

ISSN: 2339-3270

Revista INGENIERÍA, MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

PUBLICACIÓN DE LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REPUBLICANA

VOLUMEN 2 - NÚMERO 4 - JULIO - DICIEMBRE DE 2015





Corporación Universitaria Republicana
Centro de Investigaciones
Fecha de publicación: diciembre de 2015

Revista de Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, es una publicación de la Corporación Universitaria Republicana - Centro de Investigaciones, Bogotá, D.C.

Los artículos publicados en la revista pueden ser reproducidos total o parcialmente, citando la fuente y el autor.

Enfoque o perspectiva de análisis y contenido de los artículos son responsabilidad de los autores.

DIRECTIVOS
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REPUBLICANA

Presidenta del Consejo Superior : Diana Josefina Téllez Fandiño
Rector : Gustavo Adolfo Téllez Fandiño
Vicerrector : Gerardino Vivas Hernández
Vicerrector Académico : Alejandro Castillo Rivas
Directora de Oficina de Planeación : Lesly Narváez Enriquez
Director del Centro de Investigaciones : Rodrigo Alberto Plazas Estepa
Decano Facultad de Derecho y Ciencias Políticas : Iván Alfonso Cancino González
Decana Facultad de Contaduría y Facultad
de Finanzas y Comercio Internacional : María Cecilia Galindo de Galindo
Decana Facultad de Trabajo Social : Jazmín Alvarado González
Decano Facultad de Ingeniería
y Facultad de Ciencias Básicas : Wilson Javier Castro

EDITORA

Evelyn Garnica Estrada

COMITÉ EDITORIAL

Pedro León Garcia Reinoso
Tatiana Ferro Mojica
Nelly Paola Palma Vanegas
Raúl Manuel Falcón Ganfornina
Alexander Bonilla Rivera

COMITÉ CIENTÍFICO

Claudia Alexandra Garzón Santos
Mary Lucia Galindo Galindo
Alex Mauricio González Méndez
Jesús Victorio Martín
Alffer Gustavo Hernández Posada

Publicación semestral
Número de ejemplares: 500
ISSN: 2339-3270

Información:

Centro de Investigaciones
Carrera. 7 No. 19-38 • PBX: 286 23 84 - Ext. 114
Correo electrónico: revistaingenieria@urepublicana.edu.co

Armada digital e impresión:

Grafiweb Impresores Publicistas • Tel.: 6945017
grafiwebgerencia@gmail.com

COMITÉ EDITORIAL

Pedro León Garcia Reinoso

Doctor en Ingeniería Pontificia Universidad Javeriana. Magister en Ingeniería Civil Universidad de los Andes. Ingeniero Civil Universidad del Quindío

Tatiana Ferro Mojica

Magister en Dirección y Gestión de Empresas Internacionales Universidad Autónoma de Barcelona. Especialista en Gerencia Empresarial Universidad Central.

Nelly Paola Palma Vanegas

Doctora en Matemáticas Universidad Nacional de Colombia; Magister en Matemáticas Universidad Nacional de Colombia.

Raúl Manuel Falcón Ganfornina.

Doctor en Matemáticas Universidad de Sevilla, Matemático de la Universidad de Sevilla.

Alexander Bonilla Rivera

Magister en Astrofísica Universidad de Valparaíso, Chile. Licenciado en Física, Universidad Nacional de Colombia.

COMITÉ CIENTIFICO

Claudia Alexandra Garzón Santos

Doctora en Ingeniería Industria y Organizaciones Universidad Nacional de Colombia. Magister en Administración de Empresas Universidad Nacional de Colombia. Economista Universidad Nacional de Colombia.

Mary Lucia Galindo Galindo

Doctorate of Business Administration (DBA). Doble titulación Swiss Management Center University (Switzerland) & Universidad Francisco Marroquín (Guatemala). Mágister en Administración de Empresas (MBA) en Dirección de Proyectos Universidad del Mar, Chile. Ingeniería del Desarrollo Ambiental Universidad Antonio Nariño

Alex Mauricio González Méndez

Doctor en Ingeniería Pontificia Universidad Javeriana. Magister en Ingeniería Ambiental Universidad de los Andes. Ingeniero Civil Universidad de los Andes.

Jesús Victorio Martín

Magister en Ingeniería de Software Universidad de Alcalá. Ingeniero en Informática de Gestión Universidad de Sevilla.

Alffer Gustavo Hernández Posada

Maestría en curso en Ciencias- Matemáticas Universidad Nacional de Colombia. Especialización en matemática avanzadas Universidad del Tolima Licenciado en Matemáticas Universidad del Tolima. Especialista en Finanzas Universidad de Ibagué- Universidad del Rosario.

PARES EVALUADORES

Adriana Díaz

Magister en Docencia Universidad de la Salle. Ingeniera Industrial Universidad Libre de Colombia.

Bricce Yesid Valencia Cruz

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Especialización en Matemática Aplicada. Universidad Sergio.

Carlos Andrés González Cortés

Magíster en Administración de Empresas con Especialidad en Dirección de Proyectos de la Universidad del Mar. Viña del Mar de Chile. Ingeniero Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Darío Alejandro García

Magister en Matemáticas Universidad de los Andes; Doctorando en Matemáticas Universidad de los Andes.

Diana Carolina Candia Herrera

Especialista en Telecomunicaciones de la Universidad Piloto de Colombia. Ingeniera de Sistemas de la Universidad Piloto de Colombia.

Ramón Cubaque

Magister en Educación Universidad Libre de Colombia. Especialista en Gerencia y Proyección Social de la educación Universidad Libre de Colombia.

REVISTA INGENIERÍA, MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

ISSN 2339-3270

La Revista de Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información es una publicación científica y tecnológica de la Corporación Universitaria Republicana, que tiene por objeto publicar avances y resultados de investigación en matemáticas, ciencias de la información e ingeniería.

La publicación es semestral y está abierta a recibir en forma permanente los documentos que se postulen para publicación.

No obstante, para la publicación de artículos en el número de la revista correspondiente al primer semestre se ha determinado como fecha de corte el 20 de marzo del año en curso. Para aquellos artículos que se considerarán para publicación en el número de la revista correspondiente al segundo semestre del año, la fecha de corte es 20 de septiembre del año en curso.

1. Para su recepción, evaluación y publicación los artículos cumplen un proceso de preselección basado en dos criterios: el primero atiende a la tipología del artículo de acuerdo con las categorías de Colciencias; el segundo, verifica el cumplimiento de los requisitos formales.

Si el artículo no corresponde a ninguna de las categorías establecidas por la revista o no se ajusta a los requisitos de presentación formal, será devuelto a su autor, quien podrá volver a remitirlo al editor cuando se llenen los requisitos. Cumplir con los siguientes criterios según los requerimientos de tipo científico de acuerdo con la clasificación de Colciencias:

- Artículo de investigación científica y tecnológica. "Informe escrito que da cuenta de los resultados originales de una investigación y que debe cumplir con requisitos formales establecidos dentro de una disciplina y una comunidad científica y tecnológica, formalidades que se reflejan en las prácticas generalmente aceptadas para la publicación de documentos en las revistas que pudieran llegar a aceptarlo". Colciencias (2012).

- Artículo de reflexión. Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

- Artículo de revisión. Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avan-

ces y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos cincuenta referencias.

2. Se aceptan artículos escritos en español, inglés o francés. No se aceptan artículos que hayan sido publicados o que se encuentren en proceso de publicación en otra revista. Todo autor debe acompañar su propuesta con una constancia de que el texto presentado es de su autoría e inédito, garantizando que el mismo no ha sido propuesto en ninguna otra publicación.

3. Los artículos deberán tener un sustento bibliográfico. Las referencias bibliográficas tienen que hacerse de estilo de citación y de presentación según las normas IEEE.

4. En la última página se debe hacer la correspondiente referencia sobre el autor y sus calidades académicas e investigativas. Adicionalmente señalar el proyecto de investigación del cual procede el artículo y la institución a la que corresponde.

5. Extensión máxima de 20 páginas, presentación en Word, carta, letra Times New Roman, con las normas IEEE.

La revista podrá publicar artículos que cumplan con los requisitos de forma y contenido y que hayan sido evaluados favorablemente por árbitro o par académico.

La Revista utiliza el sistema de revisión externa (Double-Blind Peer Review) de forma anónima mediante el método de "doble ciego".

Cada ejemplar se edita en versión impresa y también en versión electrónica (ISSN 2357-3716), esta última disponible en: <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/index>. Esta es una revista de acceso abierto (Open Access), lo que significa que todo el contenido es de libre acceso y sin ningún coste para el usuario/a o para su institución. Los usuarios pueden leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o enlazar con los textos completos de los artículos de esta revista sin pedir permiso previo del editor o el autor.

Los artículos podrán remitirse en medio físico a la sede administrativa de la Corporación Universitaria Republicana, Centro de Investigaciones (Carrera 7° No. 19-38 Piso 4°. Teléfono 2862384 Ext. 114) o al editor de la Revista al correo electrónico: revistaingenieria@urepublicana.edu.co

CONTENIDO

Pág.

Editorial

Evelyn Garnica Estrada 11

Artículos de Investigación

Accidentes de trabajo: Su investigación y la fuerza de las estadísticas

Work accidents: Research and the strength of statistics

Carlos Alirio Beltrán Rodríguez, Lilian Astrid Bejarano Garzón 13

Profundización en algunos objetos matemáticos

Deepening in some mathematical objects

John Edison Castaño Giraldo 21

Telemetría sobre raspberry Pi

Telemetry on Raspberry Pi

Guillermo Andrés Esguerra Bautista, Gustavo Armando Guancha Taquez,

Juan Sebastián Pardo Jiménez 27

Diseño digital con FPGAs y microprocesadores

Digital design with fpgas and microprocessors

José Alejandro Franco Calderón, Myriam Catalina Garzón Jaramillo 35

Ascensor ATV71 controlado por codesys

Elevator ATV71 controlled by codesys

José Alejandro Franco Calderón, Manuel Felipe Rodríguez Pérez 45

El aprendizaje organizacional y su influencia en la innovación dentro de la organización

Organizational learning and its influence on innovation in the organization

Maribel Gómez Rodríguez 59

Historia clínica electrónica para apoyo de tratamiento de niños sordos en entornos no-hospitalarios

An electronic health record to support deaf children treatment at non-hospital environments

Orlando López-Cruz, Diana Lorena Rodríguez Ávila 67

Evolución y elementos de la lógica deóntica Evolution and logic deontic elements <i>Magdalena Pradilla Rueda</i>	77
Evaluación desde la óptica de la computación forense del bug OpenSSL - Heartbleed Evaluation from the perspective of forensic computing of the bug OpenSSL - Heartbleed <i>John Alexander Rico Franco</i>	97

EDITORIAL

Nos es muy grato presentar este nuevo número de la Revista de Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información, dedicado a temas de Accidentes de trabajo, aprendizaje organizacional, telemetría, diseño digital, control, informática biomédica, computación forense, objetos matemáticos y lógica deóntica.

Este número contiene artículos de académicos y estudiantes de la Corporación Universitaria Republicana, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Universidad Nacional de Colombia, Universidad El Bosque y la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Con esta cuarta edición de la Revista de Ingeniería, Matemáticas y ciencias de la información se cumplen dos años de existencia de un medio que muestra el trabajo de docentes investigadores a través de sus artículos de investigación, reflexión y revisión.

Estamos seguros de que los artículos publicados en esta edición presentan formas de trabajo innovadoras que serán de gran utilidad e inspiración para todos los lectores, ya sean académicos o profesionales, por lo que esperamos que esta iniciativa tenga la acogida que merece.

Evelyn Garnica Estrada
Docente Investigadora
Editora

ACCIDENTES DE TRABAJO: SU INVESTIGACIÓN Y LA FUERZA DE LAS ESTADÍSTICAS

Work accidents: Research and the strength of statistics

CARLOS ALIRIO BELTRÁN RODRÍGUEZ*, LILIAN ASTRID BEJARANO GARZÓN**

Recibido: 01 de junio de 2015. Aceptado: 14 de junio de 2015

RESUMEN

El estudio del siniestro llamado Accidente de Trabajo reclama por una apertura mental del investigador hacia el vector de referentes con tal de hacer una aproximación diáfana, esto es, con coherencia y argumentación basada en la rigurosidad del análisis estadístico que permita construir un cuerpo cognitivo de la accidentalidad en el trabajo que proyecte una acción prospectiva que induzca crecimiento y desarrollo mediante la prospectiva holística de la accidentalidad en el trabajo que viabiliza la seguridad empresarial y con ella su prosperidad y longevidad.

Palabras clave: riesgo, incertidumbre, normas, accidente de trabajo, estadísticas de siniestralidad, investigación de accidentes, holística.

ABSTRACT

The study of the incident called Work Accident claims for mental openness of the researcher to the reference vector so to make a transparent approach, that is coherent and rigorous argument based on the statistical analysis that can build a body of cognitive accidents at work which cast a prospective action that induces growth and development through holistic foresight of the accident at work that enables the enterprise security and with it their prosperity and longevity.

Keywords: risk, uncertainty, standards, accident, accident statistics, accident investigation, holistic.

I. INTRODUCCIÓN

Un factor contundente en el aumento notable de los COSTOS de cualquier actividad productiva reside en los accidentes de trabajo (AT) que se pueden visibilizar para las empresas como pérdidas de: personal (temporal, permanente), equipos, materia prima, también como aumento en las pólizas de seguro, afectación en el medio ambiente tanto interno como externo e indudablemente en la MARCA de la empresa, puesto que sufre impacto negativo.

Responder efectivamente ante esta entidad (A.T.) exige modelos flexibles, ágiles y sensibles que de manera holística respondan por la integri-

zas de seguro, afectación en el medio ambiente tanto interno como externo e indudablemente en la MARCA de la empresa, puesto que sufre impacto negativo.

* Ingeniero Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de caldas, de Bogotá, Colombia. Magister en Ingeniería Industrial. Especialista en Higiene y salud ocupacional de la Universidad Distrital Francisco José de caldas, de Bogotá, Colombia. Actualmente profesor de la Maestría de Ingeniería Industrial en el área de Salud Ocupacional y revisor de trabajos de grado. Docente en pregrado de las áreas de Diseño y Materiales, Seguridad Industrial, Ergonomía, Métodos y Tiempos y Control de Calidad en la Universidad Distrital Francisco José de caldas en Bogotá, Colombia y es docente investigador del grupo de investigación Sistemas expertos y Simulación, Universidad Distrital (SES). Correo electrónico: cbeltran5@yahoo.es.

** Ingeniera de Sistemas de la Universidad Piloto de Bogotá, Colombia. Obtuvo sus títulos de Especialista en Docencia Universitaria en la Universidad del Rosario de Bogotá, Colombia y en Informática Industrial de la Universidad Distrital de Bogotá, Colombia. Es estudiante en la Maestría de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital, de Bogotá, Colombia. Actualmente se desempeña como profesora en el área de investigación de operaciones en la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" de Bogotá, Colombia, y pertenece como coinvestigadora al grupo Modelación en Ingeniería de Sistemas (MIS). Correo electrónico: laprofesora7@yahoo.es

dad del complejo empresarial. La base de tales modelos proviene de la experiencia asimilada del análisis estadístico de los A.T. de donde surgen los datos, las configuraciones de planes de acción inmediata y de prevención a la vez que evidencian el resultado y la efectividad de las normas y disposiciones de seguridad adoptadas.

La modelación de accidentes de trabajo (AT) es pieza clave en respuesta a disminuir la incidencia negativa en la estructura de costos y en la impronta de la arquitectura empresarial. El análisis estadístico permite reconocer e identificar peculiaridades del evento siniestro que conducen a obtener líneas de acción en corrección y prevención mediante la utilización del perfil instrumental y conceptual de modelo derivado de la abstracción y estudio de los datos de investigación del evento nefasto. [1]

II. CONCEPTO DE ACCIDENTE DE TRABAJO (AT.)

El desarrollo del concepto de accidente de trabajo (A.T.) en el tiempo ha sido dinamizado en gran manera por los avances en tecnología, la innovación y modernización de los escenarios fabriles. [2][3]

- Hacia el año 1959 Heinrich caracteriza al A.T. como «un evento no planeado ni controlado, en el cual la acción o reacción de un objeto, sustancia, persona o radiación, resulta en lesión o probabilidad de lesión».
- Blake separa el concepto de accidente del de lesión «es una secuencia no planeada ni buscada, que interfiere o interrumpe la actividad laboral».
- Johnson define A.T. como «una transferencia indeseada de energía o una interferencia a una transferencia deseada, debido a la falta de barreras o controles que producen lesiones, pérdidas de bienes o interfieren en procesos precedidos de secuencias de errores de planeación y operación los cuales: No se adaptan a cambios en factores físicos o humanos y producen condiciones y/o actos inseguros, provenientes del riesgo de la actividad, que interrumpen o degradan la misma.»

Accidentes de trabajo se define como: «Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte.»[4]

Es conveniente precisar la diferencia entre accidente e incidente, estos son sucesos no planeados ni previstos, que pudiendo producir daños o lesiones, por alguna «causalidad» no lo produjeron, son importantes por tres razones:

- 1) El mecanismo que produce un incidente es igual al mismo que produce un accidente.
- 2) Es un aviso de lo que pudo pasar.
- 3) Aunque no produce lesiones ni daños, si ocasiona pérdidas de tiempo. Por lo menos se ha de repetir la tarea.

En relación a la frecuencia, la razón:

- Accidente incapacitante a incidente es 1 a 600.
- Accidente leve a incidente es 1 a 10.
- Daños a la propiedad a incidente es 1 a 30.

III. ORIGEN DE LOS ACCIDENTES DE TRABAJO

A. Teoría de secuencia o de Heinrich

Esta postura afirma que el origen de un accidente de trabajo es multifactorial en secuencia de hechos; los unos impulsan a otros. La presencia simultánea de todos los factores anteriormente estudiados implican el A.T.

