspección minuciosa de cada caso de prueba.
 - * Los casos de prueba se escriben para válidas/inválidas «y» esperadas/inesperadas condiciones de entrada.
 - * La prueba del software se hace para ver, tanto si no hace lo que se supone que debe hacer, como si hace lo que se supone que no debe hacer.
 - * Se debe evitar tirar/perder los casos de prueba.
 - * No se deben planificar el esfuerzo de la prueba bajo la creencia de que no se encontrarán errores.
 - * La probabilidad de la existencia de más errores en una parte del software es proporcional al número de errores ya encontrados en dicha parte.

- * La prueba es una actividad extremadamente creativa, intelectual y difícil.
- * La prueba es el proceso de ejecutar un programa/sistema con la intención de descubrir errores.
- Un buen caso de prueba es aquel que tiene una alta posibilidad de descubrir un error no encontrarlo.
- La prueba completa no es posible.
- Una razón para la prueba es prevenir deficiencias antes de que ocurran.
- La prueba está basada en el riesgo.
- Los errores tienen distinta importancia y distintas consecuencias.
- Las consecuencias se corresponden con los traumas que produce el error en los usuarios del programa o sistema erróneo.
- Finalmente es necesario destacar que las pruebas que desarrolle el diseñador en cada producto de software pueden ser distintas, dependiendo de las características y naturaleza de éste, pero de forma general se recomienda se realicen los siguientes tipos de pruebas:
 - * Prueba de interfaz.
 - * Pruebas de caja Negra
 - * Pruebas de condiciones límite, y si la tecnología se lo permite
 - * Pruebas de Caja Blanca.

IX. CONCLUSIONES.

- Plantea una metodología de desarrollo de sistemas, la cual combina las técnicas de desarrollo estructurado y orientado a objetos, para las diferentes fases del proceso, análisis, diseño e implementación del software.
- La calidad de todos los productos de software a desarrollarse con la metodología está implícita en ella ya que combina las técnicas estructurada y orientada a objetos en sus mejores características.
- Se puede identificar claramente que, en el mundo actual los estándares sirven para unificar en una sola metodología o modelo los muchísimos modelos existentes. En nuestro país, lamentablemente, debemos comenzar por estandarizar, no por las muchas metodologías existentes sino por la

inexistencia o inutilización de estándares particulares de desarrollo.

- Si bien es cierto que la unidad de organización y sistemas de la ESPE sede Latacunga es pequeña, es necesario que se estandaricen sus procedimientos, pues, aunque sea en menor cantidad, si se diseña software, y anteriormente lo hacían sin ninguna guía.
- La metodología desarrollada es un proceso de Ingeniería de Software que proporciona un acercamiento disciplinado a la asignación de tareas y responsabilidades en un proyecto de desarrollo, con una característica muy especial, la participación proactiva del usuario del sistema.
- La Metodología emplea un ciclo de vida iterativo incremental que permite refinar cada artefacto en las diferentes iteraciones hasta obtener un resultado óptimo.
- Los modelos planteados nos ayudan a mantener la consistencia entre las fases del sistema: requerimientos, diseños e implementaciones.
- Los casos de uso reemplazan la antigua especificación funcional tradicional y constituyen la guía fundamental establecida para las actividades a realizar durante todo el proceso de desarrollo incluyendo el diseño, la implementación y las pruebas del sistema.
- A pesar de la importancia que tiene la Ingeniería de Requerimientos, ha costado mucho que se le preste la atención adecuada a esta actividad. La metodología mejora muchos desafíos, tales como la integración de requerimientos funcionales y no funcionales, la evaluación de especificaciones alternativas, la formalización de la SRS, entre otras.

X. REFERENCIAS

- [1] Bauer, F. L.: Software Engineering, Information Processing, 71, North Holland Publishing Co., Amsterdam, 1972.
- [2] Bohem, B. W.: Software Engineering, IEEE Transactions on Computers, C-25, núm.12, Diciembre, pp.1226-1241.
- [3] Zelkowitz, M. V., Shaw, A.C. y Gannon, J.D.: Principles of Software Engineering and Design. Prentice - Hall, Englewoods Clif, 1979.

- [4] IEEE: Standards Collection: Software Engineering, IEEE Standard 610.12-1990, IEEE, 1993.
- [5] Aplicaciones Informáticas de Gestión,
- [6] M. G. Piattini et al. Ra-Ma, 1996.
- [7] Terceiro, J.B. (1996) Sociedad Digital,
- [8] Del homo sapiens al homo digitalis. Madrid: Alianza Editorial.
- [9] Guía de Estudio del Módulo III "Metodología de Construcción de Sistemas de Software" de la Maestría en Ingeniería del Software, Escuela de Posgrado, Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- [10] Molich, R., y Nielsen, J., "Improving a human computer dialogue", *Communications of the ACM* 33, 3 (March), pp 338-348, 1990.
- [11] Molich, R., y Nielsen, J., "Heuristic evaluation of user interfaces", *Proceedings of the ACM CHI'90 Conference*, pp. 249-256, 1990.
- [12] Molich, R., y Nielsen, J., "Enhancing the explanatory power of usability heuristics", *Proceedings of the ACM CHI'94 Conference*, pp. 152-158, 1994.
- [13] Durrett, H.J., "General Approach to Rapid Prototyping",
- [14] Booch, Grady. 1996. *Análisis y Diseño Orientado a Objetos*. 2da edición. Ed. Addison-Wesley / Díaz de Santos.
- [15] Kendall & Kendall; *Análisis y Diseño de Sistemas*; 3ª Edición; Pearson Educación.
- [16] Roger S. Pressman; *Ingeniería del Software*; 4ª Edición; Mc Graw Hill
- [17] Cota A. 1994 "Ingeniería de Software". *Soluciones Avanzadas*. Julio de 1994. pp. 5-13.
- [18] Greiff W. R. *Paradigma vs Metodología; El Caso de la POO (Parte II)*. *Soluciones Avanzadas*. Ene-Feb 1994. pp. 31-39.
- [19] Jacobson, I. 1998. "Applying UML in The Unified Process" Presentación. Rational Software. Presentación disponible en: <http://www.rational.com/uml como UML conf.zip>
- [20] Senn, James A. "Análisis y Diseño de Sistemas de Información". Segunda Edición. McGraw Hill. 1992.
- [21] Fowler, Martín. "UML Gota a Gota". Primera edición. Addison Wesley Longman. 1999.
- [22] Brackett, Jhon W. "Software Requirements". Software Engineering Institute Education Program - Carnegie Mellon University. 1990.
- [23] Saiedian, H.; Dale, R. "Requirements Engineering: Making the connection between the software developer and customer". Department of Computer Science - University of Nebraska. 1999.
- [24] Oberg, Roger; Probasco Leslee; Ericsson, Maria. "Applying Requirements Management with Use Cases". Rational Software Corporation. 1998.
- [25] Hofmann, Hubert. "Requirements Engineering". Institute for Informatics - University of Zurich. 1993.
- [26] Object Management Group. "OMG Unified Modeling Language Specification". 1999.
- [27] Malan, Ruth. "Functional Requirements and Use Cases". Hewlette-Packard Company. 1999.
- [28] International Council of Systems Engineering. "INSIGTH - Requirements Sharing the Vision". Volumen 4. INCOSE. 2000.

DISEÑO DE FILTROS DIGITALES PASABAJOS MEDIANTE EL MUESTREO DE LA FRECUENCIA

Eddie E. Galarza Z.,¹

¹Carrera de Ing. Electrónica Escuela Politécnica del Ejército, Latacunga, Ecuador
email : egalarza@ltga.espe.edu.ec

Resumen: Las señales que se involucran para tener el placer de oír la música o para visualizar fotos o imágenes requieren de procesamiento, en el cual se incluyen operaciones que permiten manejar adecuadamente a dichas señales. En este procesamiento, las componentes de frecuencia de las señales deben ser en ciertos casos eliminadas y en otros dejarlas pasar e inclusive reforzarlas. Una de las técnicas que permite esta operación es el filtrado y que es una de las operaciones más comunes que se realizan en el manejo digital.

Existen varias técnicas que permiten que se realice este filtrado, utilizando filtros cuya respuesta a un impulso unitario es finita o infinita. Este artículo presenta una técnica que permite la obtención de filtros digitales pasabajos de respuesta impulsiva finita y que se la conoce como el muestreo de la frecuencia. Se analizan los aspectos teóricos y se implementa utilizando el programa MATLAB para finalmente presentar los resultados de la utilización de este método

I. INTRODUCCIÓN

El procesamiento digital de señales se diferencia de otras áreas de las ciencias de la computación debido a que utiliza como datos únicamente a señales. Las señales con las que trabaja el procesamiento de señales se originan en el mundo real, como por ejemplo los sonidos que produce la voz o la música, las imágenes fijas o en movimiento, las vibraciones sísmicas, etc. Este procesamiento digital de las señales trata con las matemáticas y la serie de algoritmos que resuelve los problemas mediante el uso del computador, para producir resultados que permiten el uso tecnológico que se encuentra presente en nuestros días.

Los inicios del procesamiento digital de las señales se pueden encontrar a fines de los

años 60, donde la aparición de las computadoras hicieron posible el desarrollo de este conocimiento, orientándose sus aplicaciones en forma inicial a la exploración petrolera, aplicaciones marítimas y de la aeronáutica en el radar y sonar, la exploración espacial mediante las señales que emiten los vehículos espaciales que alguna vez se enviaron al espacio.

La medicina también se ha beneficiado con el uso de este tipo de señales, permitiendo que el uso de las "imágenes médicas" sean analizadas, de tal manera que produzcan resultados que determinan con mayor precisión la enfermedad que tiene un paciente y que pueda definirse su tratamiento para al mismo tiempo lograr su recuperación. En la actualidad, una amplia aplicación en los campos militar, industrial, telefónico, de voz e imagen, entre otros, se han beneficiado de sus aplicaciones.

El procesamiento digital hace uso de otros campos de la ciencia tales como las teorías de las comunicaciones, análisis numérico, probabilidades y estadística, procesamiento de señales análogas, teoría de la decisión, electrónica digital, electrónica analógica, entre las principales, haciendo de esta ciencia inter y multidisciplinaria que requiere del uso integrado para poder desarrollarse[1].

Las señales que se utilizan en el procesamiento digital son señales discretas en el tiempo, que constituyen una secuencia de números reales o complejos que son función de una variable entera n , que se denota por $x(n)$. Esta variable n , la cual es la variable independiente, no representa necesariamente el tiempo; la figura 1. indica una secuencia de señal discreta que corresponde a una serie de impulsos

unitarios escalados y amplificadas en valores de n desde 1 a 10, que se representan de acuerdo a lo que expresa la ecuación 1.

$$x(n) = 2\delta(n+1) + \delta(n) - \delta(n-1) + \delta(n-3) - 2\delta(n-5) + 3\delta(n-6) - \delta(n-7) \quad (1)$$

En donde $\delta(n)$ corresponde a un impulso unitario, definido con una amplitud de 1 cuando $n=0$, y una amplitud de 0 para cualquier otro valor de n.

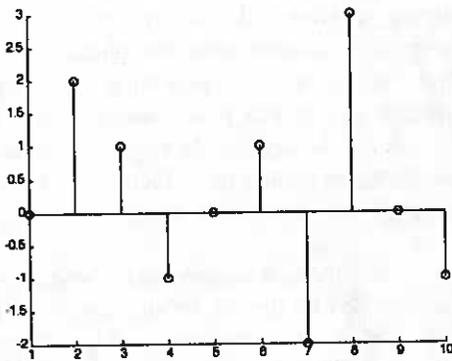


Fig. 1 Secuencia discreta x(n)

Las señales discretas en el tiempo se obtienen mediante un muestreo periódico de las señales continuas, de la forma [2]:

$$X(n) = x_a(nT_S) \quad (2)$$

Ecuación en la que T_S representa el intervalo de tiempo en el que se toman cada una de las muestras y que se lo conoce como periodo de muestreo, mientras que al inverso de esa frecuencia es decir, $1/T_S$, se lo conoce como la frecuencia de muestreo f_s .

Para obtener la señal muestreada, es necesario multiplicar a la señal continua por una serie de impulsos periódicos obteniendo la señal:

$$s_a(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_S) \quad (3)$$

Para formar la señal muestreada

$$x_s(t) = x_a(t)s_a(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_a(nT_S)\delta(t - nT_S) \quad (4)$$

En ciertos casos, una señal discreta puede ser periódica y en ese caso la secuencia se define de acuerdo a la ecuación (5).

$$x(n) = x(n+N) \quad (5)$$

en donde N , representa la periodicidad de la señal.

En las aplicaciones del procesamiento digital de señales existe una gran variedad de usos en los que es necesario cambiar las amplitudes relativas de las componentes de frecuencia que son parte de una señal, debiendo en algunos casos eliminar en forma completa a algunas de ellas y a otras permitiéndoles pasar sin ningún tipo de modificación. A este tipo de operación se le conoce como filtrado. A los sistemas lineales e invariantes en el tiempo (LTI) que cambian la forma del espectro se les conoce como *filtros conformadores de frecuencia* [3].

Los sistemas diseñados para dejar pasar algunas frecuencias esencialmente no distorsionadas y atenuar de manera significativa o eliminar por completo a otras se los conoce como *filtros selectivos de frecuencia*. El filtrado se lo puede realizar de manera conveniente mediante un sistema LTI con una respuesta de frecuencia seleccionada adecuadamente, y los métodos en el dominio de la frecuencia proporcionan las herramientas ideales para examinar este tipo de aplicaciones.

Los filtros son una clase importante de sistemas lineales invariantes en el tiempo. Los filtros son sistemas selectores de frecuencia que permiten el paso de ciertos componentes de frecuencia y que rechazan a otras en forma completa.

El diseño de filtros involucra los siguientes estados: 1) las especificaciones que debe cumplir el filtro, 2) las aproximaciones de las especificaciones utilizando sistemas causales discretos en el tiempo y 3) la implementación del sistema. En el primer

punto, los aspectos a considerar dependerán esencialmente la aplicación en la que se utilizará el filtro; el segundo aspecto se considera en forma genérica y el tercero que dependerá de la tecnología. En la mayor parte de las aplicaciones, el filtro se lo implementa en la forma en la que se utilicen técnicas computacionales, por lo que se les conoce como *filtros digitales* [4].



Fig. 2 Sistema básico para el filtrado discreto en el tiempo

Si un sistema discreto en el tiempo se usa como en la figura 2., y si la entrada es limitada en su banda de entrada y la frecuencia de muestreo es lo bastante alta para que se elimine el efecto "aliasing", el sistema total se comporta como un sistema continuo en el tiempo lineal e invariante en el mismo tiempo.