B. Teoría Probabilística

Es posible asociar el número de A.T. en una Industria de gran magnitud a una distribución al azar en el tiempo de acuerdo a la Ley de Poisson. Se ha podido establecer una relación inversa entre la frecuencia de A.T. y la magnitud de los mismos.

C. Causas de los accidentes de trabajo

Las causas de los A.T. se pueden asociar básicamente a dos factores técnicos (Materiales y

procedimientos) ó humanos (Personalidad, fatiga, stress, falta de concentración, incapacidad para determinadas tareas, desinformación, edad, adicción a drogas, alcohol).

D. Evaluación de los accidentes de trabajo

Las normas de la organización internacional del trabajo evalúan a los accidentes de trabajo desde los siguientes factores:

- Forma del accidente: Son las características del hecho que ha tenido como resultado directo la lesión.
- El agente material: Aquel que produce (o no) la lesión.
- Naturaleza de la lesión: Son las lesiones que se produjeron con los accidentes de trabajo en la planta.
- Ubicación de la lesión: Que parte del cuerpo fue lesionada.
- Agente objeto: O sustancia más estrechamente relacionada con la lesión y que en general podría haber sido protegido o corregido en forma satisfactoria.
- La parte del Agente: La(s) parte(s) que causan directamente la lesión (sierra, martillo,...)
- Condición mecánica o física insegura: Condiciones que no cumplen con las normas de seguridad y por lo tanto presentan un alto riesgo de accidentes laborales.

E. Tipo de Accidente de Trabajo

Es el mecanismo por el cual se establece contacto entre la persona accidentada y el objeto que ocasiona el accidente. Ejemplo: Por colisión (cortes), contusión (golpe), prensado (entre objetos), caídas, esfuerzos excesivos, inhalar o ingerir sustancias tóxicas.

F. Factor Humano

Es la característica mental o física que tiene predisposición individual (personalidad accidentó

gena) como por actitudes impropias. Generalmente al evaluar un accidente, se puede comprobar que siempre entran en relación por lo menos tres de estos factores[5] que son: La condición física y mecánica defectuosa según el acto inseguro y el factor humano y determinan la manera en que se relacionan el tipo de lesión.

G. Incidencia de los accidentes de trabajo en los costos de una empresa.

No se pone en duda que los A.T. aumentan los costos de la actividad para el negocio, los cuales para su manejo pueden ser tratados como: DIRECTOS e INDIRECTOS.

- Los Costos directos son cubiertos por la ARP y son recuperables.
- Los costos indirectos pueden llegar a ser de una a veinte veces más que los costos directos. Heinrich escribe que en promedio representan cuatro veces más que los costos directos.

H. Estadísticas de los Accidentes de Trabajo

Los datos son los elementos cognitivos primigenios para obtener mediante el análisis estadístico, configuraciones del hecho o siniestro por lo tanto estas unidades primigenias son de un alto valor, puesto que de ellas si dependen los ulteriores hallazgos en términos de caracterizaciones, atributos y sus valores o patrones que puedan presentar las escenas o escenarios y los accidentes de trabajo[6], [7]. El conocimiento o teoría de la accidentalidad se construye desde las proposiciones gramaticales y los argumentos lógicos del contexto disciplinar particular donde el evento nefasto ocurre; esta construcción teórica presenta el contexto y pretextos para la toma de decisiones asertivas y efectivas entorno a los cursos de acción de mejora de la seguridad[6]. Queda claro el papel fundamental del dato por ello la excelstitud de su obtención es primordial para asegurar el rigor del resultado del análisis estadístico ulterior.

I. Objetivo central e impacto del análisis de la estadística de los accidentes de trabajo (AEAT)

Los rasgos distintivos del A.T. son particularidades que se derivan de la fuerza cognitiva

impartida por la sistematicidad y rigor del tratamiento de los datos obtenidos en la mirada investigativa por la aplicación de las reglas y teorías propias de la disciplina estadística; que se observan en la gramática (coherencia cognitiva) y retórica (argumentación disciplinar) del discurso epistemológico, producto de la investigación del A.T. y cuyo sostén lógico lo proporciona directamente la estadística. [8]

J. Investigación del Accidente de Trabajo (A.T.)

La investigación del ACCIDENTE DE TRABAJO involucra el despliegue de las fases del ciclo holístico de hallazgo cognitivo que tiene como punto de partida las EXPERIENCIAS o situaciones que el investigador ha vivido, sus conocimientos y motivaciones previas, que de alguna manera genera la inquietud de investigar acerca del SINIESTRO (AT), lo cual se traduce en NO SOLO saber DEL CONTEXTO COGNITIVO sino en la manera de ver los A.T. y la forma de interpretar los escenarios siniestros, esto es, valoración holística de los detalles, atributos y características que perfilan a cada A.T. y permiten llegar a grados altos de objetividad, leyéndose el A.T. con precisión, claridad y explicitud. Ahora bien la práctica global del estudio de A.T. involucra las dimensiones:

- Histórica.
- Metodológica.
- Trascendente.
- Cuántica.

De un proceso único alcanzado por logros necesarios expresados en objetivos de cada fase (explorar, describir, comparar, analizar, explicar, predecir, proponer, modificar, confirmar y evaluar) donde cada nivel cognitivo alcanzado corresponde a un estadio de conocimiento del accidente de trabajo, objeto de investigación. [9]

La construcción de cada fase involucra la elaboración y validación de los instrumentos diseñados para la recolección de los datos y como quiera que el A.T. ha de caracterizarse por medio de la MEDICIÓN, Se entregará la percepción de las características de EVENTO a clasificarse y categorizarse para su posterior interpretación es primordial la utilización de técnicas e instrumentos finamente diseñados para la obtención depurada de los datos asociados al A.T. [10]

Los criterios que permiten seleccionar el material, se basan en una serie de indicios del evento a medir, los cuales la experiencia del investigador pone en evidencia. [11] [12] [13] La tabla 1. Señala las diversas técnicas con sus respectivos instrumentos de recolección de datos.

Mirando a las estadísticas de A.T. estas deben proporcionar elementos que permitan [14]:

1. Detectar, evaluar, eliminar o controlar las causas de accidentes.
2. Dar elementos fundantes para la adecuada estructuración y puesta en práctica de las

Tabla 1. Técnicas de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos de recolección de datos	instrumento de registro
Observación	Guía de observación, lista de cotejo escala de observación.	Formato, papel, lápiz u ordenador, Cámara de video.
Revisión documental	Matriz de categorías.	Papel lápiz u ordenador.
Entrevista	Guía de entrevista.	Grabadora papel, lápiz u ordenador, Cámara de video.
Encuesta	Cuestionario escala test prueba de conocimiento.	Formato papel, lápiz u ordenador.
Sociometría	Test socio métrico.	papel, lápiz u ordenador
Sesión en profundidad	Guía de Observación.	Grabadora, Cámara de video, Cámara fotográfica.

normas tanto generales como específicas así en lo correctivo como en lo preventivo.

3. Determinar costos directos e indirectos.
4. Comparar periodos determinados, para efectos de evaluar la aplicación de las pautas impartidas por el servicio y su relación con los índices publicados por la autoridad de aplicación.

Ahora bien el diseño de las técnicas e instrumentos para tomar los datos son de gran importancia como ya se dijo puesto que entre más exactas y precisas sean las elementales estadísticas de los distintos A.T., obviamente su caracterización y posterior análisis llevará a conocimiento valioso para el diseño de las configuraciones de mejora. La debilidad de las estadísticas de A.T. se inicia en la subcultura del subregistro de los siniestros de su obligatoriedad y también a que se obliga a los trabajadores a denunciar a la ARP y a la superintendencia, todos los accidentes acontecidos, caso contrario, la ARP, no se encuentra obligada a responder ampliamente por el suceso acontecido [15].

Se comprende que éstas unidades elementales de estadísticas se erigen como fuente esencial en la conceptualización y categorización del A.T., esto es, tipo de lesión, intensidad; áreas dentro de la planta con actividades mas rigurosas, hora de mayor ocurrencia del A.T., días de semana, puesto

de trabajo, trabajador estable o reemplazable en esa actividad [16].

El estudio puede singularizar la causa del A.T. y proceder al diseño del conjunto de acciones y actividades que lleven a mejorar las condiciones laborales, la seguridad, la respuesta pertinente y pronta al A.T. En la caracterización de la seguridad se pueden configurar los llamados índices de siniestralidad [17] [18] [19]:

Producto de las estadísticas y su análisis es factible encontrar los índices de siniestralidad que permiten realizar análisis y construir planes de acción y prevención según el sector y su desagregación de acuerdo a los rasgos distintivos del perfil del A.T. en estudio [20].

La Investigación del Accidente de Trabajo (I.A.T.), es un acto de comunicación de los sucesos acontecidos en escenarios de drama en una cultura empresarial singular. Las expresiones «hechos vividos», «historias contadas» se encuentran en el centro medular de Modelo creado para la (I.A.T.). El investigador se encuentra motivado para desarrollar los significados y la secuencia de acciones coordinadas en la congruencia de su mente de investigador con los sucesos acontecidos en el siniestro [21].

La existencia de que quien relata al investigador esté en un escenario mental disonante con el

Tabla 2. Índices de Siniestralidad.

Índice	Descripción	Formula
Incidencia	Expresa la cantidad de trabajadores siniestrados, en un período de un año, por cada mil trabajadores expuestos	$\text{Índice de Incidencia} = (\text{Trabajadores accidentados} * 1.000) / \text{Trabajadores expuestos}$
Frecuencia	Expresa la cantidad de trabajadores siniestrados, en un período de un año, por cada un millón de horas trabajadas	$\text{Índice de Frecuencia} = (\text{Trabajadores accidentados} * 1.000.000) / \text{Horas trabajadas}$
Gravedad		
Pérdida	El índice de pérdida refleja la cantidad de jornadas de trabajo que se pierden en el año, por cada mil trabajadores expuestos.	$\text{Índice de Perdida} = (\text{Días caídos} * 1000) / \text{Trabajadores expuestos}$
Baja	El índice de baja indica la cantidad de jornadas de trabajo que se pierden en promedio en el año, por cada trabajador siniestrado.	$\text{Índice de Baja} = (\text{Días Caídos}) / \text{Trabajadores siniestrados}$
Incidencia para muertes	El índice de incidencia para muertes indica la cantidad de trabajadores fallecen, en un período de un año, por cada un millón de trabajadores expuestos.	$\text{Índice de Incidencia por Muerte} = (\text{Trabajadores Fallecidos} * 1.000.000) / \text{Trabajadores expuestos}$

espíritu del instrumento diseñado por el investigador genera la posibilidad de que el reporte no se ajuste a lo sucedido. Aquí en los escenarios siniestros, los referentes entramados borran, invierten, resaltan y suprimen acontecimientos que llevan a preguntarse[22].

- ¿La investigación comunica realmente lo que sucedió?
- ¿Relaciona todas las dimensiones involucradas?
- ¿El orden de los acontecimientos y su jerarquía realmente están en coherencia con el tiempo, situación y corporeidad?
- ¿La coherencia que aparece obedece a una lógica plausible mas no a la real... esta no se conoce?
- ¿Hay espacios para la polisemia o es «verdad» lo afirmado?

La materia oscura, esto es, con mucha incertidumbre del A.T, se debe dilucidar o develar con una mente holística mirando el hecho, el A.T. desde los diferentes referentes imaginables y concretables como se indica en la figura 1 y desde el núcleo cognitivo estético y valorativo de la mente del investigador sabio y reflexivo.

La acción de la incertidumbre se puede detectar por sus efectos y la mente abierta del investigador a todos los referentes permite que como red de pensamiento capture o mejor emerja la teoría consolidadora y sinérgica de la explicación del su-

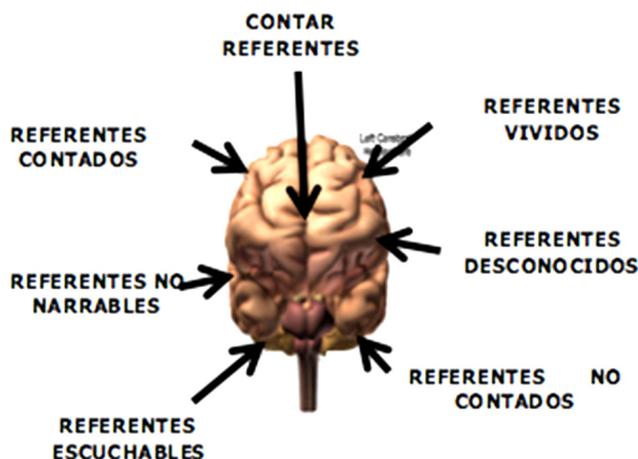


Figura 1. Referentes imaginables [23]

ceso siniestro y de la inminente superación desde la propuesta preventiva que le es inmanente. La teoría de la accidentalidad en un trabajo tendrá desarrollo en el escenario de la prioridad cognitiva, en el entendido de que el beneficio del negocio es función de su reconocimiento de que la fuerza de las acciones correctivas y preventivas toma su fuente de la armonía mental cognitiva axiológica y valorativa del accidente de trabajo [24].

IV. CONCLUSIÓN

La construcción de un cuerpo cognitivo de accidentalidad en el trabajo tiene en la investigación coherente abierta y propositiva la fuerza y dinámica que permiten que la prospectiva de la accidentalidad en el trabajo reduzca considerablemente la turbulencia generada por la contingencia del accidente de trabajo en términos de pasar de la incertidumbre al manejo de esta mediante la coherencia y la argumentación de las configuraciones cognitivas apoyadas en los análisis de las estadísticas de los accidentes de trabajo que viabilizan la entidad empresarial como un todo.

REFERENCIAS

- [1] Decimoquinta Conferencia Internacional de Estadísticos del Trabajo, «Resolución sobre la Clasificación Internacional de la Situación en el Empleo (CISE).» Ginebra, Enero de-1993.
- [2] Reunión de expertos sobre estadísticas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, «A system of basic periodical statistics of occupational injuries.» Ginebra, Enero de-1980.
- [3] CIUO-88, «Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones.» Ginebra, 1990.
- [4] Sistema general de riesgos profesionales en Colombia., «Decreto 1295 de 1994.» 1994.
- [5] «XXIV Asamblea General,» in *Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS)*., Acapulco, México, 1992.
- [6] «Conferencia Internacional del Trabajo 2002.,» in *90ª Reunión. Informe V.*, Ginebra, 2002.
- [7] «Comisión de las Comunidades Europeas (Eurostat),» presented at the *Metodología para un sistema armonizado de declaración y registro de datos de accidentes de trabajo*, Luxemburgo, 1992, 1992.
- [8] Fasesolda, «La industria colombiana de seguros registró el primer trimestre una mejora en el índice

- de denuncias por siniestros en el segmento de seguros».
- [9] Ministerio de Gobierno de la República de Colombia, «Delegatorio de Funciones presidenciales, otorgadas mediante el Decreto 1266 de 1994, en ejercicio de las facultades extraordinarias conferidas por el numeral 11 del artículo 139 de la Ley 100 de 1993. DECRETO 1295 de 1994 (Junio 22).» Diario Oficial No. 41.405.1994.p., 16.
- [10] J. E. Lasso, «CONMEMORACIÓN DIA DE LA SALUD EN EL MUNDO DEL TRABAJO.» Ministerio de la Protección Social. Dirección General de Riesgos Profesionales., 2006.
- [11] G. Lago, *Las tecnologías de Información y comunicación en el sistema de salud*, vol. 49. Universidad Médica. Bogotá (Colombia), 2008.
- [12] Ministerio de trabajo y de seguridad social., «Decreto número 1530.» Agosto de-1996.
- [13] Ministerio de la protección social Dirección nacional de riesgos profesionales., «Sistema de riesgos tendrá información más exacta, sobre accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.» 2007.
- [14] «SISPRO. Sistema Integral de la Protección Social.» *Ministerio de la protección social.*
- [15] Naciones Unidas, «Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU),» Nueva York, Estadístico 4, 1990.
- [16] Estrucplan, «Investigación de accidentes: árbol de causas,» *NTP 274*, 21-Aug-2009.
- [17] Estrucplan, «Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del 'Árbol de fallos y errores,'» *NTP 333*.
- [18] Ginebra, «OIT: Registro y notificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT.» 2002.
- [19] «OIT: Resolución sobre estadísticas de las lesiones profesionales,» presented at the Décima Conferencia Internacional de Estadísticos del Trabajo, Ginebra, 1962.
- [20] República de Colombia., «Sistema de Seguridad Social Integral.» Nomo Ediciones, 2007.
- [21] Estrucplan, «Siniestralidad,» *Estadísticas de Accidentes.*
- [22] Estrucplan, «Siniestralidad,» *Investigación de accidentes - 1º parte.*, 23-Apr-2015.
- [23] Estrucplan, «Siniestralidad,» *Investigación de accidentes - 2º parte.*, 24-Apr-2015.
- [24] «Resolución sobre estadísticas de lesiones profesionales,» presented at the Decimotercera Conferencia Internacional de Estadísticos del Trabajo, Ginebra, 1982.

PROFUNDIZACIÓN EN ALGUNOS OBJETOS MATEMÁTICOS

Deepening in some mathematical objects

JOHN EDISON CASTAÑO GIRALDO*

Recibido: 28 de abril de 2015. Aceptado: 28 de mayo de 2015

RESUMEN

Inicialmente se considera los números naturales como los números que tienen como función principal contar. Entonces cada número natural representa la cantidad de elementos que tiene un conjunto. La asignación es la primera estrategia utilizada para que cada símbolo represente la cantidad de elementos de un conjunto, por ejemplo (el símbolo 1 representa un elemento que tiene un solo elemento, 2 es el símbolo para un conjunto con dos elementos y así sucesivamente). Por lo anterior surge la pregunta ¿Por qué estos símbolos? La segunda estrategia utilizada es la de la agrupación, a medida que el número de elementos aumenta se va haciendo grupos para resumir la escritura. En nuestro conocimiento sobre los números naturales, se hace grupos de a diez elementos pero ¿por qué tomamos diez como el número de elementos para agrupar? La tercera estrategia consiste en diferenciar una cantidad de la otra por medio de la posición, es decir, un número uno (1) puede significar diferentes cantidades de agrupación dependiendo de la posición donde esté ubicado.

Palabras clave: conjunto, elementos, números naturales, símbolos.

ABSTRACT

Initially it considered the natural numbers as the numbers whose main function count. Then every natural number representing the number of elements that have a set. The assignment is the first strategy used for each symbol represents the number of elements in a set, for example (the symbol 1 represents an element that has only one element, 2 is the symbol for a set with two elements and so on). Therefore the question arises why these symbols? The second strategy used is that of the group, as the number of elements increases is becoming groups to resume writing. In our knowledge of the natural numbers, we do groups of ten items but why take ten years as the number of elements to group? The third strategy is to distinguish a number of other by means of the position, ie, a number one (1) may mean grouping different amounts depending on the position where it is located. In this document are given to learn the basics, history, classes, and most relevant information about artificial intelligence. In sum, the artificial intelligence is defined as the science that has one major approach in the development of programs or machines, which are capable of reasoning alone for the solution of problem, and added to this have the ability to be more efficient than a human.

Key words: sets, elements, natural numbers, symbols.

I. INTRODUCCIÓN

Para tratar de entender un poco mejor los números naturales, se utiliza la estrategia de representarlos por medio de símbolos diferentes a los usuales (1,2,3,4,5,6,7,8,9,0) y así poder responder a la pregunta ¿Por qué utilizar estos símbolos? Las

representaciones utilizadas serán de tipo aditivo y multiplicativo, lo que permite analizar las operaciones entre números naturales a profundidad, con resultados interesantes como: la noción que se tiene división puede confundirse entre dos ideas, al operar números naturales debe tenerse en cuenta la potencia de la base que acompaña a cada cantidad.

* Docente investigador, Corporación Universitaria Republicana. Correo electrónico: jecastanogi@gmail.com

Al final se podrá decidir si las operaciones siguen teniendo los mismos procedimientos o varían por las representaciones.

Por otro lado se podrá decir que la noción de línea recta que se tiene, lleva a una representación gráfica que parece un trazo firme y en la misma dirección.



Figura 1. Línea Recta,

Pero esta noción no es tan general, debido a que está limitada a un sistema de representación cartesiano, pero ¿Qué pasa cuando el sistema de representación es diferente al cartesiano? ¿Siempre varía la representación de una línea recta con solo cambiar el sistema de referencia? se verá algunos ejemplos para ilustrar estas ideas.

En nuestro conocimiento de línea recta se sabe que los elementos principales que la conforman son: Dos puntos por los que pasa, la pendiente, el intercepto con uno de los ejes. Pero se profundizará en las definiciones de pendiente para reflexionar sobre su existencia o su escritura algebraica, pues alguna de sus ecuaciones puede no ser tan general.

En este documento se encontrará una breve descripción de los números naturales utilizando una representación simbólica diferente a la usual y sus características (Agrupación y posicionalidad). También se presentan las operaciones usuales entre números naturales haciendo una comparación con los símbolos tradicionales, para analizar si varían o no. En segundo lugar se hace una descripción de la línea recta en algunos sistemas de referencia, como el cartesiano, algunos de tipo oblicuo, y el sistema PAR¹. Lo anterior con el fin de comparar las representaciones y las características algebraicas y poder generalizar algunas de ellas.

II. NÚMEROS NATURALES

En adelante se utilizará la siguiente representación simbólica de los números naturales, para tra-

tar de hacer una presentación general de sus características y propiedades.

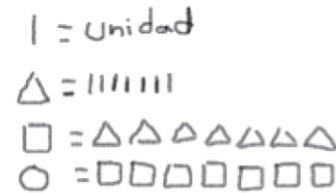


Figura 2. Sistema Aditivo.

En la representación por medio de un sistema aditivo es posible ver claramente la idea de asignación y agrupación; siempre que se define la unidad y con base a esta unidad se construyen los siguientes símbolos.

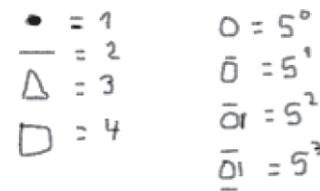


Figura 3. Sistema Multiplicativo².

La unidad representa la asignación de algún elemento que se está contando (esta operación consiste en asignar). Además cada vez que se utiliza un símbolo para representar una cantidad de símbolos anteriores, se está utilizando la agrupación.

Las operaciones entre números naturales utilizando esta simbología no varían. Lo único que se debe tener en cuenta es la agrupación que se ha hecho para obtener cada una de las cantidades, por ejemplo:

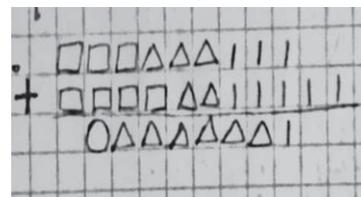


Figura 4. Suma.

1 Sistema PAR: Se construye con dos líneas paralelas como ejes coordenados y se gradúan para definir los puntos.

2 Se utiliza la base cinco como un ejemplo ilustrativo.

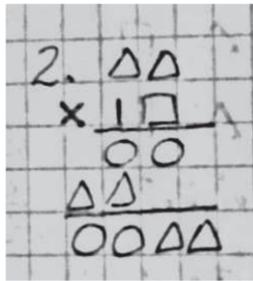


Figura 5. Multiplicación

En la figura 2 no hubiese sido posible obtener un triángulo adicional si no se entendiera que la agrupación es de siete unidades. Mientras que en la figura 3 intervienen dos nociones: la primera que consiste en comprender la multiplicación, entonces para la primera cantidad cuadrado por triángulo debe entenderse como la suma de triángulo veces cuadrado. La segunda noción corresponde a la noción de agrupación, pues de lo anterior para calcular triángulo veces cuadrado debe conocerse la cantidad de unidades que representa la expresión «triángulo veces cuadrado».

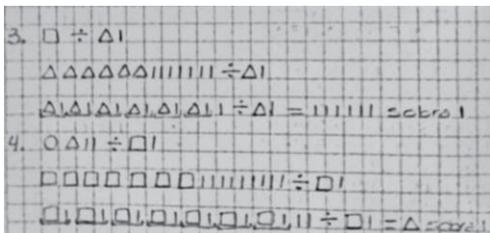


Figura 6. División.

Para el caso de la división, la estrategia es la misma en comparación con la división utilizando los símbolos usuales para los números naturales. La idea es repartir en partes iguales, entonces para la primera división debe dividirse en el cuadrado en «triángulo palo» veces, como lo muestra la figura 6.

Por lo anterior es importante utilizar como estrategia la desagrupación, pues es necesaria para escribir el dividendo en términos del divisor. Como conclusión importante puede decirse que después de profundizar en la división entre números naturales, la noción de repartir en partes iguales es insuficiente pues existe la posibilidad de hacer grupos de la cantidad que represente el divisor (repartir en partes iguales) o también de hacer tantos gru-

pos como la cantidad del divisor lo indique. Las definiciones anteriores son válidas para la operación de división.

Para el caso del sistema multiplicativo se puede tener como conclusión importante, que nuevamente la agrupación es indispensable. Lo anterior porque se puede decir que de cada número natural identifica una parte que corresponde a la cantidad y la que la acompaña que corresponde a la potencia de la base (Ésta define la posición y se obtiene de agrupar la base un número determinado de veces). Por ejemplo:

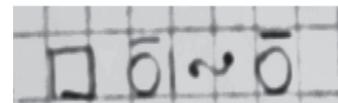


Figura 7. Número en sistema multiplicativo.

La cantidad que aparece en la figura 7 representada tiene dos unidades en la primera potencia de la base y cuatro unidades en la segunda potencia de la base.

Las operaciones se pueden resolver utilizando los mismos algoritmos utilizados propuestos para la simbología usual, pero teniendo especial cuidado con las operaciones entre las potencias de la base, como se puede ver en los siguientes ejemplos:

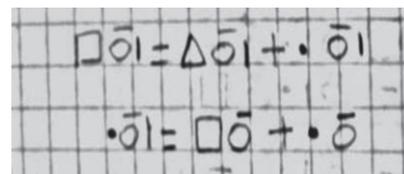


Figura 8. Sumas en sistema multiplicativo.

En la figura 8, en la primera suma se observa que sumar cantidades de la misma potencia de la base sin que sobrepase a la base, produce como resultado una cantidad de la misma potencia de la base.

En el caso de la segunda suma como la potencia de la base sobrepasa a la base, que en este caso es cinco, se obtiene como resultado una cantidad de la siguiente potencia de la base.

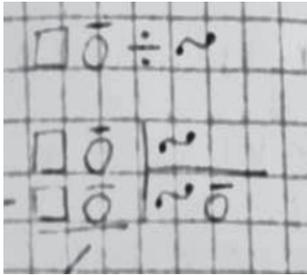


Figura 9. División en sistema multiplicativo.

En el caso de la división debe utilizarse la misma idea de encontrar un número que al multiplicarlo se obtenga el dividendo o una cantidad cercana a él. Acá nuevamente es importante tener en cuenta que la multiplicación debe permitir obtener la misma potencia de la base.

III. LÍNEA RECTA

La noción que se tiene de línea recta consiste en características como las siguientes: Es una sucesión infinita de puntos (en la misma dirección si es recta), es un objeto en una dimensión, gráficamente es el trazo obtenido al «deslizar» el lápiz por el papel o la unión de puntos dibujados en un plano, algebraicamente se relaciona con una pendiente y ésta define el sentido de la línea si es paralela al eje x o tiene cierto ángulo de inclinación respecto del eje. Profundizando un poco en estas nociones que se tiene se debe decir que no son tan generales en cambio son casos particulares de un sistema de referencia.

Se puede decir lo anterior debido al estudio que se ha hecho sobre la línea recta en distintos sistemas de referencia que ha permitido observar características más generales. Los sistemas de referencia pueden construirse sobre líneas paralelas (Sistema PAR), sobre líneas que se intersecan formando un ángulo perpendicular entre ellas (SISTEMA CARTESIANO), o simplemente sobre líneas que se intersecan (SISTEMA OBLICUO).

El significado que tiene la línea recta en un sistema que se construye sobre líneas paralelas es muy diferente al significado de línea recta en el sistema cartesiano, a continuación se presenta la definición.

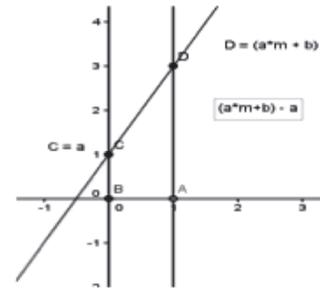


Figura 10. Línea Recta.

Para representar un punto en el sistema PAR se traza una línea desde un eje hacia el otro.

Por lo tanto en este sistema un punto es una línea. Esta representación gráfica ya evidencia una notable diferencia con nuestra idea gráfica de punto. A partir de esta nueva representación también la definición de línea recta debe variar, ya que en el sistema cartesiano está definida en términos de puntos, los cuales han pasado a ser otro objeto ahora.

De la ecuación de línea recta en el plano cartesiano $y = mx + b$ se deduce a partir de la nueva definición de punto lo siguiente:

$$a = X_{par} (a * m + b) = Y_{par}$$

Que representan puntos del sistema par, así el punto solución del sistema PAR, es:

$$(X_{par}, Y_{par}) \rightarrow Y = (am + b - a)X + a \text{ Sistema Cartesiano.}$$

Por lo tanto se puede decir que la línea recta en el sistema PAR representa un punto en el sistema cartesiano que cumple con los siguientes parámetros [1].

Recta sistema PAR = (X, Y) Sistema cartesiano.

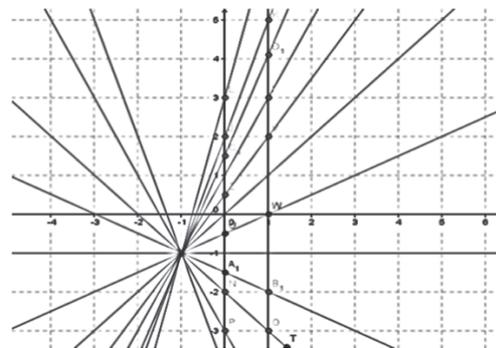


Figura 11. Representación gráfica Línea Recta.

De esta manera se tiene una nueva representación gráfica de línea recta, lo que de inmediato debe generar preguntas como las siguientes: ¿Cómo se verán las líneas rectas paralelas? ¿Las perpendiculares? ¿Qué significa la pendiente de una línea recta? Algunas de estas características se pueden ver a través de las siguientes representaciones.

La idea de pendiente de una línea recta debe reformularse en términos de la nueva definición de línea recta.

Pendiente como razón	Pendiente como cociente de distancias	Pendiente como la tangente del ángulo.
$m = -\frac{b}{a}$	$m = \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} = \frac{\Delta_y}{\Delta_x}$	$m = \tan \alpha$

Figura 12. Definiciones de Pendiente.

Debido a que los ejes coordenados son paralelos y la línea recta es un punto no es posible hablar del ángulo que se forma entre la línea y los ejes (Pues un ángulo se mide entre dos rayos, definidos en el plano cartesiano). Por lo tanto la definición de pendiente en términos de la tangente del ángulo no es posible.

De manera similar la noción de distancia se plantea entre dos puntos, los que en el sistema PAR corresponden a líneas rectas del sistema cartesiano. Por lo anterior no es posible hablar de la distancia entre dos líneas rectas y la definición de pendiente como cociente de distancias tampoco es posible. Así que la forma de escribir la pendiente de una línea recta en el sistema PAR es como una razón, y esto se puede hacer debido a que se conoce los valores de a y b.

Esta comparación entre el sistema cartesiano y el sistema PAR permite reflexionar en torno a la generalidad de las ecuaciones que permiten encontrar la pendiente de una línea recta. Es importante primero definir cuál es la representación de línea recta que se va a utilizar. De allí que si en el sistema cartesiano se define líneas rectas paralelas utilizando la pendiente como variable se debe reescribir en términos de la nueva definición de pendiente.

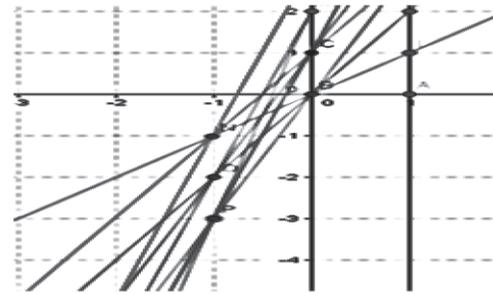


Figura 13. Líneas paralelas sistema PAR.

Como se ve en la figura 13 al dibujar líneas rectas en el sistema par con la característica de ser paralelas (En términos de tener la misma pendiente) se obtienen puntos que son colineales (en términos del sistema cartesiano).

La misma idea se utiliza para representar líneas perpendiculares en el sistema PAR, aún cuando no se tiene definida la idea de ángulo, se puede utilizar la definición que dos líneas rectas son perpendiculares si el producto de sus pendientes es -1. Lo que se obtiene gráficamente es:



Figura 14. Rectas perpendiculares.

REFERENCIAS

- [1] L. Ortiz, «Representación gráfica y algebraica de la ecuación cuadrática en el sistema Par.» Tesis de Grado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia., 2002.

TELEMETRIA SOBRE RASPBERRY PI

Telemetry on Raspberry Pi

GUILLERMO ANDRÉS ESGUERRA BAUTISTA*, GUSTAVO ARMANDO GUANCHA TAQUEZ**,
JUAN SEBASTIÁN PARDO JIMÉNEZ***

Recibido: 05 de junio de 2015. Aceptado: 14 de junio de 2015

RESUMEN

La posibilidad de tener espacios productivos inteligentes capaces de controlar eventos y espacios que requieren un constante monitoreo de su comportamiento, se ha convertido en una necesidad en todos los niveles, desde la gran fábrica productora de automóviles, hasta la finca avícola, donde es necesario controlar factores naturales como temperatura, humedad, y todos aquellos factores naturales y externos que, podrían dañar una producción completa y meses de trabajo; por ello en este artículo basado en un montaje de dos sensores, cada uno está asociado con una Raspberry Pi b con Debian instalado en una red LAN que enviarán las notificaciones de los eventos a un servidor, simulando una granja de producción avícola, donde se tiene que mantener una temperatura y humedad controlada para no afectar la producción, el control de fluidos es para garantizar las condiciones de salubridad; centrándonos en la seguridad de esta red, pues toda empresa es inherente al llamado espionaje empresarial.

Palabras clave: Raspberry Pi, seguridad, LAN.

ABSTRACT

The possibility of smart productive spaces able to control events and spaces that require a constant monitoring of their behavior, has become a necessity at all levels, from the big factory producing cars, even the poultry farm, where it is needed the control natural factors such as temperature, humidity, and all those natural and external factors that could harm full production and months of work; hereby this article based on an assembly of two sensors, one each is associated with a Raspberry Pi b with Debian installed on a net LAN to send notifications of events from a server, simulating a farm production poultry, will have to maintain a controlled temperature and humidity without affecting the production, fluids is to guarantee the conditions of hygiene; focusing on the security of this net, because every business is so inherent to called corporate espionage.

Key words: Raspberry Pi, security, LAN.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las redes LAN (Local Area Network) ha sido abrumador desde que toda persona ha podido acceder a un equipo de cómputo, dicho crecimiento ha sido mayor, con la facilidad de tener dispositivos capaces de comunicarse unos con otros con el simple hecho de poseer una tarjeta de red; ello combinado con la evolución tecnológica constante en el mundo, con la aparición de sensores ca-

paces de convertir fenómenos naturales en señales eléctricas, para ser moldeadas y analizadas.