Con respuesta de frecuencia de la forma:

$$H_{\text{eff}}(j\Omega) = \begin{cases} H(e^{j\Omega T}), & |\Omega| < \pi/T, \\ 0, & |\Omega| > \pi/T. \end{cases} \quad (6)$$

En estos casos es conveniente convertir, a partir de las especificaciones de un filtro continuo en el tiempo, a las especificaciones del filtro en el sistema discreto mediante el uso de la relación $\omega = \Omega T$. Es decir que $H(e^{j\omega})$ se especifica sobre un periodo mediante la ecuación:

$$H(e^{j\omega}) = H_{\text{eff}} \left(j \frac{\omega}{T} \right) \quad |\omega| < \pi \quad (7)$$

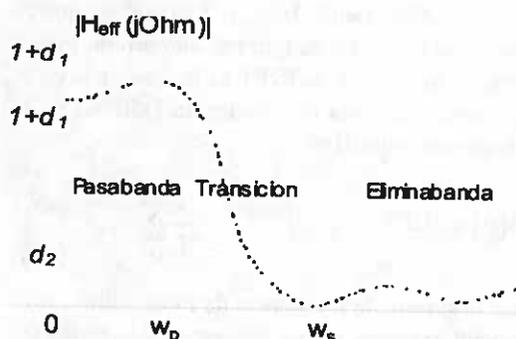


Fig. 3 Especificaciones para un filtro pasabajos.

II. TÉCNICA DE FILTRADO

La transformada discreta de Fourier (DFT) de la respuesta impulsiva de un filtro FIR entrega muestras uniformemente espaciadas de su respuesta de frecuencia. Se puede determinar una forma inversa mediante la cual, la respuesta ideal de la frecuencia de L muestras exactamente espaciadas, sea obtenida utilizando la transformada inversa de Fourier (IDFT) para obtener la respuesta impulsiva del filtro. Esta técnica se la conoce como el Diseño de la Frecuencia de Muestreo. El principal problema de esta forma es la carencia de control sobre la respuesta de frecuencia entre las muestras [5].

El procedimiento que se considera es el siguiente: La respuesta de frecuencia de un filtro FIR de longitud L se da mediante la transformada de Fourier discreta en el tiempo de la respuesta impulsiva:

$$H(e^{j\omega}) = \sum_{n=0}^{L-1} h[n] e^{-j\omega n} \quad (8)$$

La DFT de longitud L de $h[n]$ es un conjunto de L muestras espaciadas de $H(e^{j\omega})$ sobre ω desde 0 a 2π dado por:

$$H_k = H(e^{j2\pi k/L}) = \sum_{n=0}^{L-1} h[n] e^{-j2\pi kn/L} \quad (9)$$

Con $k=0,1,2,\dots,L-1$. debido a que la longitud del filtro es igual al número de muestras de frecuencia, la IDFT de las muestras de la respuesta deseada de frecuencia $H_d(e^{j\omega})$ es la respuesta impulsiva

$$h[n] = IDFT \{H_d(e^{j2\pi k/L})\} = \frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L-1} H_k e^{j2\pi kn/L} \quad (10)$$

La respuesta de frecuencia de este filtro interpolará exactamente las muestras de la respuesta de frecuencia deseada. Para el caso general, $h[n]$ y $H(e^{j\omega})$ son valores complejos, lo que significa que existen $2L$ grados de libertad y $2L$ ecuaciones necesarios para determinar los $2L$ valores desconocidos. Las muestras de la respuesta de frecuencia son igualmente espaciadas sobre el rango de frecuencia ω desde $-\pi$ a π o desde 0 a 2π .

La mayoría de los diseños prácticos de filtros presentan restricciones. La respuesta impulsiva $h[n]$ es normalmente real, lo que significa que la parte real de $H(e^{j\omega})$ debe ser una función par y la parte imaginaria debe ser impar, de tal manera que existen solamente L grados de libertad. Si la respuesta de frecuencia tiene fase lineal, la respuesta impulsiva es simétrica y, por lo tanto, tiene alrededor de la mitad de grados de libertad así como su longitud.

Existe una importante diferencia en la respuesta de frecuencia de los filtros FIR pares e impares, la respuesta de frecuencia de un filtro de fase lineal de longitud par debe ser "0" en $\omega = \pi$, el retardo de grupo es un entero para un filtro de longitud impar y un múltiplo impar de la mitad de la longitud par.

IV. IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA

El programa realizado para el desarrollo del filtro utilizando la técnica del muestreo de la frecuencia, considera aspectos tales como el análisis de la longitud del filtro, definición del tamaño de la muestra del valor "1" y valor "0", manteniendo su simetría para conformar de esta manera la respuesta en frecuencia del filtro en el intervalo de 0 a $L-1$. Se calcula la inversa de la transformada discreta de Fourier y se visualizan los resultados entre 0 y π .

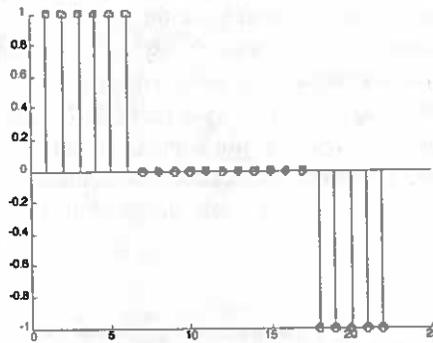


Fig. 4 Muestras base para $L = 22$, $\omega_c=0.5\pi$.

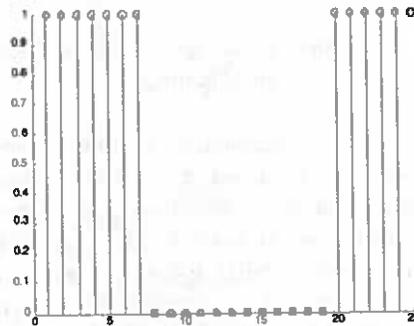


Fig. 5 Muestras bases para $L = 25$, $\omega_c=0.5\pi$

n	Valor
0	-0.0498
1	0.0412
2	0.0667
3	-0.0365
4	-0.1079
5	0.0341
6	0.3189
7	0.4667
8	0.3189
9	0.0341
10	-0.1079
11	-0.0365
12	0.0667
13	0.0412
14	-0.0498

Tab. 1 Valores de la respuesta impulsiva unitaria para $L=15$, $\omega_c = 0.5 \pi$.

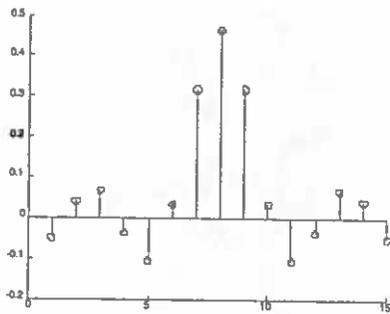


Fig. 6 Respuesta impulsiva unitaria para $L=15$, $w_c=0.5\pi$

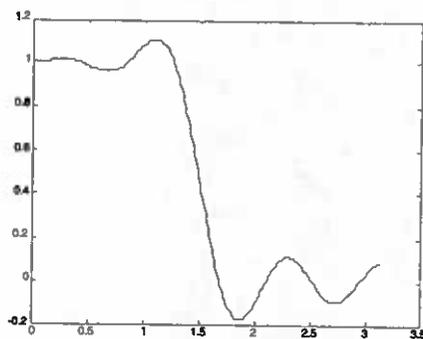


Fig. 7 Respuesta del filtro para $L=15$, $w_c=0.5\pi$.

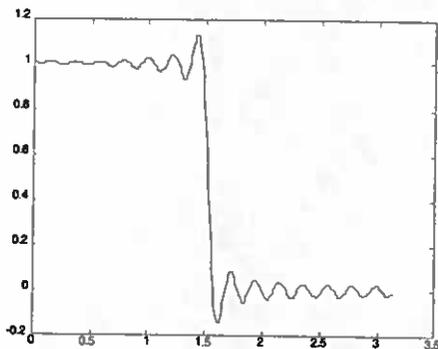


Fig. 8 Respuesta del filtro para $L=100$, $w_c=0.5\pi$.

IV. CONCLUSIONES

- El método del muestreo de la frecuencia utilizado para el diseño de filtros es un camino sencillo que se puede utilizar para obtener filtros digitales de cualesquier característica.
- Para obtener filtros pasabajos, el método debe considerar una simetría impar para longitudes pares y una simetría par para longitudes impares del filtro.
- El programa Matlab ofrece la ayuda adecuada que permite el diseño adecuado de cualquier filtro. Se puede realizar la simulación para la aplicación del filtro y determinar los posibles resultados.
- Los resultados obtenidos para esta aplicación pueden ser extendidos a filtros pasabandas y pasa-altos

V. REFERENCIAS

- [1] Smith S. "Digital Signal Processing, "A practical guide for Engineers and Scientists". Editorial Newnes. New York, 2003. pags. 2-5.
- [2] Hayes M.: "Digital Signal processing". McGraw Hill, New York 1999, pag. 101
- [3] Oppenheim A. - Willsky A. - Nawad S., "Señales y Sistemas", Prentice - Hall, México, segunda edición, 1997. pag. 231-232
- [4] Oppenheim A. - Schafer R., "Discrete Time Signal Processing", Prentice - Hall, New Jersey, 1989. pag. 403-5
- [5] Burrus C., Maclellan J., Oppenheim A., Parks T., Schaefer R., Schuessler H.: "Computer based exercises for signal processing using Matlab", Prentice Hall New Jersey - 1994. pags. 247-54.

TRANSFORMADA WAVELET PARA LA REDUCCIÓN DE RUIDO EN SEÑALES ACUSTICAS

Armando F. Alvarez S.¹

¹ Carrera de Electrónica. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga,
Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador,

email : afalvarezsa@yahoo.com

Resumen: Este trabajo presenta a la transformada Wavelet como una herramienta para reducir el ruido que puede aparecer en una señal de baja frecuencia, ésta señal puede ser una de audio; el ruido está considerado como ruido blanco Gaussiano, el cual aparece con cierta frecuencia en estas señales debido a efectos como el propio ruido térmico de los aparatos electrónicos, ruidos que se originan en medios de transmisión, etc.

La técnica es aplicada después de la adquisición de la señal, tratándose por tanto de un método de procesamiento de señales off-line, donde el principal objetivo es la mejora de la relación señal-ruido. Como los cálculos relativos a la transformada Wavelet se realizan en equipos computacionales el costo del procesamiento no es elevado.

I. INTRODUCCIÓN

Las Transformadas Wavelets (TW) han tomado una enorme popularidad recientemente; sin embargo, sus inicios datan de 1909 con el trabajo de Alfred Haar, quien construyó el primer sistema ortonormal de funciones con soporte compacto, ahora llamada base de Haar, fundamento de la moderna teoría de wavelet. Otro avance significativo vino en 1946 cuando Dennis Gabor describió una base no-ortogonal de lo que ahora se llaman wavelets con soporte no acotado; luego en 1982 Morlet y Grassman mostraron como señales arbitrarias pueden ser analizadas en términos de escalamientos y translaciones de una función madre; Meyer y Mallat ampliaron esta noción a una teoría llamada "multiresolución análisis", y es Mallat quien mostró esta teoría para el procesamiento de imágenes y el análisis de señales.

La historia de la TW se puede entonces representar como un árbol con raíces en diferentes direcciones, donde el tronco indicaría las herramientas desarrolladas con la

TW desde décadas anteriores, y la copa, con todas sus ramas, correspondería a las diferentes direcciones y aplicaciones en las cuales las wavelets están tomando fuerza como herramientas matemáticas estándar.

Las wavelets se pueden clasificar en dos grandes grupos: las wavelets continuas o redundantes y las wavelets discretas o no redundantes; y sus transformadas en: transformada wavelet continua (CWT) y transformada wavelet discreta (DWT) (wavelets de bases ortogonales, semi-ortogonales, y biortogonales). Las wavelets redundantes producen mejores resultados en el análisis de señales, en la detección y en la extracción de características, ya que brindan una completa descripción espectro-temporal de la señal analizada. Las wavelets no redundantes, dada la ortogonalidad, presentan resultados muy buenos cuando se necesita comprimir cierta cantidad de datos para su almacenamiento o transmisión, y/o cuando la ortogonalidad de la representación se considera un factor importante para evitar la redundancia de información.

El tema está asociado al análisis y la extracción de características de las señales y no a la compresión de datos, por tanto, su enfoque estará en revisar en forma muy resumida la teoría de las wavelets continuas y de su manejo y aplicación.

Una forma de interpretar el análisis por wavelets es entendiendo que una función wavelet es una función base, de la misma forma que las exponenciales complejas son funciones base en el análisis de Fourier. La transformada de Fourier (1):

$$F(w) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad (1)$$

resulta extremadamente útil, razón por la cual sería natural preguntarse por qué podría ser necesario el uso de otra herramienta para el análisis de señales; pues bien, al pasar una señal al dominio de la frecuencia se pierde la información referente al tiempo; más precisamente, cuando se observa una señal producto de la Transformada de Fourier, resulta imposible determinar cuándo ocurre un determinado evento o cuándo está presente una determinada frecuencia. Si las propiedades de la señal que se está analizando no cambian demasiado en el tiempo, es decir, es una señal estacionaria, esta desventaja no resulta muy relevante. Sin embargo, un importante número de señales de interés presentan características transitorias, tales como cambios abruptos, comienzos o finales de eventos, etc. Generalmente estas características no estacionarias son las más interesantes para su análisis, y la Transformada de Fourier no está preparada para detectarlas y analizarlas.

En un esfuerzo por corregir la deficiencia presentada en el punto anterior, Dennis Gabor en 1946 adaptó a la Transformada de Fourier para analizar una pequeña sección de la señal en un determinado tiempo, introduciendo una función que él denominó ventana; ésta adaptación se la conoce como técnica Short-Time Fourier Transform, (2); la cual lleva una señal del plano del tiempo a un plano bidimensional en tiempo y frecuencia:

$$STFT(\tau, \omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t)h(\tau-t)e^{-j\omega t} dt \quad (2)$$

en donde: $h(t)$ es la ventana y $f(t)$ es la señal.

Esta transformación no resuelve del todo las limitaciones que la FT presenta, ya que su resolución en tiempo-frecuencia se asocia a un compromiso de precisión en cuanto a la localización de transitorios. Es importante mencionar que la STFT presenta un compromiso entre el dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia de la señal, ya que provee algo de información de cuándo y a qué frecuencia en una señal ocurre un determinado evento; pero se puede obtener esta información con una precisión limitada, la cual está dada por el tamaño de la ventana. En el análisis por

wavelets, la ventana de la señal analizada se realiza en regiones de tamaño variable. Esta técnica permite una mayor precisión en frecuencia, a bajas frecuencias, mediante la dilatación de las ventanas en el tiempo, y también una mayor precisión temporal a altas frecuencias mediante la contracción de las ventanas en el tiempo.

La CWT se define matemáticamente de la siguiente forma:

$$CWT(b, a) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) f(t) dt \quad (3)$$

Donde a define la escala y b define el desplazamiento, como se indica en la figura 1.

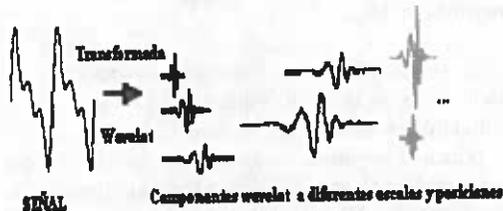


Fig. 1 Transformada Wavelet

La transformada Wavelet es, entonces, una operación lineal que descompone una señal en componentes que aparecen en diferentes escalas (o resoluciones) y posiciones (o desplazamientos).