Estas llamadas «Sensor Network» o redes de sensores se han hecho indispensables en ambientes de producción, debido a la precisión y efectividad en el control de procesos productivos, el uso de estas redes se ha hecho necesario en ambientes rurales de producción alimenticia, para esto se requiere la implementación de nuevas tecnologías

* Estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. Correo electrónico: gaesguerrab@unal.edu.co

** Estudiante de Ingeniería Mecatrónica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

***Estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

que permiten que los cultivos y los procesos de recolección potencialicen sus cualidades con el fin de obtener una manufactura mayor de alimentos, reduciendo costos de fabricación y aumentando los beneficios para la industria.

La producción de cultivos en granjas, invernaderos y galpones han sido técnicas que se utilizan actualmente en la producción agrícola y avícola, por lo que ha existido desde hace algunos años la necesidad de automatizar varios elementos dentro de estos espacios tales como cantidad de agua y periodos de riego, el control de las variables como la temperatura, humedad, cantidad de luz; esto crea la necesidad de crear sistemas capaces de medir diferentes variables dentro de estos ambientes y también hacerlo a un bajo costo en comparación a los costes de los sistemas ya existentes.

Esta simulación fue desarrollada para diseñar un sistema de monitoreo de variables ambientales (para su uso en granjas de producción avícola). Ya existen equipos con similares propiedades en el mercado, sin embargo este es un ambiente de laboratorio no para reducir costos, si no para la evaluación de la seguridad de entornos LAN en espacios de producción, debido a que una mala toma de datos, o la intervención y manipulación mal intencionada de los datos obtenidos por este sistema provocaría grandes pérdidas de producción en este tipo de granjas avícolas.

Para esta simulación se decidió el uso de Raspberry Pi, por la facilidad de uso en redes, por su configuración, debido a que su capacidad de procesamiento, permite la instalación de sistemas operativos completos y de poca complejidad como Debian, que permiten el uso de lenguajes de programación como Python, el cual será usado desde la adquisición de datos, el procesamiento de la señal y finalmente la visualización y el monitoreo en la interfaz de usuario.

II. SENSOR NETWORK

Una red de sensores (sensor network) es una red de ordenadores pequeñísimos, equipados con sensores, que colaboran en una tarea común. Las redes de sensores están formadas por un grupo de sensores con ciertas capacidades sensitivas y

de comunicación los cuales permiten formar redes sin infraestructura física preestablecida ni administración central. [1]

Las redes de sensores es un concepto relativamente nuevo en adquisición y tratamiento de datos con múltiples aplicaciones en distintos campos tales como entornos industriales, domótica, entornos militares, detección ambiental. Esta clase de redes se caracterizan por su facilidad de despliegue y por ser auto-configurables, pudiendo convertirse en todo momento en emisor, receptor, ofrecer servicios de encaminamiento entre nodos sin visión directa, así como registrar datos referentes a los sensores locales de cada nodo. Otra de sus características es su gestión eficiente de la energía, que con ello conseguimos una alta tasa de autonomía que las hacen plenamente operativas. [2]

La miniaturización de ordenadores creciente generó la idea de desarrollar computadores extremadamente pequeños y de bajo costo que se comunican de forma inalámbrica y se organizan autónomamente.[2] La noción es repartir aleatoriamente estos nodos en un territorio grande, el cual los nodos observan hasta que sus recursos energéticos se agoten. Los atributos «pequeño», «de bajo costo» y «autónomo» dieron a conocer la idea de polvo inteligente (Smart dust). [3]

En la actualidad, las redes de sensores son tema de investigación en varias universidades; en su mayor parte las contribuciones son teorías. Sin embargo, existen prototipos de nodos y aplicaciones especiales para demostraciones e investigaciones, pero hasta ahora no hay una instalación con empleo práctico.

III. RASPBERRY PI

Es un ordenador de placa reducida o (placa única) (SBC) de bajo coste desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas. [4]

El diseño consiste en un System-on-a-chip Broadcom BCM2835, que contiene un procesador central (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz (el firmware incluye unos modos «Turbo» para que el usuario pueda hacerle overclock de hasta 1 GHz

sin perder la garantía), un procesador gráfico (GPU) VideoCore IV, y 512 MB de memoria RAM (aunque originalmente al ser lanzado eran 256 MB). El diseño no incluye un disco duro ni unidad de estado sólido, ya que usa una tarjeta SD para el almacenamiento permanente; tampoco incluye fuente de alimentación ni carcasa. [5]

La fundación da soporte para las descargas de las distribuciones para arquitectura ARM, Raspbian (derivada de Debian), RISC OS 5, Arch Linux ARM (derivado de Arch Linux) y Pidora (derivado de Fedora); y promueve principalmente el aprendizaje del lenguaje de programación Python.5 Otros lenguajes también soportados son Tiny BASIC,12 C, Perl y Ruby. [4]

Basados en la Tabla 1, por las necesidades que se tienen para la implementación de la simulación que se plantea para este documento se escoge el modelo B.

IV. LECTURA DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

Sensor DHT11

El DHT11 es un sensor que proporciona una salida de datos digital. Entre sus ventajas se puede mencionar el bajo costo y el despliegue de datos digitales. Esto supone una gran ventaja frente

a los sensores del tipo análogo, como el LM335 por ejemplo, en los cuales las fluctuaciones en el voltaje alteran la lectura de datos, sin embargo el DHT11 solo lee enteros, no se puede leer temperaturas con decimales por lo que se debe tener en cuenta muy bien a la hora de utilizar este sensor para trabajos en los que se requieran lecturas precisas de temperatura y/o humedad. [6]

La tensión de alimentación del sensor es de 3-5V, y se puede conectar a los pines +5V o +3.3V y GND de la Raspberry Pi (elemento utilizado en éste proyecto) o alimentarlo desde una batería externa. Su rango de funcionamiento es de 0 a 50°C para la temperatura y de 20% a 90% de humedad relativa. El pin de comunicaciones para realizar lecturas se puede conectar a cualquier pin GPIO y tiene la capacidad de transmitir la señal hasta 20 metros de distancia. La tasa de refresco en las lecturas es de 2 segundos. [6]

A. Esquema de cableado:

El sensor en mención se caracteriza por tener la señal digital bien calibrada, es decir, asegura una gran fiabilidad en las lecturas. Es un sensor con un microcontrolador de 8 bits y 2 sensores resistivos encapsulados en una pequeña caja de plástico azul y construido con materiales de excelente calidad para una respuesta rápida y precisa.

Tabla 1. Especificaciones Técnicas.

	Modelo A	Modelo B	Modelo B+
SoC. ⁵	Broadcom BCM 2835 (CPU + GPU + DSP + SORAM + Puerto USB) ³		
CPU:	ARM1176JZF-S a 700 MHz (familia AMR11) ³		
Juego de instrucciones	RISC de 32 bits		
GPU:	Broadcom VideoCoreIV, ⁶⁰ OpenGL ES2.0, MPEG-2 y VC-1 (con licencia), ⁵⁸ 1080p30 H.264/MPEG-4		
Memoria (SDRAM):	256 MiB (compartidos con la GPU)	512 MiB (compartidos con la GPU) ⁴ desde el 15 de octubre de 2012	
Puertos USB 2.0: ⁵⁴	1	2 (via hub USB integrado) ⁵³	4
Entradas de video: ⁶¹	Conector MIPI CSI que permite instalar un módulo de cámara desarrollado por la RPF		
Salidas de video: ⁵	Conector RSA (PAL y NTSC), HDMI (rev. 1.3 y 1.4) ⁶² Interfaz DSI para panel LCD ^{63 64}		
Salidas de audio: ⁵	Conector de 3.5 mm HDMI		
Almacenamiento integrado:	SD/MMC ranura para SDIO		MicroSD
Conectividad de red. ⁵	Ninguna	10/100 Ethernet (RJ-45) vía HUB USB ⁶³	
Periféricos de bajo nivel:	8 x GPIO, SPI, FC, UART ⁶⁰		
Reloj en tiempo real: ⁵	Ninguno		
Consumo energético:	500 mA, (2.5W) ⁵	700 mA, (3.5W)	600mA (3.0 W)
Fuente de alimentación: ⁵	5 V vía Micro USB o GPIO header		
Dimensiones:	85.60mm x 53.98mm ⁶⁶ (3.370 x 2.125 inch)		
Sistemas operativos soportados:	GNU/Linux Debian (Raspbian), Fedora (Pidora), Arch Linux (Arch Linux ARM), Slackware Linux . RISC		

El pin que está situado más a la izquierda es el pin VCC (3.3V o 5V). El segundo pin es el que se usa para las lecturas, en el esquema está conectado al pin GPIO n°4 de la Raspberry Pi. El tercer pin es el GND y está conectado a pin14. Por último se debe conectar una resistencia de 4.7 KOhm a 10 KOhm del pin VCC al segundo pin (se uso para realizar lecturas), esto actuará como «Pull-up», sin embargo existen varios modelos del sensor DHT11 en el mercado, algunos vienen soldados a una placa y otros vienen sueltos para usarse directamente conectados a una breadboard (placa de pruebas).

El protocolo de comunicación se realiza a través de un único hilo (Single-Bus) para que la integración en del proyecto sea fácil y rápida pudiéndose conectar directamente a los pines GPIO de vuestra Raspberry Pi.

V. LECTURA DE INTENSIDAD DE LUZ

A diferencia de otros dispositivos de la Raspberry Pi no tiene entradas analógicas como se había dicho antes. Todos los 17 de sus pines GPIO son digitales. Se puede dar salida a niveles altos y bajos o altos y bajos niveles de lectura. Esto es bueno para sensores que proporcionan una entrada digital, pero no tan beneficioso si se desea utilizar el sensor que no lo hace.

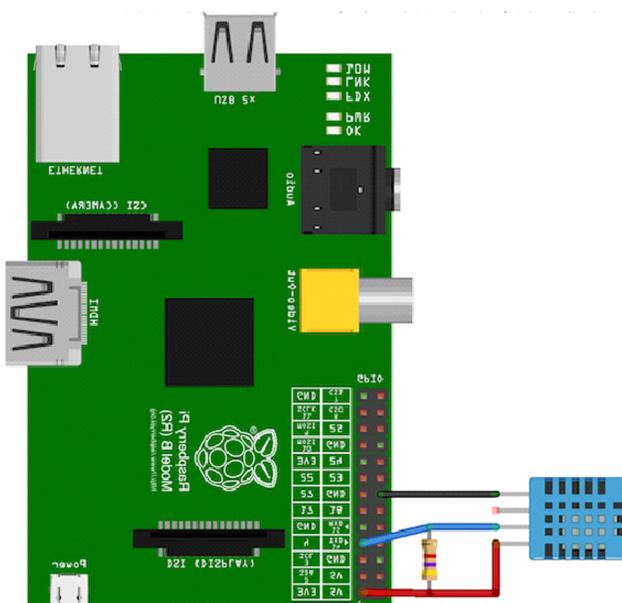


Figura 1. Sensor temperatura-humedad con raspberry.

Para los sensores que actúan como una resistencia variable como LDRs (Resistencias dependientes de la luz) o termistores (sensores de temperatura) existe una solución que permite medir una serie de niveles usando un solo pin GPIO. Se utiliza un circuito «RC» básico de carga. En este circuito se coloca una resistencia en serie con el condensador.

Cuando se aplica un voltaje a través de estos componentes el voltaje a través del condensador se eleva. El tiempo que toma para la tensión para alcanzar 63% de la máxima es igual a la resistencia multiplicada por la capacitancia. Cuando se utiliza un resistor dependiente de luz como en esta ocasión, el tiempo proporcional al nivel de luz. Este tiempo se denomina la constante de tiempo: $t = RC$.

Donde t es el tiempo, R es la resistencia (ohmios) y C es la capacitancia (faradios).

Entonces el trabajo consiste en medir el tiempo que tarda un punto del circuito para llegar al voltaje pico que es lo suficientemente grande para registrarse como «Alto» en el pin GPIO. Esta tensión es aproximadamente 2 voltios, que es lo suficientemente cerca de 63% de 3.3V.

Así que el tiempo que necesita el circuito para cambiar la entrada GPIO de menor a mayor es igual a ' t '.

10Kohm con una resistencia y un condensador 1uF t es igual a 10 milisegundos. En la oscuridad del LDR puede tener una resistencia de 1 Mohm que daría un tiempo de 1 segundo.

El circuito se muestra a continuación:

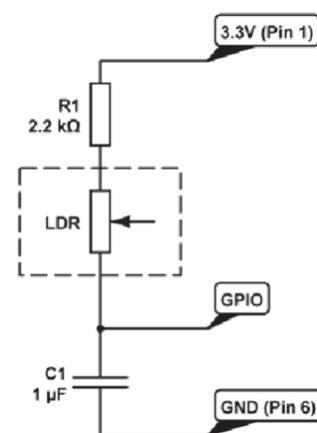


Figura 2. Circuito para uso de sensor de intensidad luminica.

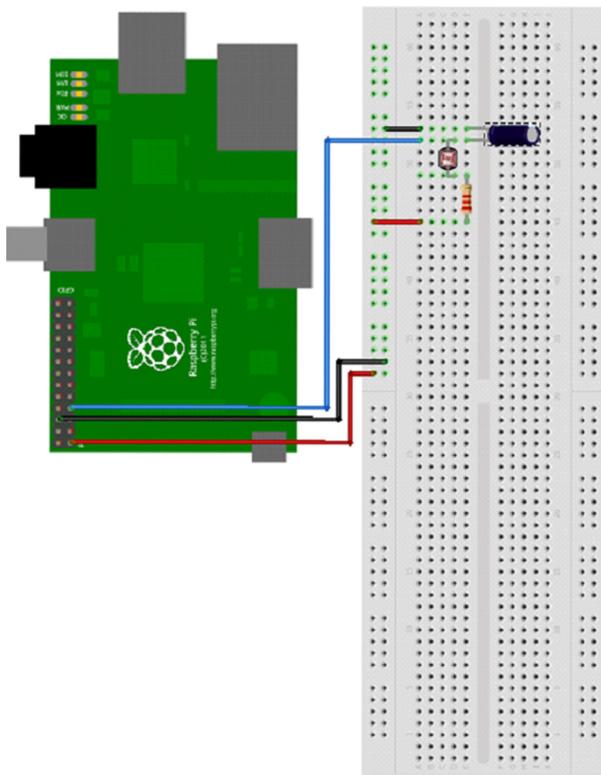


Figura 3. Sensor intensidad lumínica con raspberry.

VI. SECUENCIA DE EVENTOS PARA LA PROGRAMACIÓN

En primer lugar se ajusta el pin GPIO como salida y elige como bajo. Esto desocupa cualquier carga en el condensador y asegura que los extremos del condensador están a 0V.

A continuación se ajusta el pin GPIO a una entrada, esto inicia el flujo de corriente a través de las resistencias y a través del condensador a tierra. La tensión en el condensador comienza a subir. El tiempo que tarda es proporcional a la resistencia de la LDR.

Luego se debe supervisar el pin GPIO y leer su valor. Incrementar el contador mientras lo hace. En algún momento el condensador de tensión se incrementará lo suficiente como para ser considerado como alto por el pin GPIO (aproximado 2V).

El tiempo que es proporcional al nivel de luz que se ve por la LDR. Finalmente, repetir el procedimiento anterior en un ciclo como se consideró conveniente.

VII. TELEMETRÍA

Telemetría es una técnica automatizada de las comunicaciones con la ayuda de que las mediciones y recopilación de datos se realizan en lugares remotos y de transmisión para la vigilancia. Esta técnica utiliza comúnmente transmisión inalámbrica, aunque original de los sistemas de transmisión utilizados por cable. Los usos más importantes de telemetría son incluir el clima de recopilación de datos, supervisión de plantas de generación de energía y hacer el seguimiento de vuelos espaciales tripulados y no tripulados. [7]

Un sistema de telemetría normalmente consiste de un transductor como un dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o las ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o visualización de datos. El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o vibraciones en una señal eléctrica correspondiente, que es transmitida a una distancia a efectos de medición y registro. [7]

Lo que en conclusión sería una red de sensores (Sensors Network), que haciendo uso de la diversidad de sensores existentes en el mercado permite la medición de diversos factores naturales y artificiales con fines específicos, mediante la interconexión de ellos.

VIII. OTRAS APLICACIONES Y RESULTADOS

En la Telemetría, los subsistemas de control y seguimiento se han aplicado normalmente para adquirir datos de un espacio remoto, y la información es utilizada para controlar el destino remoto con precisión.

De acuerdo con el propósito de aplicaciones de telemedida y de telemetría, la composición del subsistema de telemetría varía lo que además, hace que la arquitectura de trama de datos de telemetría y esquemas de procesamiento sean diferentes de acuerdo con las características de las fuentes de la señal remota; señales que dependen del propósito de cómo se quiere implementar y hacia que va enfocada la toma de medidas.

A. Misil Tierra- Aire:

Para la evaluación del procesamiento de datos diversas implementaciones se han hecho, como por ejemplo telemetría aplicada para procesar los datos de prueba de vuelo de misiles guiados tierra-aire, adquirir información y el análisis de datos de un destino remoto de movimiento rápido. [8]

El formato de la trama de palabras de datos de telemetría y esquemas de procesamiento de datos se han investigado, y el programa de procesamiento de datos de telemetría para el misil guiado ha sido implementado. El programa de procesamiento de datos de telemetría desarrollado se ha aplicado una variedad de sistemas de defensa de disparo a prueba, incluyendo la prueba de vuelo del misil al aire como se muestra en la Fig. 4.

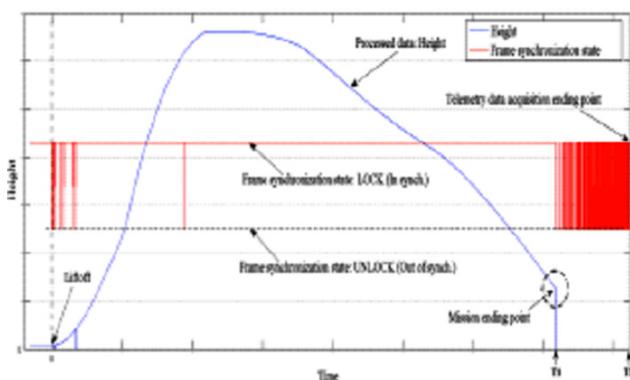


Figura 4. Procesado de datos prueba de vuelo del misil.

El programa desarrollado muestra la interfaz de usuario fácil y la flexibilidad en el procesamiento y análisis de datos de telemetría. Los resultados del programa desarrollado se han utilizado no sólo para analizar la información obtenida de los misiles guiados, sino también para investigar el canal de comunicación y entorno de prueba a través del análisis de la supervisión del estado del marco y la información del sistema. [8]

B. Telemedicina:

Se ha desarrollado sistemas que permite a un paciente ser tratado como en casa durante su vida diaria a través de la telemetría y línea telefónica. En este estudio, el sistema de diagnóstico a distancia basado en la videoconferencia y la telemetría sistemas inalámbricos se integraron para formar un sistema

de supervisión remota de atención domiciliaria, y el sistema en general se sometió a la validación. [9]

Señales de ECG de prueba se transmiten de forma inalámbrica sin obstaculizar el movimiento de un paciente en un piso de un edificio. Las señales se transmiten al host remoto a través de RDSI, con una imagen en movimiento y voz de los pacientes. Para controlar el sistema y gestionar archivos de forma remota. Se genera la medición de ECG a petición de ambos, del paciente y el médico que están en lugares diferentes, y que es inevitable el uso de la telemetría para la atención al paciente, es posible a través de EDG.

El análisis en tiempo real de una advertencia bio-señal, se logra el procesamiento de los datos del ECG en tiempo real, utilizando el algoritmo de detección de R-pico, que es lo fundamental para el análisis del ECG. Si la condición emergencia ocurre, la unidad de paciente informa primero al paciente, y la estación de cuidados en el hogar llama a un médico de forma automática dependiendo del análisis del sistema de telemetría. [9]

C. Ambientes de aguas poco profundas:

El logro de un rendimiento robusto y fiable del desempeño acústico y telemetría en aguas poco profundas se complica por la naturaleza altamente dispersiva del medio. Esta dispersión se manifiesta como tiempo y frecuencia extendido en virtud del fenómeno multitrayectoria acústico, el cual presenta a una escala macroscópica (geometría influido) y microscópica (dispersión hacia adelante). [10]

La dinámica de la plataforma en conjunción con la variabilidad intrínseca de propagación en el océano y mecanismos de dispersión frontal conducen a variaciones tanto en el comportamiento macroscópico y microscópico de trayectos múltiples. Es a la vez la extensión y la variabilidad de los trayectos múltiples en aguas poco profundas hace que la medición acústica fiable y telemetría sea tan difícil en estos ambientes. [10]

El diseño de la señal tiene un papel clave que desempeñar, tanto en términos de forma de onda, de tiempo, de ancho de banda y propiedades de correlación intrínseca en este tipo de entornos. Sin embargo, en la práctica los canales de aguas poco profundas, múltiples y Doppler conspira para socavar propieda-

des de correlación favorables, por lo que el diseño buena señal debe ir de la mano con otras técnicas y métodos para hacer frente a los efectos de correlato de Doppler y multi-usuario, interferencias tanto en aplicaciones de navegación y telemetría.

Los resultados se presentan resumiendo el rendimiento del sistema cuando se opera en un poco profunda agua canal (20 m) bajo, ruidoso, multi aspecto, condiciones dinámicas (+/- 5 kilómetros) con relación de profundidad rango que varía de aproximadamente 1: 1 a 50: 1 a las limitaciones geográficas de la zona de prueba (1,5 Km). Los resultados demostraron la detección de alto (95%) y asociado telemetría tasa de decodificación de comandos éxito (94%) evaluados durante el período de prueba de dos días. Esto incluyó transmisiones recibidas en mal aspecto y transmisiones recibidas a baja señal (plataforma) de ruido. La tasa de detección de alta junto con mejoras asociadas en la fidelidad de estimación de parámetros, sobre todo rango, Doppler y la estimación de apoyo, demuestra una solución particularmente robusta para poco profundas aguas de navegación y aplicaciones de fijación de la posición. [10]

Se concluye que con un diseño apropiado de la señal y el procesamiento de señales de apoyo, alta fiabilidad multi-usuario, determinación de la situación, la navegación y telemetría es alcanzable para plataformas dinámicas en aguas poco profundas en intervalos extendidos. La sobrecarga de procesamiento de la señal, aunque no trivial, está bien dentro de la capacidad. [10]

IX. ARQUITECTURA DE RED

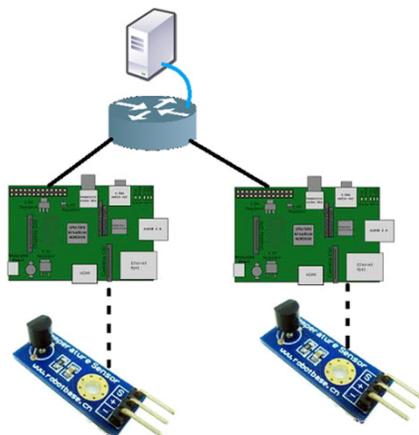


Figura 5. Diseño de Arquitectura.

X. SOFTWARE Y BASE DE DATOS

Cada Raspberry está tomando los datos desde Python con un wrapper de C++ recibiendo las señales desde los GPIO y los sensores, luego estos valores son almacenados en las tablas dentro de la base de datos y posteriormente pueden ser visualizadas desde el servidor.

Para la implementación de la base de utilizó MySQL para administrar las tablas con la información adquirida en los sensores. Cada uno de ellos tiene alojada una tabla a nivel local y otra en un servidor que básicamente están para recibir la información y garantizar que no haya pérdida de datos.

El servidor Web funciona sobre Apache y PHP que trae los servicios para la lectura de las tablas y con Python se visualizan los cuadros para la interfaz del usuario.

XI. RESULTADOS

Todos los valores son vistos desde la terminal y se escriben por default en la tabla local, en el servidor hay un script en bash que llama las bases de datos locales y se actualizan en el servidor.

La conexión del servidor se hace por una VPN para proteger la información y por SSH se puede configurar las Raspberries para arrancar los servicios .

Temperature and Humidity

Sensor locations:

White - A Room
Green - Another Room
Blue - A Place To Monitor
Purple - Another Place
Orange - Somewhere Else

Graphs are updated every minute.

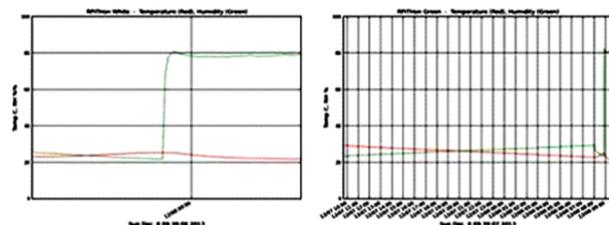


Figura 6. Vista previa de la visualización de los datos.

XII. COMPARACIÓN CON ARTÍCULOS MENCIONADOS

La telemetría es un tema extenso de innumerables aplicaciones por tanto, es difícil llegar a encontrar dos implementaciones idénticas que permitan hacer una comparación certera acerca de que dispositivos y diseños de red sean más óptimos, por que como se pudo evidenciar con las pocas implementaciones mencionadas en este artículo, los requerimientos dependen del objetivo con el cual se piensa un sistema de medición telemétrico; por ello esta comparación se basa en el análisis de un tema en común encontrado, es el tema de velocidad del envío de datos, y la confiabilidad de los datos que son enviados, lo que quiere decir que pérdidas de datos y la congestión en la red, son cosas que no se pueden permitir en redes de tipo telemétrico, y menos en eventos tan importantes y trascendentes como las aplicaciones en la telemedicina y en misiles tierra-aire Teleguiados.

En comparación a nuestra implementación realmente vimos de manera representativa involucrados estos temas, debido a que los datos obtenidos, tardaban en ser tomados, aun se presentaban errores en la toma de datos, lo que ralentizaba más la obtención de datos, sin embargo para la implementación, en donde fue pensado para aplicarlo en ambientes y circunstancias no tan críticas e importantes como la atención oportuna a pacientes o el uso efectivo de misiles tierra-aire teledirigidos, por ello no hace tan exigente el trato y envío de estos datos; se llega a una primera conclusión de estos errores, y es que son producidos, en una mayor parte por el hardware usado, puesto que las raspberries usadas fueron versiones un poco antiguas, y los sensores no eran de alta calidad, sin embargo en el desarrollo, el planteo de la red, y su implementación ante las expectativas que se

tenían fue satisfactoria, sin embargo, faltaría probar esta implementación en ambientes reales y no de laboratorio donde realmente se podrán conocer las posibles fallas que podrían presentarse.

REFERENCIAS

- [1] Y. Xiao, *Sensor Networks*, vol. 19. University of Alabama, USA.
- [2] M.M. Zanjireh, H. Larijani, W.O. Popoola. «Activity-aware clustering algorithm for wireless sensor networks», *Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), 2014 9th International Symposium on*, pp. 122-127, 2014.
- [3] M. Mohammadi Zanjireh, H. Larijani, W. Popoola, and A. Shahrabi, «Analytical Modelling of ANCH Clustering Algorithm for WSNs», *ICN 2014, The Thirteenth International Conference on Networks*, pp. 68-73, 23-Feb-2014.
- [4] Raspberry Pi Foundation, «What is a Raspberry Pi?», *Raspberry Pi*.
- [5] R. Lawler, «Raspberry Pi credit-card sized Linux PCs are on sale now, \$25 Model A gets a RAM bump», *Engadget*, 29-Feb-2012.
- [6] D-Robotics UK, «DHT11 Humidity & Temperature Sensor». 30-Jul-2010.
- [7] Grupo IRC - Innova Technologies, «¿Que es la Telemetría?», *RC.net*, 2003.
- [8] I. Jong and S. Lee, «Development of Telemetry Data Processing Program.» Rep. of Korea.
- [9] Y. Nam, Z. Halm, Y. Chee, and K. Park, «Development of remote diagnosis system integrating digital telemetry for medicine», *Engineering in Medicine and Biology Society, 1998. Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE*, vol. 3, pp. 1170-1173, 29-Oct-1998.
- [10] J. Sonardyne and C. Pearce. «Multiuser navigation and telemetry performance issues in shallow water environments», *Oceans 2009 - Europe*, vol. 1, pp. 1-10, 05-Nov-2009.

DISEÑO DIGITAL CON FPGAS Y MICROPROCESADORES

Digital desig with fpgas and microprocessors

JOSÉ ALEJANDRO FRANCO CALDERÓN*, MYRIAM CATALINA GARZÓN JARAMILLO**

Recibido: 14 de mayo de 2015. Aceptado: 14 de junio de 2015

RESUMEN

El presente artículo describe el diseño y la implementación de un sistema que permite visualizar algunas secuencias y mensajes en una FPGA. El documento muestra el desarrollo de la lógica a implementar en código VHDL para un contador descendente de cuatro (4) dígitos de 9999 a 0000, un cronómetro ascendente que muestra el conteo de minutos y segundos (mm:ss) de 00:00 a 59:59, un mensaje de cuatro letras y un mensaje de al menos 10 caracteres los cuales se muestran de forma dinámica en los cuatro (4) displays siete segmentos de la tarjeta NEXYS2.

Palabras clave: FPGA, NEXYS2, lógica secuencial, lógica combinacional, visualización dinámica.

ABSTRACT

This article describes the design and implementation of a system that displays some sequences and messages on a FPGA. The paper shows the development of logic implemented in VHDL code for a down counter of four (4) digits in 9999-0000, showing an upward counting stopwatch minutes and seconds (mm: ss) 00:00 59 59, a message of four letters and a message of at least 10 characters which are displayed dynamically in the four (4) of the seven-segment displays NEXYS2 card.

Key words: FPGA, NEXYS 2 sequential logic, combinational logic, dynamic display.

I. INTRODUCCIÓN

Los objetivos del sistema están orientados a la visualización en los displays de la tarjeta NEXYS2 un contador descendente 9999 - 0000, un cronómetro ascendente que muestre los minutos y segundos mm:ss de 00:00 - 59:59, un mensaje de 4 letras y un mensaje de al menos 10 caracteres. Implementando el sistema de tal manera que permita al usuario escoger entre las siguientes frecuencias de conteo (1Hz, 2Hz, 10Hz, 20Hz, 100Hz, 200Hz, 1000Hz, 2000Hz) y las siguientes frecuencias de visualización (2Hz, 15Hz, 60Hz, 500Hz, 1KHz, 10KHz, 1MHz, 10MHz).

Adicionalmente se presenta la implementación en las secuencias la opción al usuario para el reseteo

tanto en las secuencias de conteo como en el reinicio del mensaje de texto mostrado.

II. MARCO TEÓRICO

A. Las FPGA's [1]

Las FPGAs (Field Programmable Gate Array) son dispositivos semiconductores que están en una matriz de bloques lógicos configurables (CLBs) conectados a través de interconexiones programables mediante un lenguaje de descripción especializado.

Las FPGAs pueden ser reprogramadas para la aplicación o funcionalidad requerida después de

* Ingeniero Electrónico de la Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito", especialista en diseño de aplicaciones para televisión digital interactiva y en administración de tecnologías de la información para la comunicación virtual de la Universidad Manuela Beltrán, Estudiante de maestría en ingeniería electrónica en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Docente investigador de la facultad de ingeniería adscrito al Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Sistemas - GIDIS de la Corporación Universitaria Republicana. Correo electrónico: alejing@gmail.com

* Ingeniero Electrónico de la Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito", Estudiante de maestría en ingeniería electrónica en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Correo electrónico: catalina.garzonj@gmail.com

ser fabricada, esta característica la distingue de circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), que son fabricados para tareas específicas que no se pueden modificar.

En la lógica programable de las FPGAs se pueden reproducir circuitos tan sencillos como una compuerta lógica o un sistema combinacional o tan complejos como sistemas a implementar en un chip.

B. Lenguaje de descripción HDL [2]

Los lenguajes de descripción HDL son utilizados para detallar la estructura, el funcionamiento, la operación y las conexiones de circuitos electrónicos y/o digitales de alto nivel.

Los lenguajes HDL más utilizados son el VHDL y el Verilog, ambos permiten detallar el funcionamiento y las conexiones del circuito.

El VHDL (Very High speed Integrated Circuits Hardware Description Language) es un lenguaje portable y reusable ya que es independiente de la tecnología o fabricante en la que se implemente el mismo. Las sentencias programadas con este lenguaje no se ejecutan secuencialmente salvo aquellas que están dentro de procedimientos.

Las secciones fundamentales que forman el código VHDL son: Librería (LIBRARY), entidad (ENTITY) y arquitectura (ARCHITECTURE). LIBRARY, contiene el conjunto de librerías donde se halla la definición de datos, estructuras, etc; ENTITY, especifica las entradas y salidas del circuito y ARCHITECTURE, describe el circuito que se quiere implementar, para lo cual existe dos formas de hacerlo la estructural y la comportamental esta última a su vez se divide en flujo de datos y/o algorítmica.

Una ventaja al utilizar este lenguaje es que permite generar la implementación de test-bench para la simulación de diseños.

C. Sistemas combinacionales [3]

Los sistemas combinacionales están formados por un conjunto de compuertas interconectadas cuya salida depende únicamente del cambio en las entradas. Los sistemas combinacionales no tienen memoria. Para la construcción de estos sistemas se utilizan típicamente compuertas NAND o NOR.

D. Sistemas secuenciales

Los sistemas secuenciales son capaces de tener salidas no solo en función a las entradas actuales, sino que también de entradas o salidas anteriores. Los sistemas secuenciales tienen memoria y son capaces de almacenar información a través de sus estados internos.

Estos sistemas normalmente están compuestos por circuitos combinacionales y elementos de memoria como los Flip-Flop SR o tipo D.

E. Visualización dinámica [4]

La visualización dinámica consiste en mostrar porciones de información en distintos intervalos cortos de tiempo. En cada intervalo de tiempo la información es diferente consiguiendo así mostrar toda la información requerida.

El efecto de la visualización dinámica se da cuando el intervalo de tiempo en el que se muestra las porciones de la información es menor al tiempo en que la imagen dura retenida en la retina del ojo humano por lo cual el cerebro procesa la información nueva y la retenida como una sola; este efecto se da debido a lo que se ha denominado como tiempo de retención de la retina, el cual explica que una imagen dura pequeñas fracciones de segundo en la retina.

Gracias al tiempo de retención de la retina es posible proyectar una imagen obturándola a más de 24Hz (poniendo y quitando la imagen más de 24 veces por segundo) y ser percibida por el ojo humano como una imagen fija.

III. SIMULACIÓN

Con el fin de comprobar el diseño de la solución implementada para resolver los problemas planteados se generó una simulación por cada uno de los ejercicios y una del diseño completo.

Nota: Para las simulaciones no se tuvo en cuenta la variación de frecuencia para conteo, desplazamiento ni visualización.

A. Simulación para contador descendente

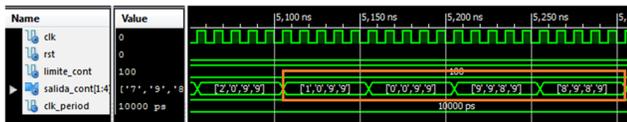


Figura 7. Decenas llegan a cero centenas disminuyen en una unidad.

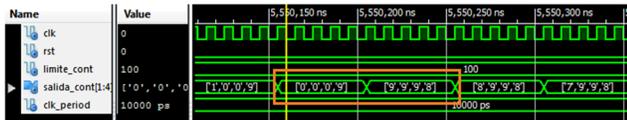


Figura 8. Centenas llegan a cero unidades de mil disminuyen en una unidad.

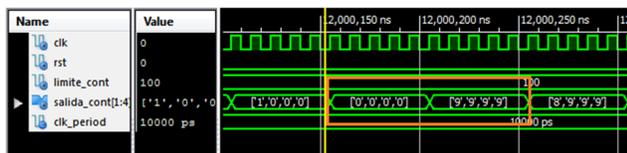


Figura 9. Unidades de mil llegan a cero se reinicia el conteo desde 9999.