La Transformada wavelet de la función $f(t)$ con $\psi(t)$ como la wavelet madre, es definida como la integral del producto interno de $f(t)$ y $\psi((t-b)/a)$ como indica (3). Aquí, la wavelet madre satisface las condiciones de admisibilidad y sus versiones escaladas actúan como filtros pasa bajos sobre la señal [1]. Para clarificar más esta transformada, se considera el siguiente ejemplo: se tiene una señal que tiene frecuencias que van de 0 a 1000 Hz, en el primer nivel se divide la señal en dos partes, pasándola por un filtro pasabajos y otro pasa altos; de modo, que se obtienen dos diferentes versiones de la señal original, la una que va de 0 a 500 Hz y la otra que va de 500 a 1000 Hz. Luego, se toma una de estas partes o las dos y se repite el proceso obteniéndose cuatro versiones diferentes de la señal original: de 0 a

250 Hz, de 250 a 500 Hz, de 500 a 750 Hz y de 750 a 1000 Hz. Se puede continuar con este procedimiento hasta que se haya descompuesto a la señal en un número determinado de niveles. De este modo se obtiene un grupo determinado de señales que representan a la misma señal, pero corresponden a diferentes bandas de frecuencia. A estas señales es posible agruparlas y hacer un gráfico en tres dimensiones, teniendo el tiempo en un eje, la frecuencia en el otro y la amplitud en el tercero; de este modo será posible analizar qué frecuencias ocurren y a qué tiempo.

La transformada Wavelet en tiempo continuo origina muchos coeficientes wavelet CWT a diferentes escalas y posiciones.

Para lograr un mejor análisis wavelet, se debe seleccionar una que se asimile a la forma de la señal a analizar. Por ésto y porque se desea analizar una señal de audio se va a utilizar las wavelet daubichies (db4).

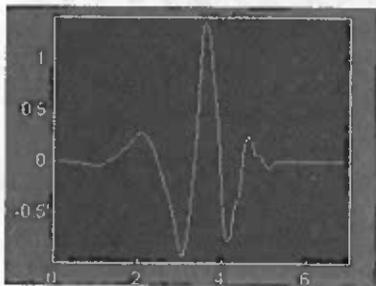


Fig. 2 Wavelet Daubichies (db4) empleada en este trabajo

II. TÉCNICA DE FILTRADO

La determinación de la Transformada Wavelet de una señal $f(t)$ puede ser realizada en los siguientes pasos[3]:

Se inicia definiendo un valor de la escala para la señal wavelet, así como también el inicio de la misma, que puede ser para $b = 0$; luego se multiplica con la señal $f(t)$ y el resultado se integra sobre todo el espacio de tiempo; este resultado se multiplica por la raíz cuadrada de la escala (a) con el objeto de normalizar la energía y así obtener una transformada con la misma energía a cualquier escala. Es importante destacar que este resultado indica el grado de

relación (correlación) entre la wavelet y la porción de la señal original.

La función wavelet con la misma escala, se traslada en el tiempo definido por b , y se vuelve a realizar el procedimiento anterior. Se debe repetir para otras traslaciones hasta llegar al final de la señal.

Finalmente se cambia el valor de la escala " a ", y se vuelven a repetir los pasos anteriores hasta haber barrido todas las frecuencias que se desean analizar. Es importante indicar que, como la Transformada Wavelet es continua, las variaciones del escalamiento y de la traslación también son continuas.

Para su cálculo mediante computadora se utiliza un algoritmo parecido a la FFT, el efecto de la transformada Wavelet es el de filtrar la señal mediante un banco de filtros de dos tipos, paso alto y paso bajo como ya se indicó anteriormente. El número de veces que es filtrada la señal viene determinado por el nivel de la descomposición.

Para reducir el ruido de la señal la idea básica es eliminar los componentes obtenidos en la transformada Wavelet que está por debajo de un cierto nivel de umbral, y si está por encima multiplicarlos por un cierto factor de ponderación, antes de llevar a cabo la transformada inversa.

Para la reducción del ruido se va a utilizar un procedimiento no lineal, denominado soft-thresholding [3], en el cual sólo aquellos coeficientes que estén por debajo de cierto umbral serán eliminados, el resto son ponderados.

El umbral se obtendrá mediante cálculos estadísticos. En primer lugar, para la reducción del ruido blanco se considera la señal adquirida $y[n]$ muestreada de una señal $f(t)$ como:

$$y[n] = x[n] + \mu \cdot e[n] \quad \text{para } n = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

donde $x[n]$ es la señal sin ruido, $e[n]$ representa ruido blanco gaussiano con media nula y varianza 1, y μ representa su nivel. Se utiliza la

transformada Wavelet para obtener los detalles de la señal, a distintos niveles y a continuación se aplica el umbral [5] para llevar a cabo la reducción del ruido de forma no lineal, se emplea la curva de la figura 3, y se calcula la transformada inversa para obtener la señal resultante.

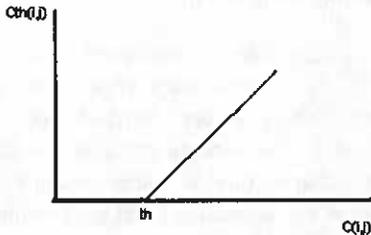


Fig. 3 Nivel de decisión

Esta curva que corresponde a la expresión a los coeficientes CWT = C(i,j):

$$C_{th}(i, j) = \begin{cases} 0 & |C(i, j)| < th \\ C(i, j) \times (C(i, j) - th) & |C(i, j)| > th \end{cases} \quad (6)$$

donde C(i,j) representan los coeficientes de los detalles obtenidos mediante la transformada Wavelet [4]. El valor de δ utilizado para este umbral viene dado por la expresión:

$$\delta = \frac{|C(i, j)|}{0.6745} \quad (7)$$

Para aplicar este método hay que tener en cuenta que las señales no deben ser de larga duración; caso contrario, el método de reducción de ruido aplicado puede fallar debido a que, a lo largo de la señal el nivel de ruido cambiará; para evitar esto se puede dividir a la señal en una serie de intervalos donde el nivel de ruido se considera constante y procesar cada uno de ellos por separado. Para estimar el nivel de ruido se calcula la energía del intervalo obtenido mediante la transformada Wavelet, en el primer nivel. En las figuras siguientes se puede observar la señal original, la señal ruidosa y la señal luego de ser procesada con la transformada Wavelet.

Para llevar a cabo este proceso, según el nivel de ruido detectado, se utiliza un nivel de descomposición 128 y una familia de Wavelets que corresponde a la Daubichies (db4); para lo cual se utilizará el software Matlab y su toolbox de las wavelet, en vista de que existen funcio-

nes que resuelven matemáticamente todo el proceso que está indicado a continuación:

Se introduce ruido a una señal $x(n)$ donde $n = 1000$; este ruido es del tipo ruido blanco Gaussiano, como se indica en la figura 4.

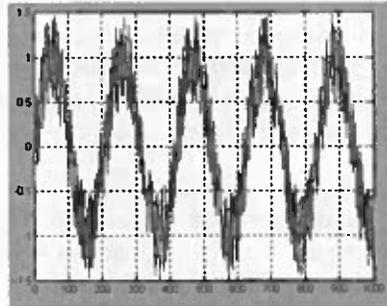


Fig. 4 Señal ruidosa

Se determina la transformada Wavelet de la señal ruidosa, utilizando la wavelet Daubichies.

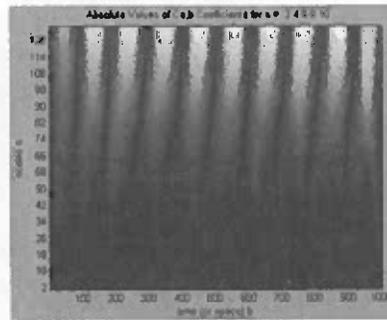


Fig. 5 Coeficientes Cth(i,j) representados en el escalograma frecuencia-tiempo.

Finalmente, luego de la aplicación de la técnica indicada anteriormente, se obtiene la transformada inversa Wavelet, esta señal está prácticamente libre de ruido, como puede notarse en la figura 6.

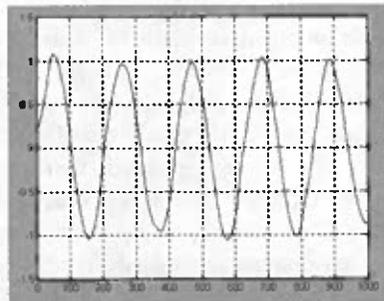


Fig. 6 Señal recuperada

Se aprecia el excelente desempeño de la Transformada Wavelet para suprimir el ruido de señales, situación que es bastante frecuente en señales de medición, por lo que resulta de gran utilidad.

Este procedimiento puede también ser llevado a imágenes, para eliminar el ruido o distorsión que eventualmente se pudiera presentar.

III. CONCLUSIONES

- La Transformada Wavelet es una herramienta matemática adicional a las ya conocidas para el análisis de señales.
- La transformada continua de Wavelet (CWT) puede utilizarse para el análisis tiempo-frecuencia de una función temporal y presenta cierta información para el análisis de señales en una escala mucho más fina que la obtenida con otras transformadas.
- La aplicación de la técnica vista presenta notables ventajas respecto al filtrado pasa bajo convencional, ya que permite eliminar componentes de alta frecuencia de la señal debido al ruido, sin suavizar el resto de detalles de la señal.
- Un aspecto importante es la selección adecuada de los umbrales de filtrado para cada escala en función de las características de la señal, lo que posibilita la obtención de un filtro adaptativo, de gran utilidad para la etapa de preproceso de señales analógicas acústicas.

- Entre las posibles aplicaciones de esta técnica es en el tratamiento del ruido en señales de voz, señales de audio, señales electrocardiográficas, señales sismológicas, etc.

IV. REFERENCIAS

- [1] Graps Amara. An Introduction to Wavelets. IEEE computational. Science & Engineering. Summer 1995.
- [2] Matlab 6.5
- [3] Proakis J. G.; Manolakis D. J. (1998) Tratamiento digital de Señales (3era edición). Prentice Hall. Madrid.
- [4] Mallat S. (2001) A Wavelet tour of signal processing (2da edición) Academic Press. University of Cambridge.
- [5] Artículo: Filtrado de señales de voz a través de "wavelet shrinkage" de Diego R. Llanos Ferraris, Valentín Cardeñoso Payo.
- [6] Artículo: Caracterización del intervalo QT en una señal electrocardiográfica usando la Transformada Wavelet de A. Mendoza, L. Archila y J. A. Ardila
- [7] Artículo: Procesamiento no lineal con Wavelet para la eliminación del ruido en imágenes planares de medicina nuclear de Perez Amalia, La Mura Guillermo, Piotrkowski Rosa, Serrano Eduardo
- [8] Artículo: Reducción del ruido en señales Electrocardiográficas mediante la transformada Wavelet de D. Cuesta Frau, D. Novák, J.C. Pérez Cortés, G. Andréu García, V. Eck, C. Sastre Mengual, M. Llorca Alcón.

UTILIZACIÓN DE LOS ESTÁNDARES IEEE EN LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE MÉTRICA 3

Gladys Aguagallo Lema, Paulina Cañizares Cueva
Facultad de Sistemas e Informática, Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga,
Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador
email: paulinacc25@yahoo.com.mx
email: gladys@yahoo.com.mx

Resumen: En este artículo se realiza el estudio de la metodología Métrica V3 y se analiza los Estándares IEEE, para aplicarlos en la construcción de un producto software, con el fin de obtener un software de calidad en un Sistema de Inventario orientado a la WEB.

Palabras Claves: Ingeniería de Software, Métrica V3, IEEE, Calidad del Software

I. INTRODUCCIÓN

A. *Ingeniería de Software*

Trata de construir productos software de alta calidad, usando los modelos, técnicas y estándares que forman parte de ésta para optimizar tiempo, costo y recursos. Contiene tres fases genéricas para desarrollar el producto software:

- Definición
- Desarrollo
- Mantenimiento

El proceso de ingeniería de software se define como un conjunto de etapas parcialmente ordenadas con el objetivo de lograr obtener un producto software de calidad, usando una metodología y un lenguaje.

B. *Métrica V3*

La metodología Métrica V3 ofrece a las Organizaciones un instrumento útil para la sistematización de las actividades que dan soporte al ciclo de vida del software, la misma aporta con las siguientes ventajas:

- Trabajo estándar
- Aumento de la calidad de los sistemas
- Facilita el mantenimiento y satisfacción de los requisitos

- Integra el modelo estructurado y orientado a objetos
- La planificación estratégica Interfaces

C. *Calidad de Software*

La calidad del software es el conjunto de cualidades que caracterizan y determinan su utilidad y existencia; se puede medir durante las diferentes etapas del ciclo de vida del software; ésta se debe construir desde el comienzo y no añadir después. Por la búsqueda incansable de la calidad aparece un conjunto de estándares, que pueden ser aplicados en el desarrollo del software.

D. *Estándar IEEE*

IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) es una asociación de profesionales de la ingeniería agrupados en diferentes comités que trabajan en diversas áreas; con el fin de fomentar la calidad en los productos ha desarrollado un conjunto de estándares para diversas áreas.

Los estándares contienen una serie de procedimientos que se deben seguir con el fin de asegurar la calidad del software, es decir proporcionan una guía para obtener software de calidad

Cada área tiene sus respectivos estándares, en este caso se citará los estándares de la ingeniería de software, los que se aplicarán en el ciclo de vida del software.

II. DESARROLLO DEL PRODUCTO SOFTWARE

Para el desarrollo del producto software se analiza la Métrica V3 y los Estándares IEEE

A. Métrica V3

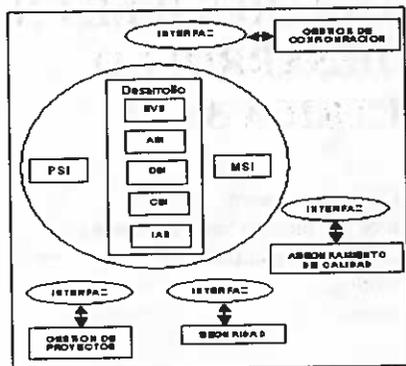


Fig. 1 Estructura Principal de Métrica V3

1. Fases

PSI (Planificación del Sistema de información) Es un marco de referencia para el desarrollo del sistema de información que responde a los objetivos estratégicos de la organización.

Desarrollo Contiene todas las actividades y tareas para desarrollar el sistema.

EVS (Estudio de Viabilidad del Sistema) Analiza las necesidades y propone una solución a corto plazo.

ASI (Análisis del Sistema de Información) Detalla la especificación del sistema de información y sus interfaces.

DSI (Diseño del Sistema de Información) Define la arquitectura del sistema y el entorno tecnológico que le dará soporte al sistema.

CSI (Construcción del Sistema de Información) Construye y prueba los distintos componentes del sistema de información.

IAS (Implantación y Aceptación del Sistema) Entrega y aceptación del sistema en su totalidad.

MSI (Mantenimiento del Sistema de Información) Para obtener una nueva versión del sistema a partir de las peticiones de los usuarios finales.

Interfaces Conjunto de procesos que definen una serie de actividades.

GP (Gestión de Proyectos) Serie de actividades que realiza en paralelo a las actividades principales del ciclo de vida del software.

SEG (Seguridad) Incorpora los mecanismos adicionales a los que se proponen en la propia metodología.

GC (Gestión de la Configuración) Identifica y controla los cambios de la configuración del sistema.

CAL (Aseguramiento de la Calidad) Verifica la calidad de los productos.

2. Actividades

El siguiente cuadro se detalla las actividades que conforman las fases de la métrica v3

Nº	Actividad	Descripción
1	Glosario de términos Fase: Análisis	Establece un diccionario de términos o palabras desconocidos
2	Catalogo de Normas Fase: Análisis	Registra los estándares que se aplican
3	Catalogo de Requisitos Fase: Análisis	(ERS) Identifica los requisitos funcionales
4	Catalogo de Requisitos Fase: Diseño	Identifica los requisitos funcionales del ERS
5	Catalogo de Excepciones Fase: Diseño	Define el comportamiento no habitual del sistema
6	Catalogo de Normas Fase: Diseño	Registra los estándares que se aplican
7	Entorno Tecnológico del Sistema Fase: Diseño	Identifica lo que se requiere para diseñar y construir el sistema
8	Diseño Detallado de los subsistemas de Soporte Fase: Diseño	Identifica todas los subsistemas y sus componentes
9	Modelo Físico de datos Fase: Diseño	Representa la estructura de los datos físicos
10	Código Fuente Fase: Construcción	Lenguaje de programación del sistema
11	Manual de Usuario Fase: Construcción	Detalla el funcionamiento del sistema para que el usuario lo maneje
12	Especificación de la Formación a Usuarios Finales Fase: Construcción	Detalle al Usuario y el perfil para la manipulación del Sistema de Información
13	Resultado Pruebas Unitarias Fase: Construcción	Registra los errores existentes en los requisitos
14	Evaluación de Resultados Pruebas de Integración Fase: Construcción	Prueba y registra que los componentes interactúen correctamente entre las interfaces
15	Evaluación de resultados pruebas de Sistema Fase: Construcción	Prueba y registra el funcionamiento global del sistema.

Cuadro 1 Actividades Métricas V3

B. Estándares IEEE

Nº	Estándar IEEE	Actividad/Fase Métrica V3
1	IEEE Std 610.12 Estándar IEEE para Glosario de Terminología de Ingeniería de Software	Análisis del Sistema de Información (ASI). • Diccionario de los términos desconocidos, utilizados.
2	IEEE Std 830 Practica Recomendada para la Especificación de Requisitos Software (ERS)	Análisis del Sistema de Información (ASI) • Análisis de Consistencia y Especificación de Requisitos. Recopila los requisitos funcionales y restricciones que tendrá el sistema.
3	IEEE Std 1008 Estándar IEEE para Pruebas Unitarias del Software	Análisis del Sistema de Información (ASI) • Especificación del Plan de Pruebas. Este plan inicia cuando comienza el plan general con el estándar 829, lo mas importante son las características a ser probadas
4	IEEE Std 1320.2 Estándar IEEE para el Modelo Conceptual Lenguaje - Sintaxis y Semántica para IDEF1X (Definición Integrada para el Modelo de Información)	Análisis del Sistema de Información (ASI) • Elaborar Modelo Conceptual. Lenguaje utilizado para representar el esquema conceptual del sistema
5	IEEE Std 829 Estándar IEEE para Documentación de Pruebas del Software.	Diseño del Sistema de Información (DSI) • Especificación Técnica del Plan de Pruebas. Descubre los defectos del software, realiza las pruebas unitarias, integración y del sistema
6	IEEE Std 1063 Estándar IEEE para Documentación de Usuario del Software	Diseño del Sistema de Información (DSI) • Especificación de requisitos de Documentación de Usuario. Construcción del Sistema de Información (CSI) • Elaboración del Manual de Usuario. Estructura la documentación del usuario en uno o varios documentos, estos pueden ser impresos o electrónicos
7	IEEE Std 828 Estándar IEEE para Planes de Gestión de Configuración de Software (SCMP)	Interfaz: Gestión de Configuración • Establecimiento del plan de Gestión de Configuración. Controla la trazabilidad del producto software en el tiempo, lo mas importante son los elementos de configuración y las líneas bases
8	IEEE Std 730 Estándar IEEE para Planes de Aseguramiento de Calidad (SQAP)	Interfaz: Aseguramiento de la Calidad • Especificación Inicial del Plan de SQAP.

Cuadro 2 Estándares vs. Métrica V3.

III DESCRIPCIÓN

Para el desarrollo del Sistema de Inventario, se aplica la Métrica V3 y los estándares IEEE de acuerdo al cuadro 2, obteniendo un producto de software, el mismo que permite la gestión de la información de socios, artículos, proveedores, facturas de compra y venta, de una empresa en particular.

IV. PRUEBA DEL PROTOTIPO

Se realizaron tres tipos de pruebas:

- Prueba de Unidad
- Prueba de Integración
- Prueba del Sistema

En las Pruebas de Unidad se verificó las características a ser probadas por medio de los requisitos, aplicando el estándar IEEE de pruebas unitarias 1008

En las Pruebas de Integración se comprobó que las interfaces estén correctamente enlazadas, aplicando el estándar IEEE de pruebas de integración 829

En las Pruebas del Sistema se comprobó el correcto funcionamiento del Sistema, aplicando el estándar IEEE de pruebas de sistema 829.

V. RESULTADOS

Como resultado de la aplicación de la Métrica V3 y los estándares IEEE se obtuvo la siguiente documentación:

- Catalogo de términos
- Catalogo de requisitos (ERS)
- Catalogo de normas
- Catalogo de excepciones
- Entorno tecnológico del sistema
- Diseño detallado de los subsistemas de soporte
- Modelo Conceptual (E-R)
- Código fuente
- Manual de usuario
- Especificación de la formación de usuarios finales
- Pruebas unitarias, integración y de sistema
- Gestión de configuración
- Aseguramiento de la calidad

Todos los productos generados en el proceso software (documentos, programas, diagramas, modelos), en los que se aplicó los estándares IEEE, fueron sujetos a verificación y validación, asegurando la calidad del software.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La aplicación de los estándares IEEE en Métrica V3 permitió desarrollar software de calidad.

En actividades de Métrica V3 que no fueron cubiertas por la IEEE se podría aplicar estándares como ISO (Organización de Estándares Internacionales), ANSI Instituto de Estándares Nacionales Americanos).

VIII. CONCLUSIONES

- La aplicación de los estándares IEEE en Métrica V3 permitió generar un producto de software de calidad.
- Métrica V3 establece un conjunto de actividades que hacen énfasis en la verificación para garantizar la calidad de todos los productos.
- La adopción de los estándares IEEE en las actividades de Métrica V3 permitió generar un software de inventario, el cual fue validado por el equipo de pruebas y usuarios, el mismo que satisface las expectativas creadas por el usuario.

- Se recomienda a las empresas que estén inmersas en el desarrollo de productos software, apliquen metodologías que hagan énfasis en el uso de normas, estándares, como IEEE, ANSI, OSI, a fin de generar una cultura de desarrollo de software de calidad.

IX. REFERENCIAS

- [1] [Http://www.isi.unanleon.edu.ni/gbai/Ing_Soft_PI/Capitulo_1.htm](http://www.isi.unanleon.edu.ni/gbai/Ing_Soft_PI/Capitulo_1.htm)
- [2] <http://coqui.Ice.org/cedu6320/ssegarra/soft.html>
- [3] http://dis.um.es/~jnicolas/09BK_FIS.html
- [4] <http://www.dc.uba.ar/people/materiasisoft2/clases/calidad.pdf>
- [5] <http://dmi.uib.es/~bbuades/calidad/sld014.htm>
- [6] Fuente CD IEEE Software Engineering Standards Collection: 2003

APLICACIÓN DE MÉTODOS MATEMÁTICOS EN EL RECONOCIMIENTO DE CARACTERES NUMÉRICOS

José Luis Carrillo Medina

Facultad de Sistemas e Informática, Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga,
Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador,
email: carrillojl@ltga.espe.edu.ec

Resumen: El presente artículo trata sobre el reconocimiento de patrones e imágenes que representan números tanto digitales como manuscritos. Se selecciona una imagen que representa un número el cual se transforma en una imagen binaria, para luego realizar un análisis comparativo entre imágenes, las imágenes modelos e imágenes seleccionadas, a través de tres parámetros: distancia de Yule, Minimal Mean Square Error y el Numero Euler, con los cuales se puede reconocer un número seleccionado.

Palabras Claves: Distancia de Yule; Minimal Mean Square Error (MMSE) y el Número de Euler.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo trata de reconocer imágenes que representan números comprendidos entre cero y nueve.

Por realizar este proyecto se utilizó la Herramienta MatLab y el Toolbox de Procesamiento de Imágenes, que permiten, al usuario, utilizar funciones para analizar y mejorar las características de las imágenes.

Para analizar las características de las imágenes (dos dimensiones) se tendrá que pasar a la representación binaria, o Blanco y Negro y luego compararlas.

En Matlab existen funciones que se pueden manejar y manipular imágenes con formato tif (por default), permitiendo transformar las imágenes en tonos de grises y ser representadas en una matriz numérica.

Para realizar el análisis de imágenes, el trabajo cuenta con dos conjuntos de imágenes (del cero a nueve): El conjunto a ser reconocido y el conjunto de modelos, las mismas que tienen el formato tif.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

La aplicación desarrollada provee la funcionalidad básica de un reconocedor de imágenes de propósito general; se trata de un sistema que compara y analiza imágenes numéricas comprendidas entre los números del cero y nueve.

El procedimiento es el siguiente:

1. Se carga la imagen a analizar "X"
2. Para esta imagen se calcula el cuadrado más pequeño en el cual cabe la figura.
3. Se corta la imagen "X" para analizar sólo lo que hay en el cuadrado, con lo cual se consigue que los números se desplacen hacia la derecha o a la izquierda permitiendo compararlos fácilmente.
4. La imagen se transforma a una matriz de números binarios.
5. Este trabajo lo hace una función que se ocupa de adaptar la imagen como se indicó.
6. Se calcula el número de Euler que vale 1-n.agujeros (o vacíos) de la imagen; lo que ayudará mucho a verificar el número considerado (por ej. el n.Eulero de un 0 cerrado es 0, el n.Eulero de un 8 es siempre -1, el n.Eulero de 6 y 9 es 0, el n.Eulero de un 1,2,3,5,7 es 1 y el n. Euler de un 4, se considera como un número cerrado, es decir, 0) [4,5,6].
7. Luego se confronta la imagen "X" con los modelos de números impresos que van de 0 al 9 (0—9 Digitales y 0—9 Manuscritos, es decir, 20 modelos). Para realizar el análisis, la imagen X es reescalada en función del tamaño del modelo ya cortado.

La comparación:

Se la realiza mediante tres parámetros:

- Distancia de Yule
- Minimal Mean Square Error (MMSE)
- Numero de Eulero

A. Distancia de Yule

La distancia de Yule es un valor que mide la semejanza entre dos imágenes. Si el valor es 1 quiere decir que las imágenes son semejantes y si es 0 no lo son [1].

El cálculo se hace contando cuántos pixels se han desplazado o no; es decir, cuántos han pasado de cero a uno, de uno a cero y cuántos se han quedado en uno y en cero.

Por lo tanto tenemos cuatro variables que son:

- N00 = n.pixels 0 ÷ 0
- N01 = n.pixels 0 ÷ 1
- N10 = n.pixels 1 ÷ 0
- N11 = n.pixels 1 ÷ 1

Donde:

N00 ÷ determina el número de **ceros** que siguen siendo **ceros** de la imagen seleccionada con respecto a la imagen modelo.

N01 ÷ determina el número de **ceros** que han pasado a ser **unos** de la imagen seleccionada con respecto a la imagen modelo.

N10 ÷ determina el número de **unos** que han pasado a ser **ceros** en la imagen seleccionada con respecto a la imagen modelo.

N11 ÷ determina el número de **unos** que siguen siendo **unos** de la imagen seleccionada con respecto a la imagen modelo.

Una vez conocidas las cuatro variables se calcula la distancia de Yule:

$$d = \frac{((N11 * N00) - N10 * N01)}{((N11 * N00) + (N10 * N01))} \quad (1)$$

El valor de "d" varía entre cero y uno.

Si:

- d tiende a 1: significa que las dos imágenes son desiguales.
- d tiende a 0: significa que las dos imágenes son iguales.

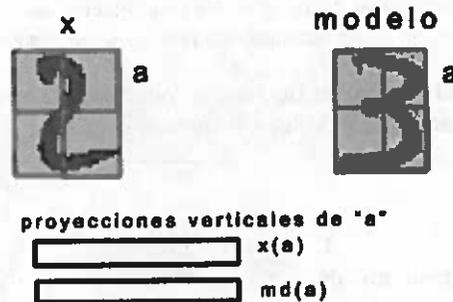
B. Minimal Mean Square Error

El MMSE se basa en el cálculo de las proyecciones de los pixels negros de las imágenes y da un valor que mide la semejanza de las dos imágenes mediante comparaciones de las proyecciones [2,3].

MMSE es el error del promedio de los cuadrados de dos vectores y es el motor de nuestra comparación.

Funcionamiento de MMSE

Las dos imágenes, tanto la seleccionada como la que sirve de modelo, son divididas en un número de cuadraditos que decide el usuario (div). Por **cada cuadradito** se hacen las proyecciones de los bits negros sobre el eje vertical y el eje horizontal, por lo tanto se obtendrá div*2 vectores de proyecciones de la imagen.



Para confrontarlos se coge el vector de la proyección horizontal del cuadradito A de la primera imagen y el cuadradito A de la segunda imagen y se calcula el valor de MMSE para los dos vectores.

Los vectores de proyección horizontal: xa (vet1) y mda (vet2) dan como salida el error, el promedio del error es error_m (MMSE), el cual se calcula como sigue:

$$\begin{aligned} \text{error}(i) &= (\text{vet1}(i) - \text{vet2}(i))^2; \\ \text{error_m} &= \text{mean}(\text{error}); \quad // \text{ promedio de los errores} \end{aligned} \quad (2)$$

Se examinan todos los cuadraditos de la imagen analizando el MMSE de cada proyección y, al final, se hace un promedio de los valores de error de todos los cuadraditos, obteniendo un error por cada pareja de imágenes.

La pareja de imágenes analizadas que tengan el menor error se consideran iguales.

Por ejemplo:

En el caso del reconocimiento del número 9, se presentan 19 imágenes a ser comparadas y reconocidas.

III. PRUEBA DEL PROTOTIPO

Una vez realizados los pasos descritos se obtiene dos vectores de valores, cada uno con diez valores, como diez son los modelos.

Existen 20 imágenes modelos del 0 al 9 (Digitales y Manuscritas) las cuales se identifican como: "*modelo_9*", que significa que es el modelo del número nueve.

El primer vector es **error_mmse** que almacena los resultados obtenidos por MMSE y el segundo es **dist_y** que contiene los resultados de la aplicación de la distancia de Yule.

Las imágenes a ser comparadas tienen el formato de identificación: "esun9_1", que significa que es un nueve y el número de imagen es uno.

De lo anterior se desprende que el valor mínimo del **vector MMSE** será el primer candidato por la función de reconocimiento de caracteres (OCR) y el segundo mínimo será el segundo candidato; lo mismo acontece con el vector **dist_y**.