Para comprobar el correcto funcionamiento del cronómetro ascendente se generó un archivo de prueba «Cronometro_tb», se sintetizó y ejecutó.

En la simulación se esperaba que: a la salida del bloque se obtuviera como primer número 00:00 y fuera aumentando de a una unidad en los segundos y luego los minutos, además que la misma fuera en caracteres y mostrara el número correcto, esto se pudo verificar en la simulación como se muestra en la Fig.10. También se esperaba que al recibir el impulso del Rst comenzara de nuevo el cronómetro en 00:00, y al recibir el impulso del Rst2 comenzara el cronómetro a contar desde 59:59 esto también se verificó con la simulación como se muestra en la Fig.11 y Fig. 12. Adicionalmente se verificó que al llegar a 09s aumentará a 10 seg (Fig. 13), que cuando el cronómetro mostrara 59 seg el cronómetro aumentara en 01:00 min (Fig.14), que al llegar a 09:59 min pasara a 10:00 min (Fig. 15) y finalmente que cuando el cronómetro llegara a 59:59 (min : seg) comenzara de nuevo el conteo desde 00:00 (Fig. 16).

C. Simulación para mostrar palabra «tdda».

Para comprobar que la palabra tdda se mostrará y se desplazará correctamente se generó un archivo de prueba «Palabra_tb», se sintetizó y ejecutó.

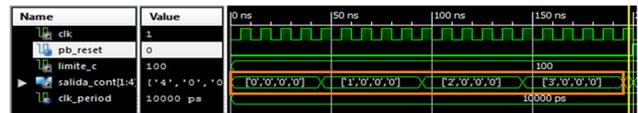




Figura 17. Falla en la simulación se detuvo antes de tiempo.



Figura 18. Desplazamiento en la salida de cada uno de los caracteres de la palabra «tdda».



Figura 19. La palabra comienza a desplazarse desde el principio cuando se da el impulso de Rst.

En la simulación se esperaba que en la variable salida_mensaje se observara el desplazamiento de la palabra «tdda» de a un (1) carácter cada cuatro (4) impulsos de reloj, en la Fig. 18 se puede ver que el desplazamiento es correcto.

Adicionalmente se verificó como se muestra en la Fig. 19 que la palabra comenzara a desplazarse desde la primera letra cuando se diera el pulso de Rst.

D. Simulación para mostrar el mensaje de más de 10 letras

Para comprobar que la palabra de más de diez (10) letras se mostrara y se desplazara correctamente se generó un archivo de prueba «Mensaje_tb», se sintetizó y ejecutó.

En la simulación se esperaba que en la variable salida_mensaje se obtuviera la palabra de más de 10 caracteres con corrimiento de a un carácter cada cuatro (4) impulsos de reloj, en la Fig. 20 se puede ver que el desplazamiento es correcto.

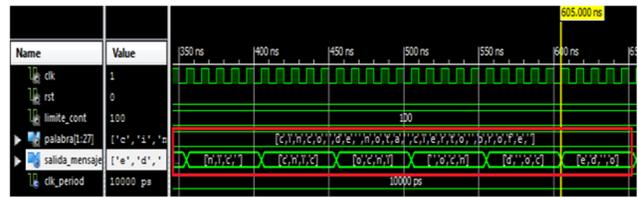


Figura 20. Desplazamiento en la salida de cada uno de los caracteres de la palabra de más de 10 letras.

Adicionalmente se verificó como se muestra en la Fig. 21 que el mensaje comienza a desplazarse desde la primera letra de nuevo cuando se da el pulso de Rst.

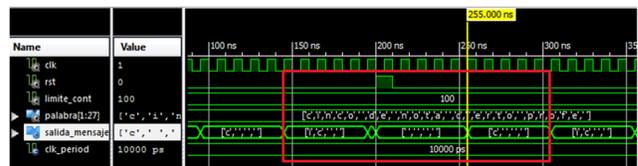


Figura 21. La palabra de más de 10 caracteres comienza a desplazarse desde el principio cuando se da el impulso de Rst.

E. Simulación diseño completo

Para comprobar que el programa completo estuviera funcionando adecuadamente se realizó la simulación utilizando el archivo de simulación «completo_tb».

En la simulación se esperaba observar que el selector de programa cambiará de aplicación de la siguiente manera:

Tabla 1. Asignación de pines para visualizar los diferentes programas desarrollados.

Elec_Prog	Programa
00	Contador descendente
01	Cronómetro ascendente
10	Palabra «tdda»
11	Mensaje

En la Fig. 22, se puede verificar que efectivamente el selector cambia de programa.

Adicionalmente se verifica que el habilitador de los displays este alternando cada cuatro (4) pulsos de reloj, habilitando así un display diferente en cada intervalo detiempo. En la Fig. 23, se puede

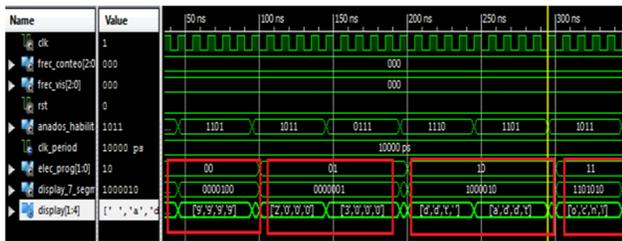


Figura 22. El selector Elec_Prog cambia el programa según se esperaba y se indica en la tabla 1.

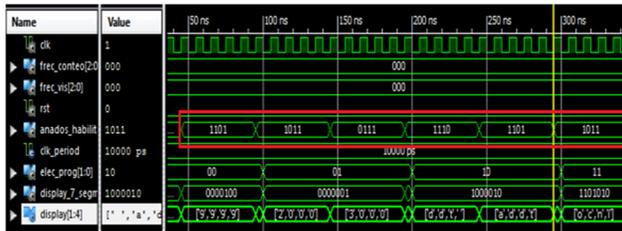


Figura 23. Habilitador de los displays alternados cada cuatro (4) impulsos de tiempo

observar que efectivamente el habilitador se alterna cada cuatro (4) pulsos del reloj.

En la Fig. 24, se puede observar que el decodificador está trabajando adecuadamente, codificando cada letra enviada en in_deco salida del multiplexor el cual genera la variación de la información en intervalos de tiempo cortos con el fin de generar la visualización dinámica.

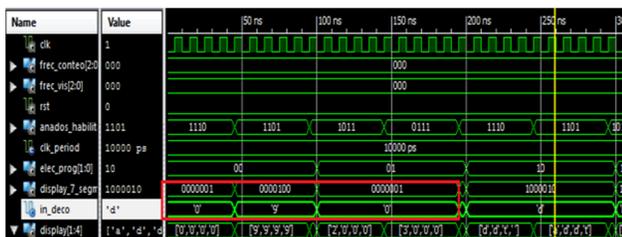


Figura 24. Decodificador de caracteres funcionando adecuadamente.

IV. CÁLCULOS TEÓRICOS

La siguiente formula permite realizar el cálculo de la cantidad de pulsos de reloj que deben contarse para obtener la frecuencia deseada en la conmutación de los displays con el fin de generar la visualización dinámica del sistema, las frecuencias de visualización programadas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Frecuencias de visualización dinámica.

Frecuencia (Hz) por cada display	Pulsos conteo
2	6.250.000
15	833.333
60	208.333
2000	25.000
4.000	12.500
40.000	1.250
4.000.000	12,5
40.000.000	1,2

Se parte del hecho de que la tarjeta NEXYS2 maneja un reloj interno a una frecuencia de 50MHz y que cada frecuencia deseada se debe multiplicar por el número de displays en el que se requiere mostrar el mensaje en este caso 4.

$$Pulsos\ visualización = \frac{Frecuencia\ cristal}{Frecuencia\ deseada * 4}$$

Por ejemplo para una Frecuencia de 2Hz se tiene que:

$$Pulsos\ conteo = \frac{50.000.000\ Hz}{2\ Hz * 4}$$

$$Pulsos\ conteo = 6.250.000$$

Para hallar los pulsos de conteo se aplicó la siguiente fórmula:

$$Pulsos\ conteo = \frac{Frecuencia\ cristal}{Frecuencia\ deseada}$$

Por ejemplo para una Frecuencia de 2Hz se tiene que:

$$Pulsos\ conteo = \frac{50.000.000\ Hz}{2\ Hz}$$

$$Pulsos\ conteo = 25.000.000$$

Haciendo uso de la anterior ecuación se hicieron las conversiones a las diferentes frecuencias programadas, los resultados se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3. Frecuencias de conteo.

Frecuencia (Hz)	Pulsos conteo
1	50.000.000
2	25.000.000
10	5.000.000
20	2.500.000
100	500.000
200	250.000
1.000	50.000
2.000	25.000

V. DESARROLLO

El desarrollo integral del presente diseño presupone la sintetización modular de código descrito en VHDL de 4 componentes claves para el desarrollo del mismo, unido con un módulo principal encargado de manejar la multiplexación, dando la libertad al usuario de seleccionar la frecuencia de visualización, de conteo o desplazamiento y/o el componente que requiera observar en los displays, adicionalmente el módulo principal contiene la visualización dinámica en común para todos los componentes. Bajo este contexto se comenzó haciendo el análisis de los primeros componentes que se debían sintetizar en la FPGA, estos son:

1. Contador descendente 9999 a 0000.
2. Cronómetro ascendente 00:00 a 59:59.
3. Palabra «tdda».
4. Mensaje de más de 10 letras.

Los bloques funcionales de dichos componentes los podemos observar en las siguientes figuras:

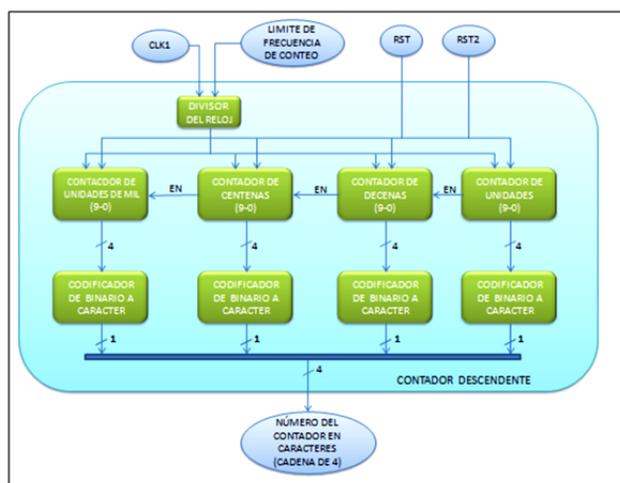


Figura 25. Componente contador descendente.

Como se puede observar en la Fig. 25 para el componente de conteo descendente, se tiene un proceso que se encarga de ir decrementando los contadores correspondientes a las unidades, las decenas, las centenas y las unidades de mil, los cuatro contadores están conectados en cascada para generar el decremento de la cifra cada vez que el contador predecesor llegue a cero (0) excepto en el contador de unidades donde el decremento de la cifra está dada por la velocidad de conteo, esta última se generó teniendo en cuenta el límite de velocidad de conteo asignado por el usuario con el cual se hace el divisor de la frecuencia del reloj principal. La salida que se obtiene de este componente es una cadena de caracteres generada por cuatro codificadores que toman el valor arrojado por cada uno de los contadores y los convierte en carácter asignado a una posición específica de la cadena.

En la Fig. 26 se muestra el proceso que incrementa las unidades de los segundos, las decenas de los segundos, las unidades de los minutos y las decenas de los minutos de cuatro contadores conectados en cascada. En el proceso los contadores aumentan de la siguiente manera: Las decenas aumentan una unidad cada vez que los contadores de unidades ya sea de segundos o minutos lleguen a nueve (9), las unidades de minutos aumenta cada vez que las decenas de segundos lleguen a cinco (5) y finalmente las unidades de segundo aumentan con cada pulso del reloj que llega con una frecuencia configurada según lo indique el límite de conteo asignado por el usuario. A la salida del componente se tiene una cadena de cuatro (4) caracteres compuesta en cada posición

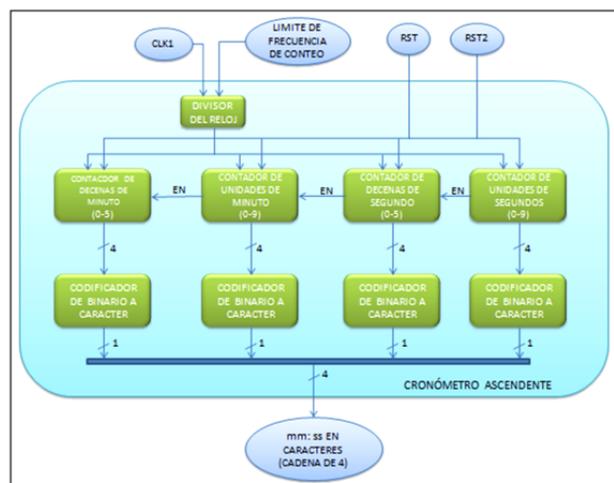


Figura 26. Componente cronómetro ascendente.

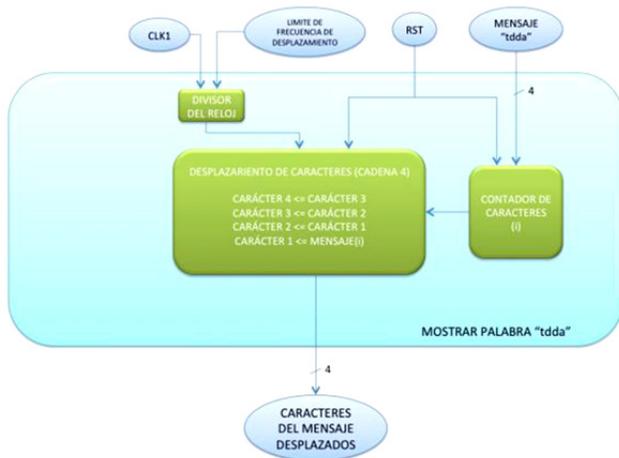


Figura 27. Componente mostrar palabra «tdda».

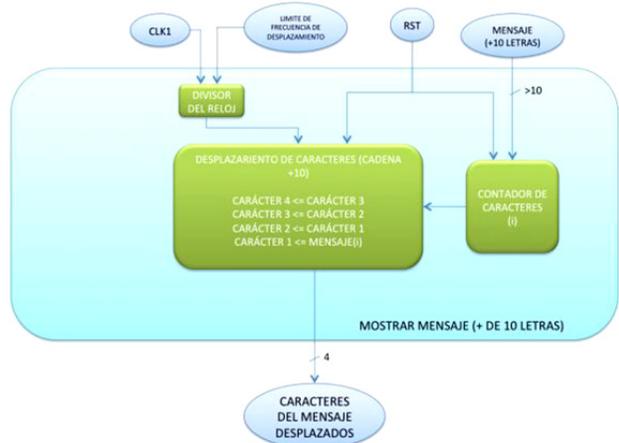


Figura 28. Componente mostrar mensaje de más de 10 letras.

por la codificación del número que tiene la salida actual de cada contador.

Por último en las Fig. 3 y 4 se muestra los procesos que se encargan de ir desplazando los caracteres de una palabra determinada, a la velocidad correspondiente según la división del reloj dada por el límite asignado por el usuario. A la salida de este proceso se tiene una cadena de cuatro (4) caracteres con las letras desplazadas.

Cada componente fue sintetizado como un módulo independiente en VHDL, de tal manera que nos permitiera conectarlo posteriormente con el módulo principal, este último contiene la caracterización de todas las entradas del sistema, adicionalmente la multiplexación según la elección del usuario, el sistema de visualización dinámica y la codificación a los 7 segmentos de los display.

Al realizar el análisis de entradas y salidas del sistema se tiene que:

Tabla 4. Descripción de entradas y salidas del sistema.

Pin puerto	Descripción
Clk	(in) Reloj del sistema
Rst	(in) Reset del sistema hacia el inicio de la secuencia
Rst2	(in) Reset del sistema hacia el final de la secuencia
Elec_Prog[1 a 0]	(in) Switches selector de programa.
Frec_conteo[2 a 0]	(in) Switches selector de frecuencias de conteo.
Frec_vis[2 a 0]	(in) Switches selector de frecuencias de visualización.
Display_7Segmentos[6 a 0]	(out) Vector de salida de los displays 7 segmentos.
Anodos_Habilitador[3 a 0]	(out) Vector de habilitadores de ánodo común para los displays.

El sistema completo se puede observar en la siguiente figura:

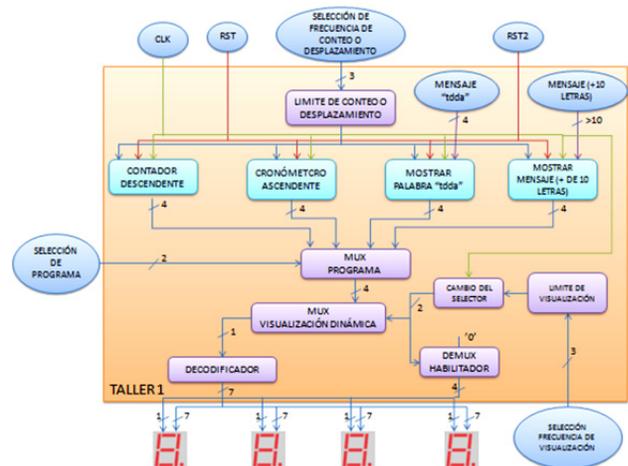


Figura 29. Sistema completo integrado, relación entre entradas, salidas e integración con otros componentes individuales.

Mediante la técnica de diseño estructural en VHDL [5] se procede a sintetizar en la FPGA todos los módulos descritos anteriormente conectan-

do entradas y salidas de los componentes con ayuda del mapa de puertos (Fig. 30).

```

NET "clk" LOC="B8";
NET "Rst" LOC="B18";
NET "Rst2" LOC="D18";

NET "Display_7_Segmentos[0]" LOC="H14";
NET "Display_7_Segmentos[1]" LOC="J17";
NET "Display_7_Segmentos[2]" LOC="G14";
NET "Display_7_Segmentos[3]" LOC="D16";
NET "Display_7_Segmentos[4]" LOC="D17";
NET "Display_7_Segmentos[5]" LOC="F18";
NET "Display_7_Segmentos[6]" LOC="L18";

NET "Anados_Habilitador[3]" LOC="F15";
NET "Anados_Habilitador[2]" LOC="C18";
NET "Anados_Habilitador[1]" LOC="H17";
NET "Anados_Habilitador[0]" LOC="F17";

NET "Frec_conteo[2]" LOC="K18";
NET "Frec_conteo[1]" LOC="H18";
NET "Frec_conteo[0]" LOC="G18";

NET "Frec_vis[2]" LOC="R17";
NET "Frec_vis[1]" LOC="N17";
NET "Frec_vis[0]" LOC="L13";

NET "Elec_Prog[1]" LOC="L14";
NET "Elec_Prog[0]" LOC="K17";
    
```

Figura 30. Asignación de pines FPGA.

Observando el manual de la tarjeta NEXYS2 [6] se puede hacer la siguiente asignación de pines acorde a nuestro sistema caracterizado en la FPGA.

Para efectos de pruebas sobre la FPGA se describe la combinación de switches de entrada del sistema con su correspondiente función dentro del mismo.

Tabla 5. Frecuencias de conteo según switches de la FPGA.

Frecuencias de conteo			Selección
K18	H18	G18	
0	0	0	1Hz
0	0	1	2Hz
0	1	0	10Hz
0	1	1	20Hz
1	0	0	100Hz
1	0	1	200Hz
1	1	0	1000Hz
1	1	1	2000Hz

Tabla 6. Frecuencias de visualización según switches de la FPGA.

Frecuencias de visualización			Selección
R	17	N17	L13
0	0	0	2Hz
0	0	1	15Hz
0	1	0	60Hz
0	1	1	500Hz
1	0	0	1KHz
1	0	1	10KHz
1	1	0	1MHz
1	1	1	10MHz

Tabla 7. Switches de selección de funcionalidad en la FPGA.

Elección de programa		Selección
R	17	L13
0	0	Contador
0	1	Cronómetro
1	0	Mensaje «tdda»
1	1	Palabra + 10

VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Análisis de frecuencia de visualización

En las frecuencias bajas de 0Hz a 15Hz la visualización dinámica no se presenta debido a que la velocidad de conmutación es menor a la velocidad de retención de la pupila.

En la frecuencia de 15Hz los caracteres en los displays son legibles pero hay un parpadeo que incomoda la visión humana, generando mareo.

A partir de los 60Hz los caracteres dejan de parpadear, son legibles pero al movimiento mecánico de la FPGA presenta un comportamiento similar al analizado en la frecuencia de 15Hz.

En el rango de frecuencias de 500Hz hasta 1kHz se tiene una visualización óptima sin parpadeo. El cambio más representativo que se da al moverse de la frecuencia menor a la frecuencia mayor en este rango es el aumento en la intensidad de la iluminación en los displays.

En frecuencias altas como 1MHz y 10MHz la visualización se torna tan rápida que se hace ilegible para el ojo humano.

B. Análisis de frecuencia de conteo y desplazamiento

A partir de frecuencias de desplazamiento de 10Hz la visualización de mensajes se dificulta debido a la velocidad con que los caracteres se trasladan de un display a otro.

Para las secuencias de conteo o cronómetro el cambio más significativo ocurre a la frecuencia más alta en la cual, los dígitos menos significativos se tornan ilegibles al ojo humano debido a la velocidad de incremento o decremento según sea el caso.

VII. CONCLUSIONES

Debido a la versatilidad del lenguaje VHDL se logró hacer conversiones entre enteros y caracteres de una manera fácil, con lo cual se pudo diseñar un decodificador 7 segmentos general para los cuatro módulos del programa.

Se logró comprobar diferentes estados del sistema mediante la simulación generada en archivos test-bench, disminuyendo el tiempo de pruebas del sistema diseñado.

Durante la práctica se generaron 4 desarrollos independientes para cada componente lo cual no era el objetivo final del laboratorio, debido a esto, se tuvo que rediseñar el sistema integrando los cuatro módulos, lo que permitió evidenciar la versatilidad del lenguaje VHDL y la utilidad del diseño por componentes.

Se logró diseñar un contador descendente 9999 - 0000 que se puede visualizar en los displays de la tarjeta NEXYS2.

Se logró diseñar un sistema que permite visualizar en los displays de la tarjeta NEXYS2 un

cronómetro ascendente que muestre los minutos y segundos mm:ss de 00:00 - 59:59.

Se logró diseñar un sistema que permite visualizar en los displays de la tarjeta NEXYS2 un mensaje con la palabra «tdda».

Se logró diseñar un sistema que permite visualizar en los display de la tarjeta NEXYS2 un mensaje de al menos 10 caracteres.

Se logró integrar al sistema completo un arreglo de switches de tal manera que se le permite al usuario escoger entre las siguientes frecuencias de conteo (1Hz, 2Hz, 10Hz, 20Hz, 100Hz, 200Hz, 1000Hz, 2000Hz).

Se logró integrar al sistema completo un botón cuya función consiste en resetear tanto las secuencias de conteo enviando los contadores al valor inicial o final.

Se logró integrar al sistema completo un botón cuya función consiste en mostrar el mensaje desde la primera letra cada vez que sea oprimido.

REFERENCIAS

- [1] XILINXS Inc., «Field Programmable Gate Array (FPGA),» *XILINXS*, 2015.
- [2] S. Noriega, «Introducción al diseño lógico con VHDL,» *VHDL*, 2010.
- [3] R. Araya, «Sistemas Combinacionales y Sistemas Secuenciales.» 2006.
- [4] R. Martínez, «ITT - 327- P-074. Reporte Práctica #5, T1. Visualizador dinámico. 2012.
- [5] J. Soto, «Elementos de diseño estructural.» 2015.
- [6] Digilent, «Digilent NEXYS2 Board Reference Manual,» *Digilent*, 2011.

ASCENSOR ATV71 CONTROLADO POR CODESYS

Elevator ATV71 controlled by codesys

JOSÉ ALEJANDRO FRANCO CALDERÓN*, MANUEL FELIPE RODRÍGUEZ PÉREZ**

Recibido: 14 de mayo de 2015. Aceptado: 14 de junio de 2015

RESUMEN

El presente artículo describe el desarrollo e implementación del control de un motor AC conectado a un encoder y a un variador de velocidad Altivar (ATV71) simulando un ascensor de carga, todo mediante una interfaz gráfica de usuario (HMI) desarrollada en Codesys con simulación de botones internos y externos.

Palabras clave: motor AC, encoder, ATV71, HMI, codesys.

ABSTRACT

This article describes the development and implementation of the control of an AC motor connected to an encoder and an Altivar (ATV71) simulating a freight elevator, all through a graphical user interface (HMI) developed simulation buttons Codesys internal and external.

Key words: motor AC, encoder, ATV71, HMI, Codesys.

I. INTRODUCCIÓN

Los objetivos del sistema están orientados a crear una interfaz gráfica de usuario que pueda simular el control y funcionamiento de un ascensor, controlando un motor AC conectado a un variador Altivar (ATV71) y a un encoder implementando técnicas de control de movimiento.

dispositivo, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo.

Normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar, aunque en el ámbito de la informática es preferible referirse a que suelen ser «amigables e intuitivos».

1) *Funciones principales*

Las funciones principales son las siguientes:

- Puesta en marcha y apagado.
- Control de las funciones manipulables del equipo.

II. MARCO TEÓRICO

A. Interfaz gráfica de usuario [1]

Es el medio con el que el usuario puede comunicarse con una máquina, equipo, computadora o

* Ingeniero Electrónico de la Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito”, especialista en diseño de aplicaciones para televisión digital interactiva y en administración de tecnologías de la información para la comunicación virtual de la Universidad Manuela Beltrán, Estudiante de maestría en ingeniería electrónica en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Docente investigador de la facultad de ingeniería adscrito al Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Sistemas - GIDIS de la Corporación Universitaria Republicana. Correo electrónico: alejing@gmail.com

** Ingeniero Electrónico, especialista en redes de telecomunicaciones graduado con la distinción de Tesis Laureada de la universidad Santo Tomas. Estudiante de maestría en ingeniería electrónica en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Actualmente funcionario del Instituto de Hidrología Meteorología y Medio Ambiente-IDEAM Ingeniero del Grupo de Automatización realizando, diseño, mantenimiento e instalación de estaciones hidrometeorológicas automáticas en todo el territorio nacional. Correo electrónico: manuelfelipe.rodriguez@hotmail.com

- Manipulación de archivos y directorios.
- Herramientas de desarrollo de aplicaciones.
- Comunicación con otros sistemas.
- Información de estado.
- Configuración de la propia interfaz y entorno.
- Intercambio de datos entre aplicaciones.
- Control de acceso.
- Sistema de ayuda interactivo.

2) Tipos

En las interfaces de usuario se pueden distinguir básicamente tres tipos:

- **Una interfaz de hardware**, a nivel de los dispositivos utilizados para ingresar, procesar y entregar los datos: teclado, ratón y pantalla visualizadora.
- **Una interfaz de software**, destinada a entregar información acerca de los procesos y herramientas de control, a través de lo que el usuario observa habitualmente en la pantalla.
- **Una interfaz de software-hardware**, que establece un puente entre la máquina y las personas, permite a la máquina entender la instrucción y al hombre entender el código binario traducido a información legible.

B. Altivar (ATV71) [2]

Es un variador de velocidad para aplicaciones tanto de torque constante como de alta potencia o complejas con una potencia que oscila entre los 0.37 kW hasta mas halla de los 500 kW, algunas características son las siguientes:

- 200... 240 V monofásico
- 200... 240 V/380... 690 V trifásico, 50/60 Hz
- Regulación de velocidad mediante control vectorial de flujo, con o sin sensor
- Rango de velocidad: de 1 a 1.000 en modo de bucle cerrado con retroalimentación de codificador, de 1 a 100 en modo de bucle abierto
- Terminal gráfico: texto sencillo, botón de navegación, teclas de función configurables, menú «Simply Start», etc.
- Protección del motor y del variador
- «Power Removal», funciones de seguridad ATEX
- Más de 150 funciones disponibles: Regulador de PID, control de frenos adecuado para viajar, izamiento y movimientos de rotación, etc.
- Filtro EMC clase A integrado
- Modbus y CANopen integrados
- Tarjetas de extensión de E/S, tarjetas de interfaz para el codificador
- Tarjetas de comunicación: Fipio, Ethernet, Modbus Plus, Profibus DP, DeviceNet, Uni-Telway, INTERBUS
- Tarjeta programable Controller Inside

C. Codesys [3]

Es un entorno de desarrollo para la programación de controladores conforme con el estándar industrial internacional IEC 61131-3. El término CODESYS es un acrónimo y significa Sistema de Desarrollo de Controladores.

CODESYS es desarrollado y comercializado por la empresa de software alemán 3S-Smart de Soluciones de Software situado en la ciudad bávara de Kempten. La Primera Versión (1,0) fue creada en 1994.

CODESYS puede descargarse desde el sitio web de la compañía.

1) Lenguajes de programación

Los seis lenguajes de programación para aplicaciones vienen definidos en el IEC 61131-3 y es-

tán disponibles en el entorno de desarrollo de Codesys.

a) Lenguajes de texto

IL (lista de instrucciones): Es un lenguaje de programación parecido al lenguaje ensamblador.

ST (texto estructurado): Es similar a la programación en PASCAL o C.

b) Lenguajes gráficos

LD (Diagrama Ladder): Permite al programador combinar los contactos de relé y las bobinas. Es el lenguaje de Programación de PLC por excelencia.

FBD (diagrama de bloques de función): Permite al usuario programar rápidamente, tanto expresiones como en lógica booleana.

SFC (Bloques de función secuenciales): Es conveniente para los procesos de programación secuencial. Dispone también de un editor gráfico que no está definido en la norma IEC.

CFC (Continuous Function Chart): Es una especie de editor de FBD libre. Es un editor orientado a FBD donde las conexiones entre los entradas, salidas y los operadores se fijan automáticamente. Todas las cajas se pueden colocar libremente, lo que permite programar ciclos de retroalimentación provisional sin variables.

2) *Uso industrial*

Más de 250 fabricantes de dispositivos de diferentes sectores industriales ofrecen sus dispositivos de automatización inteligente programable con la interfaz de programación CODESYS. En consecuencia, miles de usuarios finales en todo el mundo emplean CODESYS para su trabajo diario en todo tipo de tareas de automatización. Hoy en día, CODESYS es la herramienta de desarrollo basada en IEC 61131-3 más extendida en Europa.

Una red mundial de asociados del sistema de CODESYS ofrece tanto una amplia variedad de servicios para los usuarios CODESYS como el apoyo a los usuarios finales, soporte, consultoría, for-

mación, programación de aplicaciones o la integración de sistemas.

D. SoMove [4]

Es un software de configuración para ordenadores muy fácil de usar, que permite configurar los dispositivos de control del motor de Schneider Electric.

El software SoMove incorpora diversas funciones para la configuración de los dispositivos, como:

- Preparación de la configuración
- Configuración
- Mantenimiento

Para facilitar la configuración y el mantenimiento, SoMove

- Puede utilizar un enlace directo por cable USB/RJ45.
- Puede utilizar un enlace inalámbrico Bluetooth®.
- Es compatible con la herramienta de configuración Multi-Loader y con SoMove Mobile para teléfonos móviles.

Estas herramientas pueden ahorrar un tiempo considerable a la hora de cargar, duplicar o editar configuraciones en un dispositivo.

Un modo realmente autónomo permite realizar lo siguiente:

- Preparación de archivos de configuración
- Gestión y almacenamiento de archivos (guardado en disco duro o CD ROM, copia, cambio de nombre y envío por correo electrónico, etc.)
- Impresión de la lista de parámetros
- Preparación de archivos para las herramientas MultiLoader y SoMove Mobile

El modo con conexión se utiliza para las siguientes funciones:

- Configuración, ajuste, control y supervisión
- Transferencia de archivos de configuración entre SoMove V1.0 y el variador o el arrancador progresivo

E. Encoder [5]

Pueden monitorear electrónicamente la posición de un eje giratorio.

Los encoders absolutos son dispositivos electro-mecánicos es decir, que son elementos de retroalimentación útiles en sistemas de control de bucle cerrado. Proporcionan control de posición en aplicaciones de empaquetado, robótica, recogida y colocación, tornillo guía/ de bolas, posicionamiento de mesa rotativa e inserción de componentes.

Los encoders ópticos incrementales ofrecen bajo costo, tamaño físico más pequeño, alta frecuencia y alta resolución. Nuestros accesorios le ayudan a instalar fácilmente nuestros encoders y a usarlos con eficiencia.

F. Control de movimiento [6]

El control de movimiento de motores hace referencia al comportamiento físico que realiza un motor cuando está en marcha basado en parámetros como velocidad, aceleración y posicionamiento.

Generalmente el control de movimiento es todo un sistema basado en componentes físicos y lógicos como por ejemplo:

- **Software de aplicación:** herramienta lógica en la que se puede indicar posiciones deseadas y perfiles de control de movimiento.
- **Controlador de movimiento:** Es el cerebro del sistema. Toma los perfiles de las posiciones y movimientos deseados y crea las trayectorias que deberán seguir los motores. Entregando señales de voltaje a servomotores; o pulsos de paso y dirección, a motores de pasos.
- **Amplificador o drive:** Los amplificadores (también llamados drives) toman los comandos del controlador y generan la corriente necesaria para dirigir o girar el motor.

- **Motor:** Encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica y producir el torque requerido para moverse a la posición deseada.
- **Elementos mecánicos:** Los motores están diseñados para proporcionar torque a algunos dispositivos mecánicos. Éstos incluyen deslizadores lineales, brazos robóticos y actuadores especiales.
- **Dispositivo de retroalimentación o sensor de posición:** El dispositivo de retroalimentación, generalmente un codificador de cuadratura (encoder), detecta la posición del motor y reporta el resultado al controlador, y de esa manera cierra el lazo con el controlador de movimiento.

1) Perfil de velocidad

A fin de alcanzar movimientos suaves de alta velocidad sin forzar el motor, un controlador de movimiento utiliza los valores de la posición especificada deseada, la velocidad máxima que se desea alcanzar y la aceleración para determinar cuánto tiempo empleará en los tres segmentos de movimiento principales (los cuales incluyen aceleración, velocidad constante y desaceleración).

En las aplicaciones típicas de control de motores, el movimiento comienza desde una posición de detenimiento o desde un movimiento previo y sigue una rampa de aceleración indicada hasta que la velocidad alcanza la velocidad deseada, el movimiento continúa a esta velocidad por un periodo de tiempo hasta que el controlador determina que es tiempo de comenzar el segmento de desaceleración, y desciende la velocidad del movimiento para detenerse exactamente en la posición deseada. Este comportamiento es conocido como perfil de velocidad trapezoidal el cual es mostrado en la figura 1.

Si el movimiento es lo suficientemente corto de manera que el punto de comienzo de la desaceleración ocurre antes de que se haya completado el aceleramiento, entonces el perfil toma una forma triangular en vez de trapezoidal y la velocidad alcanzada podría ser menor a la velocidad que se deseaba alcanzar. En la figura 2 se muestra un ejemplo de perfil triangular.