Para realizar las pruebas del prototipo se analizó por separado la distancia de Yule y MMSE

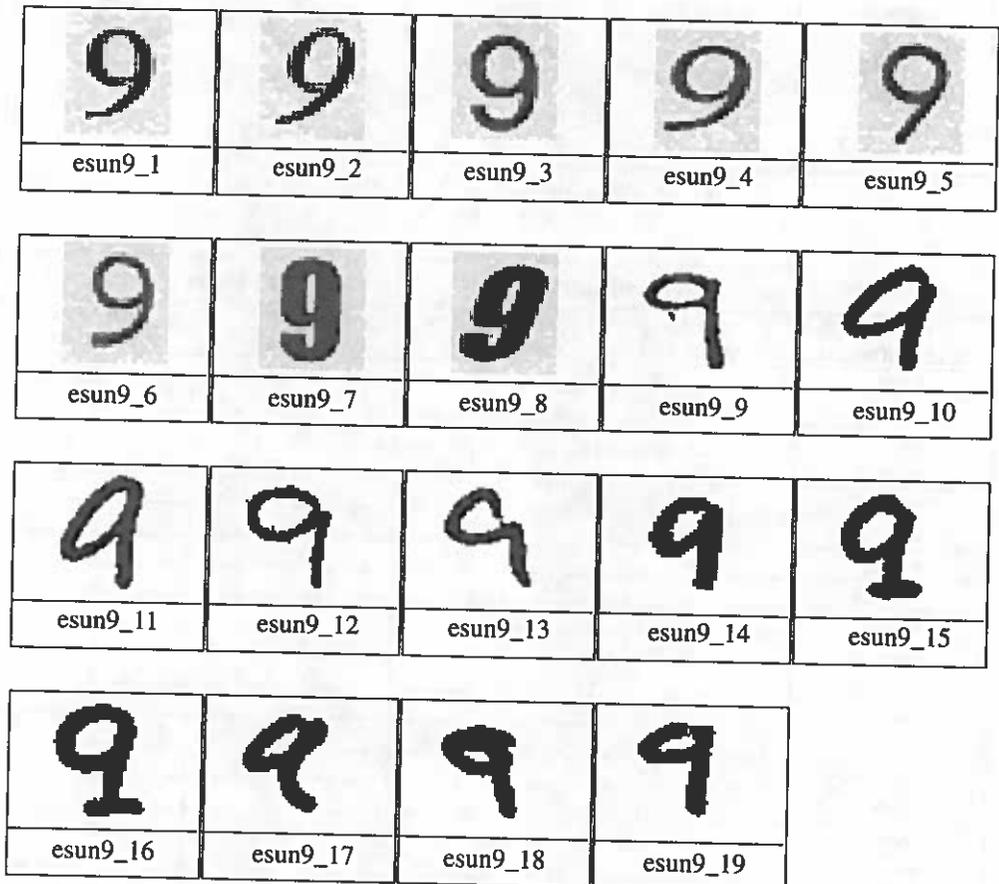


Fig. 1 Las 19 imágenes del número 9 a ser comparadas.

0	1	2	3	4
Modelo0_1	Modelo1_1	Modelo2_1	Modelo3_1	Modelo4_1

5	6	7	8	9
Modelo5_1	Modelo6_1	Modelo7_1	Modelo8_1	Modelo9_1

Fig. 2: Figuras Modelos (0 _ 9) Digitales

0	1	2	3	4
Modelo0_2	Modelo1_2	Modelo2_2	Modelo3_2	Modelo4_2

5	6	7	8	9
Modelo5_2	Modelo6_2	Modelo7_2	Modelo8_2	Modelo9_2

Fig. 3 Figuras Modelos (0 _ 9) Manuscrita

IMAGEN SELECCIONADA	DISTANCIA DE YULE		MMSE	
	PRIMER CANDIDATO	SEGUNDO CANDIDATO	PRIMER CANDIDATO	SEGUNDO CANDIDATO
esun9_1	9	0	0	8
esun9_2	9	9	0	7
esun9_3	9	0	0	3
esun9_4	9	9	0	7
esun9_5	9	7	7	8
esun9_6	9	0	0	7
esun9_7	9	9	9	8
esun9_8	9	1	6	1
esun9_9	9	3	3	7
esun9_10	4	9	4	6
esun9_11	9	9	6	4
esun9_12	9	9	0	3
esun9_13	9	9	5	6
esun9_14	9	9	9	9
esun9_15	9	9	4	6
esun9_16	9	7	4	3
esun9_17	9	9	4	7
esun9_18	9	9	8	5
esun9_19	9	9	5	3

Tab. 1 Reconocimiento de Números (Comparación entre la Distancia de Yule y MMSE)

Se ha evaluado mediante las pruebas experimentales que la distancia de Yule es fiable en un 80% de los casos, y que el MMSE ayuda en un 20% de los casos.

Por lo tanto se calcula un vector de verdades (verdad) como sigue:

$$\text{Verdad}(i) = 0.8 * \text{distancia de Yule}(i) + 0.2 * \text{MMSE}(i) \quad (3)$$

Para poder confrontar los dos vectores se realiza una normalización de cero a uno, con operaciones matemáticas, representando el cero la máxima semejanza.

Ahora el valor mínimo del vector verdad es el primer candidato por la función de reconocimiento de caracteres (OCR) y el segundo mínimo será el segundo candidato.

Antes de imprimir a pantalla los candidatos se verifica que los números de Euler de los candidatos sean coherentes con el número de Euler de X.

Si el primer candidato tiene un nE diferente de X pero el segundo candidato tiene un nE igual a X entonces el segundo candidato pasa a ser el primero y el primero el segundo.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos al aplicar el prototipo, unido las comparaciones: Distancia de Yule, MMSE y el Número de Euler se muestran en la siguiente tabla:

IMAGEN SELECCIONADA	PRIMER CANDIDATO	SEGUNDO CANDIDATO
esun9_1	9	0
esun9_2	9	9
esun9_3	9	0
esun9_4	9	9
esun9_5	9	7
esun9_6	9	0
esun9_7	9	9
esun9_8	9	1
esun9_9	9	3
esun9_10	9	4
esun9_11	9	4
esun9_12	9	9
esun9_13	9	9
esun9_14	9	9
esun9_15	9	4
esun9_16	9	7
esun9_17	4	9
esun9_18	9	9
esun9_19	9	9

Tab. 2 Reconocimiento de Números

Interpretación

Para la interpretación de los resultados se escogen las imágenes que son un tanto difíciles de reconocer de acuerdo a la tabla #2, como son los casos 1, 13, 17,

De las figuras seleccionadas (Números Nueves), se escogió casos especiales con el fin de determinar, verificar y evaluar los resultados obtenidos por los métodos distancia de yule y MMSE.

Caso 1:

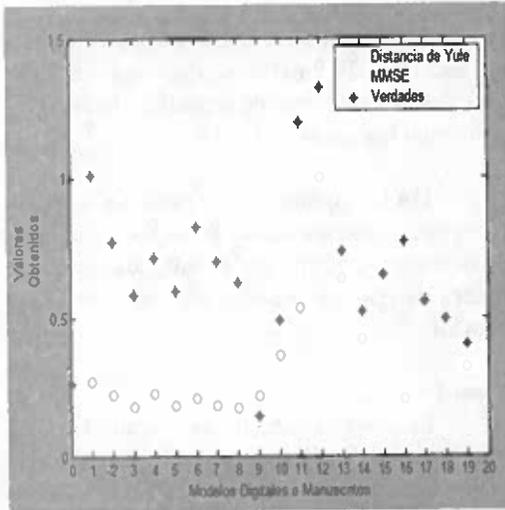
La imagen cargada es "esun9_1.tif", la cual representa el número 9 por medio de la visión humana.

Para el reconocimiento, por medio del sistema, de la imagen esun9_1 se compara con los modelos de los números del 0 al 9, obteniéndose los siguientes resultados de los vectores distancia de yule, el error cuadrático y verdades.

De los valores obtenidos se puede deducir que el primer candidato es el número 9 ya que dicho modelo tiene el menor valor del vector verdades una vez aplicados los métodos, verificado el número de euler (como cerrado) y, como segundo candidato, el numero 0 de acuerdo a la tabla y gráfico.

modelo	distancia_y	error_m	verdades
modelo0_1	0.2975	0.1085	0.2597
modelo1_1	1.1898	0.2706	1.0060
modelo2_1	0.9046	0.2215	0.7680
modelo3_1	0.6835	0.1798	0.5828
modelo4_1	0.8339	0.2270	0.7126
modelo5_1	0.6965	0.1829	0.5938
modelo6_1	0.9729	0.2091	0.8202
modelo7_1	0.8300	0.1834	0.7007
modelo8_1	0.7385	0.1729	0.6254
modelo9_1	0.1254	0.2150	0.1433
modelo0_2	0.5227	0.3606	0.4903
modelo1_2	1.3648	0.5336	1.1986
modelo2_2	1.4023	1.0000	1.3218
modelo3_2	0.7587	0.6395	0.7348
modelo4_2	0.5448	0.4172	0.5193
modelo5_2	0.6814	0.5285	0.6508
modelo6_2	0.9088	0.2035	0.7677
modelo7_2	0.5540	0.5634	0.5559
modelo8_2	0.4798	0.5445	0.4927
modelo9_2	0.4242	0.3193	0.4032

Tab. 3 Comparación de la imagen esun9_1



Graf. 1 Vectores $dist_y$, $error_m$ y verdades para la imagen $esun9_1$

modelo	distancia_y	error_m	verdades
modelo0_1	0.5370	0.1842	0.4665
modelo1_1	0.9050	0.2526	0.7745
modelo2_1	1.1973	0.2718	1.0122
modelo3_1	0.5782	0.1875	0.5001
modelo4_1	0.9458	0.2562	0.8079
modelo5_1	0.4018	0.1561	0.3526
modelo6_1	0.6259	0.1818	0.5371
modelo7_1	1.2772	0.2552	1.0728
modelo8_1	0.7940	0.2012	0.6754
modelo9_1	0.3101	0.3153	0.3112
modelo0_2	0.8134	0.5746	0.7656
modelo1_2	1.3684	0.6418	1.2230
modelo2_2	1.1483	1.0000	1.1186
modelo3_2	0.6502	0.6223	0.6446
modelo4_2	0.2295	0.3197	0.2476
modelo5_2	0.3465	0.4902	0.3753
modelo6_2	1.0059	0.2359	0.8519
modelo7_2	0.6122	0.6695	0.6237
modelo8_2	0.4167	0.7028	0.4739
modelo9_2	0.1639	0.3017	0.1914

Tab. 4 Comparación de la imagen $esun9_13$



Modelo encontrado

Mediante el sistema OCR se compara las imágenes modelos con respecto a la imagen cargada



$esun9_1$



Modelo encontrado

Mediante el sistema OCR se compara la imagen modelo con respecto a la imagen cargada.



$esun9_13$

Caso 2:

La imagen cargada es " $esun9_13.tif$ " la cual representa el número 9 por medio de la visión humana.

Para el reconocimiento, por medio del sistema, se realiza el mismo procedimiento anterior.

De los valores obtenidos se puede deducir que el primer candidato es el número 9 (manuscrito) ya que dicho modelo tiene el menor valor del vector "verdades" una vez aplicados los métodos, verificado el número de euler (como cerrado), y, como segundo candidato, el número 4 (manuscrito) de acuerdo a la tabla:

Caso 3:

La imagen cargada es " $esun9_17.tif$ " la cual representa el número 9 por medio de la visión humana.

Para el reconocimiento, por medio del sistema, se realiza el mismo procedimiento anterior para la imagen $esun9_10$, obteniéndose los siguientes resultados de los vectores distancia de yule, el error cuadrático y verdades.

De los valores obtenidos se puede deducir que el primer candidato es el número 4 ya que dicho modelo tiene el menor valor del vector verdades una vez aplicados los métodos, verificado el número de euler (como cerrado), y como segundo candidato el número 9 de acuerdo a la tabla:

modelo	distancia_y	error_m	verdades
modelo0_1	1.1675	0.2516	0.9843
modelo1_1	0.7680	0.2145	0.6573
modelo2_1	0.9229	0.2226	0.7828
modelo3_1	0.9660	0.2358	0.8199
modelo4_1	0.3131	0.1389	0.2783
modelo5_1	0.9670	0.2304	0.8197
modelo6_1	0.8575	0.2251	0.7310
modelo7_1	0.6129	0.1889	0.5281
modelo8_1	0.8497	0.1916	0.7181
modelo9_1	0.4350	0.2114	0.3903
modelo0_2	0.6697	0.4246	0.6206
modelo1_2	0.4703	0.2953	0.4353
modelo2_2	1.2254	1.0000	1.1803
modelo3_2	0.7290	0.6113	0.7055
modelo4_2	0.7342	0.5549	0.6984
modelo5_2	0.5360	0.5260	0.5340
modelo6_2	0.8674	0.2116	0.7362
modelo7_2	0.4010	0.4669	0.4142
modelo8_2	0.5950	0.5546	0.5869
modelo9_2	0.2972	0.2733	0.2924

Tab. 5 Comparación de la imagen esun9_10



Modelo
encontrado

esun9_10

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El sistema de reconocimiento de números fue aplicado a números comprendidos entre el 0 y el 9 teniendo, por cada número, 19 figuras; es decir 190 figuras en total, las cuales se utilizaron para la fase de pruebas, obteniéndose un porcentaje de aciertos mayor al 94%.

Esta aplicación es un sencillo OCR que permite reconocer imágenes, en este caso sólo números entre cero y nueve, pero se podría implementar un algoritmo para el reconocimiento de caracteres, palabras y oraciones.

También se puede utilizar otros tipos de modelos para el reconocimiento de patrones como son las redes neuronales.

De los resultados obtenidos se puede decir que el sistema deduce cuál es la imagen seleccionada, indicando además dos alternativas de solución, de las cuales la primera solución es aceptable de acuerdo a las pruebas, métodos y modelos utilizados.

VI. CONCLUSIONES

- La aplicación trata sobre el reconocimiento de números, ya sean éstos digitales o manuscritos, la misma que puede ser utilizada para el reconocimiento de patrones como: reconocimiento de caracteres, imágenes, firmas digitales, etc.
- Una herramienta poderosísima para la implementación de OCR's son las funciones y modelos matemáticos. Hay que saber interpretar y conocer la importancia que tienen las matemáticas para poderlas utilizar en el desarrollo de aplicaciones de esta índole.

VII. REFERENCIAS

- [1] <http://citeseer.ist.psu.edu/cotext/267025/0> Feature Extraction Methods For Character Recognition., A Survey - Trier, Jain, Taxt., 1995.
- [2] Evaluating Model Fidelity in an Aerial Image Analysis System, F. Quint M. Sties., Institute for Photogrammetry and Remote Sensing., University of Karlsruhe., <http://www.ubka.uni-karlsruhe.de/cgi-bin/psview?document=/1996/bau-verm/3&search=/1996/bau-verm/3>
- [3] http://pandora.compsci.ualr.edu/milanova/image_processing_2005/week6/Non-linear%20filter.ppt.
- [4] http://it.wikipedia.org/wiki/Numero_di_Eulero
- [5] ww.liceofoscarini.it/crittografia/mate/eulero.html
- [6] it.wikipedia.org/wiki/Caratteristica_di_Eulero

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVIDOR DE DATOS OPC, Y UN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PARA MICROCONTROLADORES

Marco Antonio Salazar Altamirano
Facultad de Ing. Electrónica e Instrumentación,
Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga,
Quijano y Ordóñez y Hermanas Páez, Cotopaxi-Ecuador,
mail : marcosaam@hotmail.com

Resumen: Este artículo presenta la implementación de un servidor de datos OPC y un protocolo de comunicación para microcontroladores. El servidor de datos OPC ésta desarrollado con la biblioteca WtOPCSrv.dll de la empresa WinTech. El protocolo de comunicación se basa en un método de acceso al medio Maestro/Eslavo para microcontroladores.

Palabras Claves: Sistema HMI-SCADA; Microcontroladores; Protocolos de comunicación; Servidor OPC; RS485; RS232.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas de manufacturación de software y equipos, que realizan el control, adquisición y monitoreo de datos, se han convertido en los proveedores de tecnología, para ello utilizan estándares industriales que permiten la integración de diversos fabricantes para realizar complejos sistemas de adquisición de datos y control por supervisión (SCADA). Los sistemas SCADA están constituidos principalmente por sistemas de comunicación de datos entre dispositivos (protocolos de comunicación, servidores de datos OPC y otros), por lo tanto estos sistemas se convierten en el pilar del control por supervisión de la información.

La adquisición de tecnología capaz de implementar un sistema SCADA de cualquier tipo de proceso obliga al consumidor a utilizar costosos productos (PLC's, controladores, software servidores de datos y clientes de datos para interfaces humano máquina "HMI"), los mismos que no pueden ser modificados por el usuario final, además de requerir las tutorías para cada uno de los fabricantes de los diferentes componentes del sistema SCADA.

El objetivo de este proyecto es diseñar e implementar el software y el hardware necesario para monitorear microcontroladores en una red que cumpla con las especificaciones de un servidor de datos con enlace de objetos embebidos para control de procesos (OPC).

Para crear soluciones de bajo costo y que éstas sean integradas en los sistemas SCADA, se desarrolló una red con el estándar industrial RS485 para 32 nodos de red, un protocolo de comunicación para microcontroladores y se implementó la especificación de servidores OPC-DA (Enlace de Objetos Incrustados Para Control de Procesos – Acceso

a Datos) con ayuda de la biblioteca WTOPCSrv.dll.

La arquitectura del proyecto integrado en un sistema SCADA se observa en la figura 1.

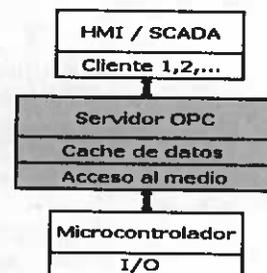


Fig.1 Arquitectura implementada

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El protocolo de comunicación está basado en datos binarios y comunicación en serie, lo cual implica la utilización de la popular interfaz RS-232 en el nodo maestro (computador personal).

El bajo costo y las características de los circuitos integrados basados en RS-485 [1], permite realizar la implementación de la topología bus con un máximo de 32 nodos incluido el nodo maestro. El nodo maestro se conecta a la red RS485 por medio de un adaptador de interfases de RS232 a RS485. Para conectar los nodos esclavos en la red RS485, es necesario convertir la señal de la interfase RS485 a TTL y viceversa.

Las características físicas de los diferentes microcontroladores existentes en el mercado permiten que el protocolo propuesto en este proyecto se adapte fácilmente al hardware de éstos, los microcontroladores 16F628A y 16F877A fueron usados como nodos esclavos en la red RS485.

El diagrama de la figura 2 indica la forma en que se debe conectar el hardware. El número máximo de nodos esclavos (microcontroladores) es 31 y la longitud máxima de la red desde el adaptador de interfase debe ser máximo 1200 metros con terminadores (resistencias) de red.

A. Comparación con el Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos OSI

La anatomía del protocolo de comunicación propuesto es comparado con el modelo OSI (figura 3) que emplea las capas de aplicación, enlace de datos y física.

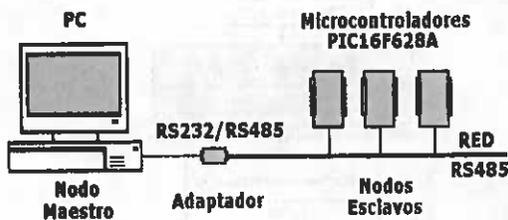


Fig. 2 Descripción del hardware

Capa de Aplicación: en el caso del maestro, sirve datos a las aplicaciones clientes (Microsoft Visual Basic, iFIX, LabView, RS-View, WinCC, LokOut, InTouch 9, entre otros), los datos son provenientes del microcontrolador. En el caso del esclavo los datos recibidos del

MODELO OSI	MODELO PROYECTO
7. Aplicación	7. Aplicación
6. Presentación	
5. Sesión	
4. Transporte	
3. Red	
2. Enlace de datos	2. Enlace de datos
1. Física	1. Física

Fig. 3 Comparación del modelo OSI con el modelo del proyecto

maestro son utilizados en los "periféricos" del microcontrolador (puertos, temporizadores, memoria y otros).

Capa de Enlace de Datos: puede recibir y transmitir las tramas, para ello el software es capaz de encapsular la información en tramas, añadir la cabeza (header) y la cola (trailer), y de realizar el proceso contrario, en su determinado momento.

Capa Física: convierte la información lógica en impulsos eléctricos. Por ejemplo, las especificaciones eléctricas: TTL, RS-232, RS-485, la topología física de la red, tipo de conectores, repetidores, cables y otros elementos físicos utilizados en el proceso de comunicación de los datos.

B. Método de Acceso al Medio y Topología de Red

El método de acceso al medio es una derivación de Polling, conocido como maestro esclavo [2]. En el cual se define como estación maestra a un sistema capaz de monitorear a la red utilizando un servidor de datos OPC. Los esclavos están definidos por las estaciones que responderán solo cuando el maestro realice una consulta a dicha estación.

El hardware capaz de permitir el monitoreo de las estaciones es implementado en una topología física de red tipo bus como se indica en la figura 4. De ello se muestra una instalación multipunto (conexión de varias estaciones en una red).

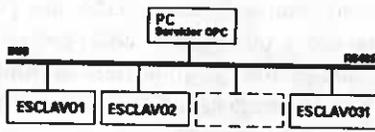


Fig. 4 Topología física tipo Bus

El método de acceso al medio "maestro esclavo" define que el nodo maestro consulta al esclavo y éste solo responde (transmite) al

maestro, dependiendo del objetivo de la consulta realizada por el maestro. De ello, la trama transmitida por el maestro es más compleja que la trama transmitida por el esclavo, ya que solo el maestro analizará y controlará la información transmitida por un nodo esclavo.

En la figura 5 se puede observar el método de acceso a la red "maestro esclavo" con la actividad de la red, el maestro y dos esclavos.

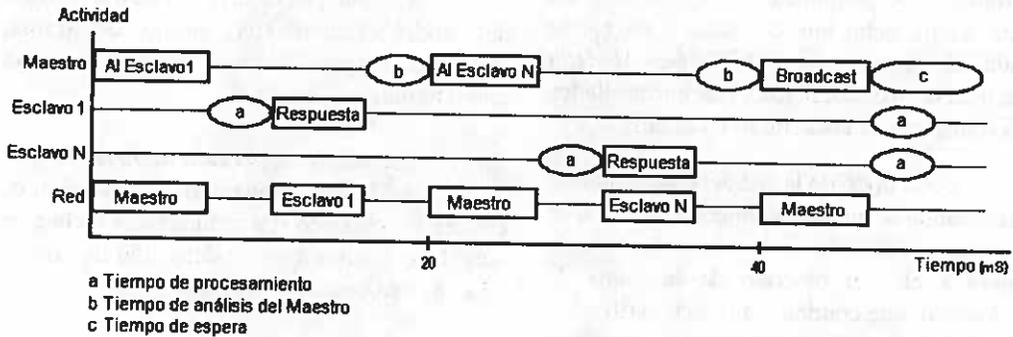


Fig. 5 Diagrama de actividad y tiempo de los nodos y de la red

III. HARDWARE DE LOS NODOS ESCLAVOS

El control del transceiver MAX485 (figura 6) es realizado sólo cuando el controlador va a transmitir y por ello necesita un bit de salida de control de un puerto; la lógica de control es directa (nivel alto permite la transmisión del esclavo).

La lógica TTL en la comunicación serie es inversa y realizada por el periférico UART. El sistema tiene una conexión directa con la red, lo cual no ofrece aislamiento para descargas eléctricas.

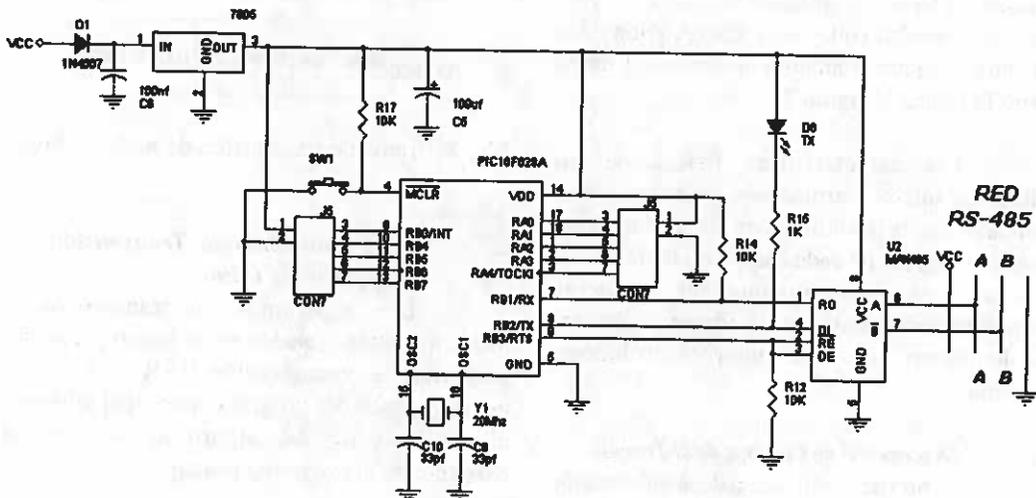


Fig. 6 Hardware implementado para los nodos esclavos

IV. CARACTERÍSTICAS DE LA TRAMA

Un protocolo de comunicación debe poseer las características fundamentales de comunicación, las mismas que deben conocer cada uno de los integrantes de las conversaciones (nodos).

Lógicamente se ha definido la integración de ráfagas de bytes para la formación de la trama; toda la información de la trama se transmitirá por bytes encapsulados, manteniendo el protocolo de comunicación RS232 con: un bit de inicio, ocho bits de datos y un bit de parada [2]. El hardware (UART) debe tener la capacidad de reconocer los bytes encapsulados de la trama que se encuentran en el bus.

Cada nodo de la red debe ser capaz de saber: cuando se inicia cualquier transmisión de una trama, reconocer si la trama le ha sido enviado a él, el objetivo de la trama, la información que contiene la trama, verificar la veracidad de la información de la trama y la capacidad de responder si éste lo tuviera que hacer.

Las ráfagas de bytes que tienen características similares permiten el reconocimiento de la trama por los diferentes nodos; estas ráfagas son conocidas como campos de la trama; los campos desarrollados para poder realizar las comunicaciones en el proyecto propuesto son: inicio de trama (3 bytes), dirección de destino de la trama (1 byte), control de trama (1 byte), localidad de inicio de consulta (1 byte), longitud de los datos (1 byte), datos a transmitir (n bytes) y codificación de la información para el análisis de errores (1 byte), como lo indica la figura 7.

Las características físicas de los diferentes microcontroladores existentes en el mercado, dan la posibilidad de definir las características lógicas de cada campo de la trama, las mismas que permiten que, el protocolo propuesto como proyecto, se adapte fácilmente al hardware de los microcontroladores existentes.

A. Descripción de Campos de la Trama

El tipo de codificación de la información es binaria, con el objeto de aumentar su velocidad y representación numérica. El protocolo define

dos tipos de tramas de transmisión, una para el nodo maestro y otra para el nodo esclavo, las mismas que permitirán transmitir información de datos tipo booleanos, entero de 8 bits, entero de 16 bits y tipo mensaje.

Los campos de la trama de transmisión del maestro son: inicio de trama, dirección, control, localidad de inicio, longitud, datos y control de error, como lo muestra la figura 7.

Los campos de la trama de transmisión del nodo esclavo son: inicio de trama, dirección, longitud, datos y control de error, como lo indica la figura 8.

B. Método de Detección de Errores

La técnica usada para la detección de errores es chequeo por redundancia cíclica de ocho bits, el algoritmo de detección de errores CRC-8, está basado en el polinomio (1)

$$x^8 + x^5 + x^4 + 1. \quad (1)$$

El algoritmo usado en la implementación es conocido con el nombre "DOW Dallas CRC-8" [3]; éste algoritmo se encuentra detallado por la empresa Maxim/Dallas AP Note 27 y se utiliza en los productos iButton.

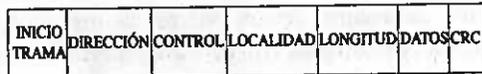


Fig. 7 Trama de transmisión del nodo maestro.

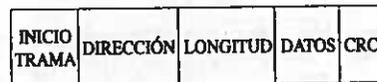


Fig. 8 Trama de transmisión de nodo esclavo.

C. Funcionamiento de Transmisión y Recepción de Datos

Los algoritmos de transmisión y recepción están basados en la interrupción del periférico de comunicación UART. El uso de interrupciones del programa principal aumenta el rendimiento del algoritmo de control existente en el programa principal.

Para que se produzca una interrupción de recepción del periférico UART, éste tiene

que recibir 10 bits de la red, los 10 bits corresponden a: un bit de inicio, 8 bits de datos (un byte) y un bit de parada. Cuando el UART haya completado la recepción de los 10 bits, se genera la interrupción (evento) del programa principal y se ejecuta el algoritmo de análisis del byte recibido.

El proceso de transmisión de la trama de respuesta del nodo esclavo está basado en la interrupción del programa principal. El periférico UART genera una interrupción cuando éste finaliza la transmisión de un byte, la interrupción generada suspende la ejecución del programa principal y ejecuta el algoritmo de transmisión de datos.

La transmisión y la recepción de una trama de comunicación genera una interrupción por cada byte que sea receptado o transmitido en todos los nodos esclavos conectados en la red.

V. OPC (OLE PARA CONTROL DE PROCESOS)

El OPC, (OLE para el Control de Procesos) es una especificación técnica no propietaria definida por la entidad OPC Foundation y consiste en un sistema de interfaces estándar basado en OLE/COM de Microsoft [4]; con OPC es posible interoperar dispositivos industriales con sistemas de información o aplicativos de escritorio. En otras palabras, el OPC permite desarrollar de una manera muy práctica y eficiente aplicaciones que pretendan comunicarse con equipos industriales controlados por PLCs [5].

El servidor de acceso a datos OPC está formado por varios objetos: el servidor y el grupo. El objeto servidor OPC ofrece información sobre el servidor y es un contenedor de grupos de objetos OPC. El objeto grupo OPC mantiene información acerca de sí mismo y proporciona los mecanismos para contener y organizar lógicamente los elementos OPC. Los datos contenidos en los elementos pueden ser leídos y escritos.

Los elementos OPC representan conexiones a fuentes de datos dentro del servidor; un elemento OPC, no es accesible por el cliente como un objeto. De esta forma, no

hay una interfaz externa definida para un elemento OPC; todos los accesos al elemento OPC se realizan a través del objeto grupo OPC que contiene el elemento OPC, o simplemente el grupo en el que el elemento ha sido definido. Asociado a cada elemento (ítem), existe: el valor (tag), calidad de la transacción y el valor de tiempo en que se actualizó el elemento.

El control de los objetos del servidor OPC está basado en la biblioteca WtOPCSrv.dll; ésta biblioteca permite organizar la información de los nodos esclavos en una memoria reservada (figura 1), además permite administrar el control de la información de los clientes OPC

La información de las localidades de los microcontroladores se actualiza en la memoria reservada (buffer de memoria) del servidor OPC en la estación maestra, para ello utiliza un algoritmo de análisis de consultas de los nodos existentes en la red; el cual hace uso del protocolo de comunicación propuesto.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las pruebas y cálculos para el análisis de funcionamiento del protocolo de comunicación se realizaron con una velocidad de comunicación de 115200bps y se utilizó osciladores de 20Mhz en los nodos esclavos.

El tiempo de procesamiento (nodo esclavo) de cualquier byte recibido de la red y que no hacen referencia a dicho nodo esclavo, es de 10.2 microsegundos aproximadamente. Un nodo esclavo procesa la información durante un tiempo mínimo aproximado de 44.4 microsegundos antes de iniciar la respuesta de la trama especial de consultas (polling).

Para que un nodo esclavo recepte un byte de una trama, el periférico UART de dicho nodo tiene que recibir 10 bits (un bit de inicio, 8 bits de datos y un bit de parada), si cada bit se transmite a 8,6 microsegundos (por la red) el periférico UART (nodo esclavo) recepta un byte cada 86 microsegundos y genera una interrupción de recepción. Un nodo esclavo ejecuta máximo 434 ciclos de máquina para atender al programa principal de control y al programa del protocolo de comunicación, antes

de que se produzca una interrupción de recepción del periférico UART.

El tiempo que se tarda en transmitir el nodo maestro una trama especial de consultas (polling) de escritura a los nodos esclavos es de 5,903 milisegundos y está formado por 68 bytes de los campos de la trama. El tiempo que se tarda en transmitir una respuesta el nodo esclavo a una trama especial de consultas (polling) de escritura es de 5,729 milisegundos y está formado por 66 bytes de los campos de la trama.

El tiempo mínimo requerido para realizar una consulta, por parte de la estación maestra es de 11.67 milisegundos y está formado por: el tiempo de transmisión (maestro) 5,9 milisegundos, tiempo de análisis de la trama (esclavo) 44.4 microsegundos y el tiempo de respuesta del esclavo 5,7 milisegundos.

El número máximo de consultas que puede realizar el nodo maestro en un segundo es 85 (si cada consulta se demora 11.67 milisegundos). El software y el hardware implementado en la práctica permiten un máximo de 50 consultas en un segundo y éste depende de las características del hardware del nodo maestro (computador) y las tareas (aplicaciones) que el nodo maestro esté ejecutando en ese instante.

El servidor de datos OPC desarrollado puede manipular hasta 20000 elementos (tags) y responder a siete aplicaciones clientes al mismo tiempo.

VII. CONCLUSIÓN

- La implementación de sistemas computacionales que interactúan con el medio físico cada día ganan un mayor mercado dentro de las aplicaciones del hogar, la oficina y otras; por ello es importante desarrollar software y hardware de bajo costo y que su implementación sea posible con los productos existentes en el mercado local.
- El sistema implementado permite monitorear a una red de microcontroladores comerciales utilizando una red RS485. Además es capaz de soportar múltiples clientes OPC; esto permite compartir la información con varios programas a la vez, dentro de un especificación industrial.

VIII. REFERENCIAS

- [1] MAXIM, "RS422/RS485 Transceivers," MAXIM, Rev5, Febrero, 1996.
- [2] GALARZA, E., Comunicaciones para Instrumentación, ESPE, Latacunga: 2004.
- [3] AP Note27 "Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor iButton Products," Dallas Semiconductor, Junio, 1998.
- [4] OPC Foundation. "OPC Overview: OPC DataAccess Overview," OLE for Process Control, vol 1.0, Octubre, 1998. p. 11
- [5] MARTINEZ, M., OPC "OLE for Process Control," CENTELSA, Colombia

FORMULACIÓN DE MEZCLAS ALIMENTICIAS IDEALES DE BAJO COSTO

Mayorga Román Mario Gonzalo¹

¹Instituto de Ciencias Básicas. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga,
Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador,
email : mgmr74@yahoo.com

Resumen: El siguiente análisis nutricional tiene como fin determinar la mezcla ideal a base de quinua con otros alimentos como son: trigo, avena, leche, soya, de tal forma que encontremos la mezcla de menor costo que satisfaga los requerimientos nutricionales de una persona adulta sana

Se propone el planteamiento de diferentes inecuaciones en las que se contempla varios tipos de mezclas dobles y triples de harinas, con la finalidad de obtener una mezcla ideal que satisfaga los requerimientos nutricionales de una persona adulta sana y a menor costo de producción.

La resolución de las inecuaciones planteadas a continuación se realizó con la ayuda de dos software de programación lineal, que se basan en el método simplex de resolución de inecuaciones: PROLIN, para mezclas dobles, LINDO, para mezclas triples.

La función objetivo involucra la minimización de la función de costos; las restricciones están en función del contenido nutritivo que aportan cada una de las harinas que conforman la mezcla respectiva, cuya cantidad total deberá ser mayor o igual a los requerimientos nutricionales diarios recomendados por la FAO para una persona adulta sana en: proteína, calorías y hierro.

I. INTRODUCCIÓN

La provisión de alimentos para la población ecuatoriana debe ser un aspecto de permanente preocupación de las esferas oficiales o privadas, más aún debido a que por diferentes factores la producción agropecuaria nacional, en los últimos años, se ha visto condicionada por una serie de restricciones, en tanto que la población humana mantiene una tasa de crecimiento prácticamente constante. Además, tomando en cuenta que uno de los principales problemas en el país es el déficit

alimentario nutricional y siendo una de las principales causas la falta de conocimiento sobre el valor nutritivo de algunos alimentos como la quinua, mánchica, leguminosas, que combinadas adecuadamente con los cereales constituyen una alternativa nutricional de bajo costo que puede cubrir los requerimientos nutricionales de las personas.

	ORGANIZACIÓN PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO)
PROTEINA	42 mg/día
CALORÍAS	2750 cal./día
HIERRO	14 mg/día

Tab. 1 Requerimientos nutricionales para personas adultas sanas

Es importante indicar que también se ha considerado como restricción la cantidad mínima de cada harina que debe ir en la mezcla, la misma que deberá ser del 30 %, con el fin de que se pueda apreciar el sabor de cada una de las harinas, en las diferentes mezclas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El aporte de cada uno de los alimentos se indica en las siguientes tablas (Fuente: tabla de Composición de Alimentos Ecuatorianos. Quito: INN. 1994)

QUINUA	
NUTRIENTES	En 100 g
Proteína (g)	14.2
Calorías (cal)	353
Hierro (g)	6.6

Tab. 2 Aportes nutricionales de 100 g de harina de quinua.

TRIGO	
NUTRIENTES	En 100 g
Proteína (g)	10.5
Calorías (cal)	353
Hierro (g)	1.4

Tab. 3 Aportes nutricionales de 100 g de harina de trigo

SOYA	
NUTRIENTES	En 100 g
Proteína (g)	27.9
Calorías (cal)	153
Hierro (g)	10.5

Tab. 4 Aportes nutricionales de 100 g de harina de soya

LECHE	
NUTRIENTES	En 100 g
Proteína (g)	29.6
Calorías (cal)	372
Hierro (g)	3.5

Tab. 5 Aportes nutricionales de 100 g de leche

AVENA	
NUTRIENTES	En 100 g
Proteína (g)	12.1
Calorías (cal)	384
Hierro (g)	4.6

Tab. 6 Aportes nutricionales de 100 g de harina de avena

MEZCLA QUINUA-AVENA

Donde: Q= quinua, A= avena

Función Objetivo: $0.00082 Q + 0.0004 A$

Restricciones

$14.2Q + 12.1gA \geq 42\text{mg}(\text{proteína})$

$353\text{cal}Q + 384 \text{ cal } A \geq 2750 \text{ (calorías)}$

$6.6 \text{ g } Q + 4.6 \text{ g } A \geq 14 \text{ mg (Hierro)}$

$Q + T = 500$

$Q \geq 150(150=30\%)$

$\text{Min}(150, 350) = 0.263 \text{ dolares}$

MEZCLA QUINUA - SOYA

Donde: Q= quinua, S= soya

Función Objetivo: $0.00082 Q + 0.00065 S$

Restricciones

$14.2Q + 27.9 \text{ g } S \geq 42\text{mg}(\text{proteína})$

$353\text{cal}Q + 353 \text{ cal } S \geq 2750 \text{ (calorías)}$

$6.6 \text{ g } Q + 10.5 \text{ g } S \geq 14 \text{ mg (Hierro)}$

$Q + S = 500$

$Q \geq 150(150=30\%)$

$\text{Min}(150, 350) = 0.33 \text{ dólares}$

MEZCLA QUINUA - TRIGO

Donde: Q= quinua, T= trigo

Función Objetivo: $0.00082 Q + 0.00065 T$

Restricciones

$14.2Q + 10.5 \text{ g } T \geq 42\text{mg}(\text{proteína})$

$353\text{cal}Q + 353 \text{ cal } T \geq 2750 \text{ (calorías)}$

$6.6 \text{ g } Q + 1.4 \text{ g } T \geq 14 \text{ mg (Hierro)}$

$Q + T = 500$

$Q \geq 150(150=30\%)$

$\text{Min}(150, 350) = 0.263 \text{ dólares}$

MEZCLA QUINUA - TRIGO - AVENA

Donde: Q= quinua, T= trigo, A= avena

Función Objetivo: $0.00082 Q +$

$0.0004T + 0.0004A$ Restricciones

$14.2Q + 10.5 \text{ g } T + 12.1 \text{ g } A \geq 42\text{mg}(\text{proteína})$

$353\text{cal}Q + 353 \text{ cal } T + 384 \text{ cal } A \geq 2750 \text{ (calorías)}$

$6.6 \text{ g } Q + 1.4 \text{ g } T + 4.6 \text{ g } A \geq 14 \text{ mg (Hierro)}$

$Q + T + A = 500$

$Q \geq 150(150=30\%)$

$T \geq 150(200=40\%)$

$A \geq 150(150=30\%)$

$\text{Min}(150, 200, 150) = 0.263 \text{ dólares}$

MEZCLA QUINUA - TRIGO - LECHE

Donde: Q= quinua, T= trigo, L= leche

Función Objetivo: $0.00082 Q +$

$0.0004T + 0.0048L$ Restricciones

$14.2Q + 10.5 \text{ g } T + 29.6 \text{ g } L \geq 42\text{mg}(\text{proteína})$

$353\text{cal}Q + 353 \text{ cal } T + 372 \text{ cal } L \geq 2750 \text{ (calorías)}$

$6.6 \text{ g } Q + 1.4 \text{ g } T + 3.5 \text{ g } L \geq 14 \text{ mg (Hierro)}$

$Q + T + L = 500$

$Q \geq 150(150=30\%)$

$T \geq 150(200=40\%)$

$L \geq 150(150=30\%)$

$\text{Min}(150, 200, 150) = 0.923 \text{ dólares}$

MEZCLA QUINUA - TRIGO - SOYA

Donde: Q= quinua, T= trigo, S= soya

Función Objetivo: $0.00082 Q +$

$0.0004T + 0.006 S$ Restricciones

$14.2Q + 10.5 \text{ g } T + 27.9 \text{ g } S \geq 42\text{mg}(\text{proteína})$

$353\text{cal}Q + 353 \text{ cal } T + 353 \text{ cal } S \geq 2750 \text{ (calorías)}$

$6.6 \text{ g } Q + 1.4 \text{ g } T + 10.5 \text{ g } S \geq 14 \text{ mg (Hierro)}$

$Q + T + S = 500$

$Q \geq 150(150=30\%)$

$T \geq 150(200=40\%)$

$S \geq 150(150=30\%)$

$\text{Min}(150, 200, 150) = 0.263 \text{ dólares}$

III. CONCLUSIONES

- Haciendo referencia a la formulación de las mezclas dobles, en base a los resultados obtenidos del análisis nutricional para personas adultas sanas, en función de minimizar costos, concluimos que las mezclas ideales son las formadas por: 30% (150 g.) de Quinoa y 70% (350 g.) de Trigo, a un costo de 0.263 dólares de materia prima y 30% (150 g.) de Quinoa y 70% (350 g.) de avena, a un costo de 0.263 dólares
- Haciendo referencia a la formulación de las mezclas triples, en base a los resultados obtenidos del análisis nutricional para personas adultas sanas, en función de minimizar costos, concluimos que las mezclas ideales son las formadas por: 30% (150 g.) de Quinoa, 40% (200 g.) de Trigo y 30% (150 g.) de Soya, a un costo de 0.263 dólares de materia prima y 30% (150 g.) de

Quinoa, 40% (200 g.) de Trigo y 30% (150 g.) de Avena, a un costo de 0.263 dólares de materia prima.

IV. REFERENCIAS

- [1] ACADEMY OF SCIENCES NATIONAL RESEARCH CIL-NATIONAL. Washington. Food and Nutrition Board. Washington: ASNRN, 1968. 5p.
- [2] INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN. Quito. Tabla de Composición de Alimentos Ecuatorianos. Quito: INN. 1994, 25 p.
- [3] Enciclopedia Agropecuaria Terranova: Producción Agrícola 1. Bogotá: Terranova, 1998. v.1 pp. 103, 104, 111, 112, 115, 116, 129, 121, 154, 155.
- [4] GEANKOPLIS, CHRISTIE.- Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. México: Continental, 1989. pp.130-135.

MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

Marcelo Román V.

Docente Instituto de Ciencias Básicas Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga
mroman@matematicas.net

Doctor en Matemática
MSc. Informática Aplicada

Resumen: En este trabajo, se presenta la estrategia general de la modelación matemática al proceso de potabilización de aguas superficiales en el tratamiento de la fase de coagulación-floculación, obteniendo como resultado modelos fenomenológicos que describen el comportamiento de las operaciones con respecto a parámetros como la turbiedad y color.

Los modelos han sido probados en condiciones reales de operación de la planta de tratamiento de aguas de Tixán-Cuenca-Ecuador. Obteniendo del modelo resultados ajustados a los valores que entrega la planta en sus procesos, con un coeficiente de error tendiente a cero.

Palabras Claves: Potabilización, Modelación Matemática, Coagulación, Floculación, Ahorro del elemento químico (coagulante).

I. INTRODUCCIÓN

Una de las utilidades fundamentales que tiene el agua es para el consumo humano, y, para hacerla apta se requiere de un tratamiento, cuyo objetivo principal es disminuir la concentración de los diferentes elementos presentes hasta índices que no sean perjudiciales para la salud. Este tratamiento se llama potabilización, el mismo que está constituido por un conjunto de etapas en dependencia de las características de las fuentes de abasto que determinan su composición.

En su estado natural, el agua no es químicamente pura, contiene en su composición un grupo de sustancias que incluyen: minerales, bacterias, virus, compuestos orgánicos de diferentes tipos, etc., que originan índices físico-químicos como el color, turbiedad, olor, etc., los cuales necesitan ser analizados y tratados mediante un proceso sistemático que permita la disminución de estos valores a índices mínimos tales que el agua se pueda considerar como un elemento útil para el ser humano.

La búsqueda de soluciones: máximas, mínimas o en general óptimas a diversos problemas del mundo real, ha intrigado y entretenido al hombre a través de los años. Por tal motivo, esta investigación nace basándose en la necesidad de modelizar el proceso de coagulación-floculación de aguas superficiales para el consumo humano. Se parte identificando y definiendo las variables independientes y la variable dependiente, un análisis exploratorio (por las características de los datos que se obtiene del laboratorio) y, o el análisis de regresión y correlación múltiple, permite describir la relación entre las variables, calcular e interpretar el error estándar de estimación múltiple y el coeficiente de determinación. Con estos datos se realiza una prueba de hipótesis para cada uno de los coeficientes de regresión. Por la variabilidad existente en el proceso utilizaremos las ecuaciones diferenciales, logrando la simulación del proceso, obteniendo como resultado dosis óptimas para índices de sustancias suspendidas en el agua, tolerables para el ser humano.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. *Tratamiento del Agua*

La remoción de coloides que provocan turbiedad, color y olor se logra con el proceso de coagulación-floculación; mediante la adición de una sustancia química, se logra la desestabilización de los coloides y su posterior aglutinamiento en conglomerados de mayor peso, produciéndose su precipitación.

La adición del elemento químico neutraliza las cargas eléctricas de la mayor parte de las sustancias suspendidas en el agua, formándose coágulos. Para conseguir lo deseado se debe calcular el máximo gradiente

de turbulencia que se le proporcionará al caudal de agua para la dosificación del elemento químico, buscando que éste recubra la mayor parte de la superficie de las partículas.

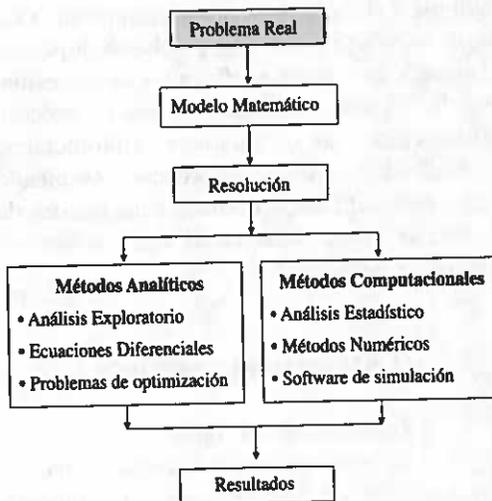
Las partículas suspendidas en el agua, sin la presencia del elemento químico, necesitarían de los siguientes tiempos para sedimentarse:

Diámetro de las partículas mm.	Tiempo necesario para la sedimentación	Orden de tamaños
10	0.3 sg	Grava
1	3 sg	Arena gruesa
0.1	38 sg	Arena fina
0.01	33 min	Limo
0.001	55 h	Bacterias
0.0001	230 días	Partículas coloi.
0.00001	6.3 años	Partículas coloi.
0.000001	63 años	Partículas coloi.

Tab. 1 Tiempos de sedimentación de partículas suspendidas

B. Modelo Matemático para el proceso de Coagulación-Floculación

El proceso sistemático, sobre el cual se realizó el trabajo de investigación está descrito de la siguiente manera:



Bajo el efecto de las cadenas poliméricas formadas a partir de los productos de la hidrólisis del coagulante se determinó el siguiente modelo general para el sistema:

$$\frac{dc_i}{dt} = R_i \quad (1)$$

Donde:

- C_i representa la concentración
- t el tiempo
- R_i representa la generación de coloides desestabilizados

La ecuación (1) indica que la variación de la concentración, en función del tiempo, determina la generación de los coloides.

A partir del modelo general y definiendo las condiciones de frontera, tenemos el siguiente modelo particular:

$$N_{s,d} = N_0 e^{-kF'} \quad (2)$$

Donde:

Fecha	Dosis Coag	Turbiedad Planta	Color Planta
05-Ene	10,20	3,00	20
06-Ene	8,75	3,20	18
07-Ene	9,25	4,50	20
08-Ene	8,00	5,00	19
09-Ene	9,00	5,90	18
10-Ene	10,00	4,69	19
11-Ene	12,00	5,68	17
12-Ene	11,30	4,35	20
13-Ene	12,56	5,87	21
14-Ene	13,00	4,01	18
15-Ene	10,98	4,40	16
16-Ene	13,40	5,79	17
17-Ene	8,00	3,20	16
18-Ene	7,00	5,30	18
19-Ene	7,90	4,50	20
20-Ene	12,00	4,10	20
21-Ene	9,80	5,00	19
22-Ene	10,45	3,80	18

$$F = q(1-q) \text{ con } 0 \leq q \leq 1 \quad (3)$$

El valor de "q" se estima haciendo uso de la isoterma de adsorción de Freundlich, cuyos coeficientes se ajustan estadísticamente con datos experimentales de una planta de tratamientos de agua.

El valor de "q" determina si la dosis de coagulante a utilizar es óptima o no.

C. Validación del Modelo Matemático obtenido

El escenario en el que se desarrolló este trabajo fue la Planta de Tratamiento de

Agua Potable de Tixán-Cuenca-Ecuador, en los cuales se obtuvieron los siguientes resultados, entre la planta de tratamiento y el modelo realizado.

Fecha	Dosis Coag	Turbiedad Planta	Color Planta
05-Ene	10,20	3,00	20
06-Ene	8,75	3,20	18
07-Ene	9,25	4,50	20
08-Ene	8,00	5,00	19
09-Ene	9,00	5,90	18
10-Ene	10,00	4,69	19
11-Ene	12,00	5,68	17
12-Ene	11,30	4,35	20
13-Ene	12,56	5,87	21
14-Ene	13,00	4,01	18
15-Ene	10,98	4,40	16
16-Ene	13,40	5,79	17
17-Ene	8,00	3,20	16
18-Ene	7,00	5,30	18
19-Ene	7,90	4,50	20
20-Ene	12,00	4,10	20
21-Ene	9,80	5,00	19
22-Ene	10,45	3,80	18
23-Ene	9,80	3,20	18
24-Ene	9,87	4,29	20
25-Ene	8,79	5,17	19

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,178
Coefficiente de determinación	R ² 0,032
R ² ajustado	-0,076
Error típico	1,854
Observaciones	21

Tab. 2 Estadísticas de Regresión

ANÁLISIS DE VARIANZA				
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de os cuadrados	F
Regresión	2	2,03	1,01	0,29
Residuos		18	61,88	3,44
Total	20	63,90		

Tab. 3 Análisis de Varianza

	Coef	Error típico	Estadístico t	Probab
Intercep	8,45	5,81	1,46	0,16
Turbiedad planta	0,35	0,45	0,77	0,45
Color	0,00	0,30	0,01	0,99

Tab. 4 Modelo de Regresión Múltiple

Análisis y comparación de la dosificación del elemento químico realizado en la

planta por un técnico y la dosificación indicada por el modelo:

Intervalo de tiempo	Dpta (mg/lit)	Dmod (mg/lit)	Flujo (lt/sg)	Tiempo (h)	Ahorro (hg)
I1	10	8	400	11,5	33,12
I2	11	9	400	12,5	36,00
I3	12	10	400	23,0	66,24
I4	10	8	370	28,5	75,92
I5	10	8	400	8,0	23,00

Tab. 5 Comparación de resultados entre los datos de operación con respecto a los valores entregados por la planta

Dpta: Dosis de elemento químico aplicada en la planta por el técnico.

Dmod: Dosis propuesta por la evaluación del modelo

III. CONCLUSIONES

- En la práctica, no se cumple aquello de que: a mayor índice de turbiedad se requiera de menor dosis de sustancias químicas; como lo manifiesta la Química Coloidal Clásica.
- La disponibilidad de un zetámetro en la Planta de Tixán, el cual es utilizado en el control de calidad del agua, facilita y garantiza los datos para el modelo matemático obteniendo parámetros que aporten información a la investigación.
- El modelo matemático ha permitido determinar: Dosis óptima del elemento químico utilizado en el proceso de coagulación-floculación, índices de turbiedad y color.

IV. REFERENCIAS

- [1] PEREZ José, "Curso de evaluación de plantas de tratamiento de agua potable", Cuenca, Ed. E.T.A.P.A., 1998.-T. II.- pp 650.
- [2] VERREY Jack, "Manual de Tratamientos de aguas", New York, Ed. Limusa, 1991, pp 455.
- [3] SAENZ M., "Modelos matemáticos de flujos a través de medios porozos", Quito, Ed. Petroecuador, 1990, pp 120.
- [4] ISUAREZ J., "Estimación de la reacción superficial mediante modelos empíricos y de calidad de aguas", Universidad de Cantabria, 1998, pp 8.

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA INFOCIENCIA

1. La revista INFOCIENCIA es de carácter científico y tecnológico, con aplicación al campo de las ciencias de la ingeniería.
2. La revista aparecerá en un volumen anual, el cual estará compuesto por dos números que serán publicados semestralmente. Se recetarán los artículos para la revista durante los meses de enero y agosto.
3. Todo trabajo debe ser inédito y se enviará al Comité Editor de la revista, el cual decidirá su aceptación o rechazo en función de un arbitraje realizado por especialistas en el área.
4. Es responsabilidad del autor obtener permiso para utilizar material que haya aparecido en otras publicaciones.
5. Los autores deberán suministrar sus artículos en disquetes o CDs y una copia impresa, todo en formato Word. El ancho de los márgenes será de 2,7 cm el inferior y superior y de 1,5 cm de izquierda y derecha.
6. New Times Roman será el tipo de letra a utilizarse para la elaboración de los artículos.
7. El formato del título principal será: tamaño 16, negrita y centrado.
8. Se deberá incluir el nombre del autor o autores en tamaño 10, negrita; en una línea. En las siguientes se indicará la institución donde trabaja con la dirección respectiva, en la siguiente línea la dirección email del autor. Todo esto centrado y en tamaño 9 normal.
9. A continuación vendrá el resumen en español y en inglés. La palabra Resumen o Abstracto va a la izquierda con negrilla, en tamaño 12, seguida de dos puntos. El texto va en tamaño 9 con negrita. La extensión máxima del Resumen es de 200 palabras.
10. Los Apartados de un artículo irán escritos con letras mayúsculas, en negrita, centrado, con numeración arábiga, la primera letra de tamaño 10 y las demás con tamaño 8. Los Subapartados se escribirán con letras minúsculas, de tamaño 10 en negrita, alineado a la izquierda y destacados con letras mayúsculas siguiendo el orden alfabético. El texto propiamente del artículo será escrito en tamaño 10 normal. Antes y después de cada Apartado o Subapartado se deberá dejar un espacio en blanco. Además entre párrafos se dejará un espacio en blanco.
11. Entre el título o enunciado del Apartado o Subapartado y el número arábigo o letra debe quedar un espacio en blanco.
12. No puede quedar al final de página, un título de Apartado o Subapartado seguido con dos líneas de escritura.
13. Los gráficos, figuras o fotos se enumerarán y señalarán con la abreviación Fig. Los cuadros y tablas se han de enumerar independientemente de las figuras y se han de señalar con la abreviación Tab. Todos ellos se presentarán incluidos en el texto principal con la mejor calidad posible.
14. La referencias serán numeradas, entre corchetes, en orden alfabético por apellidos y se presentan al final del artículo, siguiendo estrictamente el orden: Apellidos, Nombres, Título, Editorial, Año y Números de páginas. Toda referencia deberá tener una cita en el texto mediante el número de referencia encerrado entre corchetes.
15. Se recomienda numerar las fórmulas utilizadas entre paréntesis y con la debida alineación hacia la derecha. Dichas fórmulas o ecuaciones deben centrarse.
16. Lo no previsto en las normas señaladas será decidido por el respectivo Comité Editor.

REVISTA INFOCIENCIA

Sumario
Vol. 1, N°. 1, 2006

RELACIÓN ENTRE EL CÁLCULO INELÁSTICO A ELÁSTICO DE LA DERIVA MÁXIMA DE PISO CON RESPECTO A LA DERIVA GLOBAL	1
<i>Dr. Roberto Aguiar, Anuar González, Gonzalo Huidobro Carlos Bobadilla y Carolina Robalino</i>	
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL Y PUESTA EN MARCHA DE MÁQUINAS INDUSTRIALES. CASO PRÁCTICO: EMPACADORA CASSOLI PAC600R	7
<i>Ing. Fausto Danilo Tapia Molina, Ing. José María Rodríguez Rivera</i>	
DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA ENTRENAMIENTO EN INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA	15
<i>Ing. Germán Erazo Laverde. Ing. José L. Quiroz Erazo. Ing. Leonidas Quiroz Erazo</i>	
DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE CARROCERÍA DE BUS POR COMPUTADORA BAJO NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES	21
<i>Ing. Marco Andrés Orosco, Ing. Juan Carlos Velásquez</i>	
UNA PROPUESTA METODOLÓGICA NUEVA CON TÉCNICAS HÍBRIDAS YA CONOCIDAS.	25
<i>Ing. Julio Francisco Acosta Núñez.</i>	
DISEÑO DE FILTROS DIGITALES PASABAJOS MEDIANTE EL MUESTREO DE LA FRECUENCIA	37
<i>Ing. Eddie E. Galarza Z.</i>	
TRANSFORMADA WAVELET PARA LA REDUCCIÓN DE RUIDO EN SEÑALES ACUSTICAS	43
<i>Ing. Armando F. Alvarez S.</i>	
UTILIZACIÓN DE LOS ESTÁNDARES IEEE EN LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE MÉTRICA 3	49
<i>Ing. Gladys Aguagallo Lema, Ing. Paulina Cañizares Cueva</i>	
APLICACIÓN DE MÉTODOS MATEMÁTICOS EN EL RECONOCIMIENTO DE CARACTERES NUMÉRICOS	53
<i>Ing. José Luis Carrillo Medina</i>	
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVIDOR DE DATOS OPC, Y UN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PARA MICROCONTROLADORES	61
<i>Ing. Marco Antonio Salazar Altamirano</i>	
FORMULACIÓN DE MEZCLAS ALIMENTICIAS IDEALES DE BAJO COSTO	67
<i>Ing. Mario Gonzalo Mayorga Román</i>	
MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA POTABILIZACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	71
<i>Dr. Marcelo Román V.</i>	

Revista Semestral de la Escuela Politécnica del Ejército Latacunga, Ecuador
ISSN 1390-339X

© 2006 ESPE, LATACUNGA - ECUADOR



Diseño e Impresión Instituto Geográfico Militar