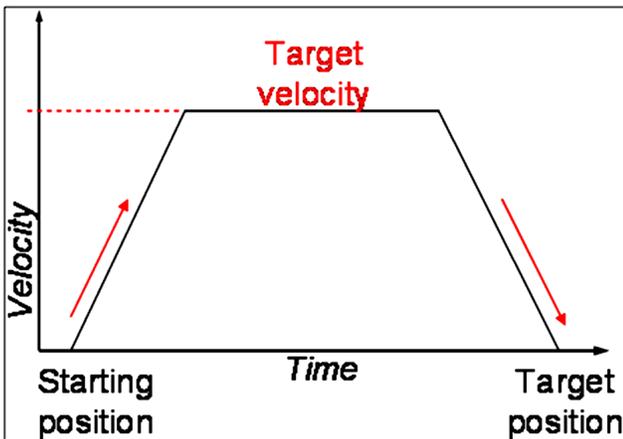


Figura 1. Perfil de velocidad trapezoidal.

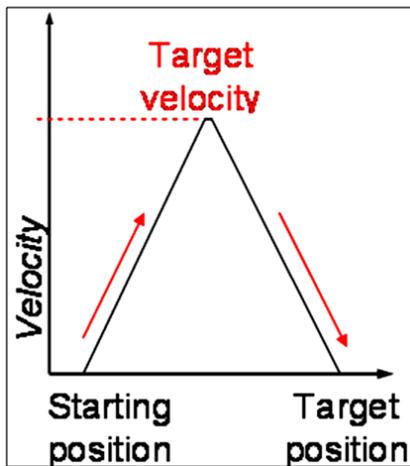


Figura 2. Perfil de velocidad triangular.

III. CÁLCULOS TEÓRICOS Y PRUEBAS

Para el diseño del ascensor se tuvo en cuenta como parámetro inicial que de acuerdo a las dimensiones físicas de la planta existente con la cual se trabajó, el ascensor debería ser de 3 pisos o niveles entre los cuales variaría el movimiento.

A. Cálculo de pulsos de encoder por piso

Para realizar el cálculo de los pulsos del encoder por piso se determinó la altura inicial del ascensor y con la ayuda del software programado en Codesys se midieron los pulsos del encoder que desde el piso inicial hasta la altura máxima del piso 3, este procedimiento se realizó 5 veces a fin de determinar aproximadamente la altura total

del ascensor en pulsos del encoder obteniendo en promedio 220000 Pulsos del encoder. En la siguiente Tabla se puede observar los datos prácticos obtenidos durante el cálculo de la altura del ascensor.

Tabla 1. Datos de la Altura total del Ascensor.

Movimiento	Posición
1	220148
2	220053
3	220183
4	219863
5	219627
Promedio	219974,8 » 220000

Por lo tanto dividiendo el total de pulsos en 3 pisos obtenemos que:

$$\begin{aligned} \text{Pulsos por piso} &= \frac{220000 \text{ pulsos}}{3 \text{ pisos}} = 73333,333 \\ &\approx 73333 \frac{\text{pulsos}}{\text{piso}} \end{aligned}$$

Con el valor obtenido anteriormente podemos definir cuantos pulsos del encoder corresponden a cada piso, valores que son mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 2. Pulsos correspondientes a cada piso.

Piso	Pulsos por Piso
1	0
2	73333
3	146666

B. Cálculo de pulsos de encoder para parar en un piso

Una vez definido los pulsos que debe registrar el encoder por cada piso recorrido el siguiente paso fue determinar en cuantos pulsos del encoder se debe dar la orden de parada en subida para que se posicione justamente en los pulsos determinados por piso. Se realizaron 5 pruebas de paradas en el segundo piso dando la orden de parada justamente en **73333 pulsos**, los resultados obtenidos se observan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Datos de posición de parada a 73333 pulsos.

Movimiento	Posición Parada
1	78968
2	78978
3	78992
4	78290
5	78216
Promedio	78688,8 » 78689

Con el valor promedio obtenido de los datos de la tabla anterior se obtiene la diferencia que hay entre la posición final de parada y la posición en la que se genera la orden, por lo tanto:

$$\text{Diferencia} = 78689 - 73333 = 5356 \text{ pulsos}$$

Con esta diferencia y los pulsos correspondientes a cada piso se puede determinar en qué posición exacta se debe dar la orden de parada del motor para que pare exactamente en el piso correspondiente. Es importante tener en cuenta para el piso 2 que la orden de parada debe considerarse si el movimiento es en subida o si es en bajada. En la siguiente tabla se relacionen los valores de posición a los cuales se debe dar la orden de parada para cada piso.

Tabla 4. Orden de parada en cada piso.

Piso	Orden de Parada
1 (Bajada)	5356
2 (Subida)	67977
2 (Bajada)	78689
3 (Subida)	141310

C. Cálculo del torque máximo soportado

En vista que la planta del ascensor permite variar el peso de carga con un juego de pesas, uno de los requisitos de funcionamiento hace referencia la detección de sobrepeso a través del torque que genera el motor.

Por criterio de diseño se decide que la operación normal del ascensor sea con un peso de 40lb (2 pesas) y que la interfaz gráfica muestre una alerta de sobrepeso cuando el ascensor tenga un peso mayor o igual a 100lb (5 pesas) por lo cual se decide realizar 8 movimientos de prueba con los cuales

se obtienen los datos mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 5. Torque generado a diferentes pesos en el motoR

Movimiento	40 lb	100 lb
1	29	42
2	28	40
3	28	40
4	27	41
5	27	40
6	27	41
7	28	39
8	27	40
Promedio	28	40

Basados en los resultados obtenidos determinamos como constante de torque máximo 40Nm.

IV. DESARROLLO

El desarrollo del proyecto supuso la integración de todo un sistema desde el software de la interfaz gráfica de usuario hasta la puesta en marcha del actuador (motor AC) conectado a un ascensor de carga.

A. Resumen de la aplicación

Objetivo general de la aplicación: Definir una posición de inicio que corresponde al piso 1, la aplicación mostrará el tablero interior y exterior de un ascensor la cual permitirá mover el ascensor a la posición deseada.

Variables a controlar: Posición.

Parámetros variar por el usuario final: Piso dentro del ascensor y solicitud del mismo desde cada piso.

Tipo de motor: A.C.

Dispositivo a utilizar para realizar el control de movimiento: Variador de velocidad con Controller Inside.

Protocolo de comunicación a utilizar con el computador: Modbus

B. Descripción del sistema

A continuación un gráfico que describe la integración implementada. Ver figura 3.

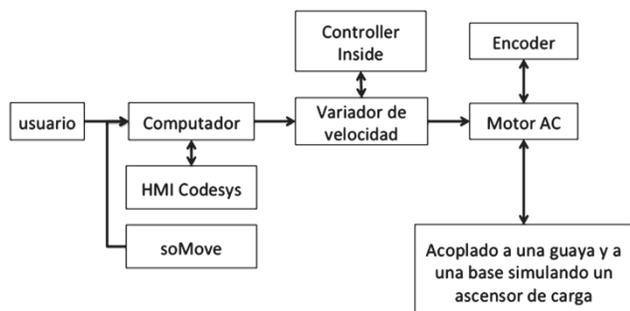


Figura 3. Gráfico de la integración implementada.

El usuario interactúa mediante una interfaz gráfica (HMI) desarrollada en Codesys y un computador con el ascensor. Tanto el computador como el software Codesys están conectados al controller inside del variador de velocidad mediante un protocolo de comunicación RS485 a RS232.

El software SoMove se utilizó para determinar el mapa de memoria que se podía usar y poder interactuar con el mediante otra aplicación de lectura y escritura de datos posiblemente desarrollada en LabVIEW. Este software se sincronizó modo modbus con el controller inside que posee el variador y se pudo así determinar la pila de memoria que se programaría para lograr la integración.

El controller inside acoplado al variador Altivar ATV71 permitía a su vez controlar el adecuado funcionamiento de del motor AC.

El motor AC a su vez tenía acoplado un encoder a su eje con el cual se nos permitiría leer los pulsos que emitía por revolución y así determinar la posición.

Con el cálculo tanto de la posición como del torque lograríamos así controlar piso a piso el ascensor y simular una posible sobrecarga del peso en el mismo.

1) Descripción detallada de la solución

a) Parámetros de configuración

Para el adecuado funcionamiento del variador que controla el motor a continuación se eviden-

cian los parámetros configurados en el Altivar ATV71.

Ajustes del motor (Figura 4 y 5).



Figura 4. Configuración de parámetros del motor a controlar (Potencia, voltaje, corriente y frecuencia).



Figura 5. Configuración de parámetros del motor a controlar (Velocidad nominal del motor, frecuencia máxima y autoajuste)

Control del motor por rampa trapezoidal



Figura 6. Configuración de la rampa que controlará el motor desde el variador [Incremento, tiempo de la rampa de aceleración y desaceleración, velocidad mínima y máxima].

Comunicación Codesys y ATV71

- Carta de programación 1

Tabla 6. Parámetros de comunicación Codesys & ATV71 RS485 a RS232.

Parámetro	Valor
Velocidad	19200b
Paridad	No
Bits	8
Bit parada	1

Comunicación soMove y Controller Inside ATV71

- Carta de programación 4

Tabla 7. Parámetros de comunicación soMove & Controller Inside ATV71 RS485 a RS232 [Modbus].

Parámetro	Valor
Velocidad	38400b
Paridad	No
Bits	8
Bit parada	1

b) Funciones

Las funciones que se implementaron para poder controlar el motor AC son las siguientes:

Drive Actual Position Get (TRUE)

Permite obtener la posición actual por ciclo asíncrono, para este caso la lectura del encoder se realizó cada 100 ms (Figura 7).

```

Timer1(IN:=(NOT Timer1.Q),PT:=T#100ms);
IF Timer1.Q THEN
%MW71:=ActTorque;
%MW72:=REAL_TO_WORD(SQRT(ActVel*ActVel));
%MW73:=DRIVE_PI1;
%MW74:=DRIVE_PI2;
%MW75:=DRIVE_PI3;

cont2:=cont2+1;
END_IF

```

Figura 7. Captura de la posición como tarea asíncrona cada 100 ms.

Drive Actual Velocity Get (TRUE)

Permite obtener la velocidad actual que lleva el motor en RPM para posteriormente ubicarlo en algún indicador.

Drive Actual Torque Get (TRUE)

Devuelve el torque que una carga esta ejerciendo sobre el motor para posteriormente ubicarlo en algún indicador.

Drive Run Forward ()

Pone en marcha a la velocidad dispuesta en frecuencia al motor hacia delante, para el caso de la aplicación para arriba.

Drive Run Reverse ()

Pone en marcha a la velocidad dispuesta en frecuencia al motor hacia atrás, para el caso de la aplicación para abajo.

Drive Stop Ramp ()

Para el motor en rampa sin permitir un frenado busco con alto impacto.

c) Estrategia de software

Para el adecuado funcionamiento de la aplicación la estrategia de software se baso en dos variables importantes el torque y la posición.

Con la posición en pulsos de encoder se pudo determinar con cuantos de ellos el ascensor se movería de piso en piso.

Lo primero que se realizó fue una definición de variables que se usarían a lo largo del programa se puede ver en la figura 8.

Con las variables definidas se procedió a definir una velocidad constante para el ascensor así

```

0001 PROGRAM CommandATV71
0002 VAR
0003     ButtonStopPushed: BOOL;
0004     VizuVelocity: INT;
0005     actualposition: DWORD:=0;
0006     direcion: BOOL;
0007     actual2ente: INT;
0008     resta: INT;
0009     res: INT;
0010     reset: BOOL;
0011     actualpositionres: BOOL;
0012     primero: BOOL;
0013     stop1: BOOL;
0014     segundo: BOOL;
0015     stop2: BOOL;
0016     tercero: BOOL;
0017     stop3: BOOL;
0018     indicador1: BOOL;
0019     indicador2: BOOL;
0020     indicador3: BOOL;
0021     sentido:BOOL;
0022     PisoActual:INT;
0023     torquemax:INT;
0024     torquetotal:INT;
0025     primeroex: BOOL;
0026     segundoex: BOOL;
0027     terceroex: BOOL;
0028     externo1: BOOL;
0029     externo2: BOOL;
0030     externo3: BOOL;
0031     sobrepeso: BOOL;
0032     resetpeso: BOOL;
0033 END_VAR
    
```

Figura 8. Variables utilizadas en el programa.

como la variable que sería el valor del torque (peso) máximo que soportaría el mismo, esto se puede ver en la figura 9.

```

VizuVelocity:=250; (*Constante de Velocidad*)
torquemax:=40; (*Torque maximo para sobrepeso*)
    
```

Figura 9. Máxima velocidad y peso que el ascensor soporta.

Se implemento un botón de parada de emergencia con el cual se podría detener la aplicación en cualquier momento si existía algún problema, esto se puede evidenciar en la figura 10.

```

IF ButtonStopPushed OR %MW52>0 THEN (*Boton de parada de emergencia en rueda libre*)
DriveStopFreeWheel(); (*Activa variable para condicion de parada en el piso 2*)
END_IF
    
```

Figura 10. Programación del botón parada de emergencia.

Mediante el cálculo de la posición actual menos la anterior se podía determinar la posición en cada instante del ascensor, esto se programo como lo evidencia la figura 11.

```

(*Calculo de la posicion actual*)
res:=actual2ente;
actualposition:=DriveActualPositionGet(TRUE);
actual2ente:=DWORD_TO_INT(actualposition);
direcion:=DriveStatusGet.bDirection;
resta:=actual2ente-res;

pos:=pos+resta; (*Variable de visualizacion de la posicion en pulsos del encoder*)
%MW54:=DINT_TO_WORD(pos); (*Asignacion de la variable posicion al mapa de memoria*)
    
```

Figura 11. Cálculo de la posición actual del ascensor.

Posteriormente se programó el botón reset que inicializaba en cero el valor de pulsos del encoder cuando el ascensor se encontraba en el primer piso, a demás permitía inicializar la lógica de los indicadores de piso, el número del piso en el que se encontraba y el torque máximo que por defecto era cero (ascensor sin carga), esto se puede ver en la figura 12.

```

(*Boton de Posicion Inicial, reinicio de variables a estado inicial *)
IF reset OR %MW53>0 THEN
pos:=0; (*coloca posicion inicial en 0 pulsos del encoder*)
sentido:=TRUE; (*Cambia indicador de sentido a subida*)
indicador1:=TRUE; (*Activa indicador de piso 1*)
indicador2:=FALSE; (*Apaga indicador de piso 2*)
indicador3:=FALSE; (*Apaga indicador de piso 3*)
PisoActual:=1; (*Cambia indicador de piso actal a 2*)
sobrepeso:=FALSE; (*Apaga el indicador de sobrepeso*)
torquetotal:=0; (*Coloca torque total en 0*)
END_IF
    
```

Figura 12. Programación del botón reset (inicio del sistema).

A continuación se le envía la orden al variador para que trabaje a una determinada velocidad previamente definida como una constante global, así como la definición y lectura de las variables velocidad actual y torque actual, ello se evidencia en la figura 13.

```
(*Asignación de la constante de velocidad al movimineto en el variador*)
DriveTargetVelocitySet(VizuVelocity);
(*Asignación de variable de de Velocidad Actual*)
ActVel:=DriveActualVelocityGet(TRUE);10;
(*Asignación de variable de de Torque Actual*)
ActTorque:=DriveActualTorqueGet(TRUE);
```

Figura 13. Variables torque actual, velocidad actual y asignación de velocidad constante.

La estrategia entonces ahora pasaba por determinar 2 cosas: según el piso presionado por el usuario se determinaría primero en que rango de posición estaba para saber hacia donde debía moverse el ascensor (arriba o abajo) y segundo calcular el torque acumulado para saber si sobrepasaba nuestro limite de simulación máximo que era 40 Nm, evidencia de la programación de ello se puede ver en la figura 14.

```
IF ActTorque>torquetotal THEN (*Visualizacion del torque total del movimiento*)
torquetotal:=ActTorque;
%MW70:=torquetotal; (*Asignacion de la variable de torque total al mapa de memoria*)
END_IF

IF torquetotal>torquemax THEN (*Condicion de torque para indicar sobrepeso y parar en rueda libre*)
DriveStopFreeWheel(); (*Orden de parada de movimiento en rueda libre*)
sobrepeso:=TRUE; (*Activacion del Indicador de Sobrepeso*)
END_IF

IF resetpeso OR %MW51>0 THEN (*Boton para reiniciar en caso de sobrepeso*)
torquetotal:=0;
sobrepeso:=FALSE; (*Apaga el indicador de sobrepeso*)
END_IF
```

Figura 14. Acumula y actualiza el indicador con el troque máximo que lleva el ascensor.

La figura 15 a continuación muestra como si se ha superado el troque dispuesto como máximo para la simulación la interfaz cambia según lo dispuesto en la programación mostrada en la figura 14.

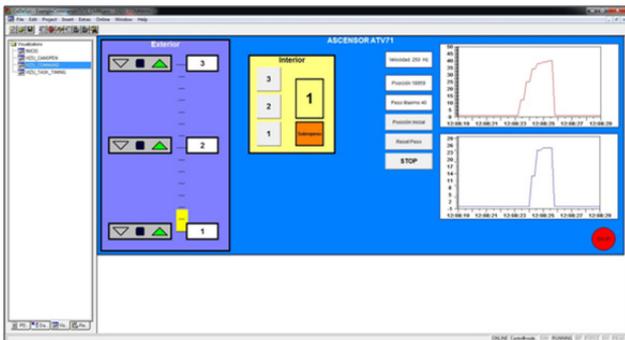


Figura 15. HMI con el torque máximo superado e indicador sobrepeso activo en naranja. Ascensor detenido.

Si el torque máximo no era superado entonces debíamos monitorear en que sentido estaba el ascensor, si estaba subiendo el programa tenía una variable booleana llamada sentido, donde si esta estaba en TRUE el ascensor iba para arriba de lo contrario iba para abajo.

Identificando luego del sentido y la posición donde se encontraba el ascensor se procedía entonces a ir donde el usuario interno o externo lo deseara.

Para determinar el largo de pulsos que se tenía para la aplicación se tomo desde el rango de 0 a 14666 pulsos, y estos se dividieron entre 2 para determinar a que equivalía cada piso. Es decir que desde el pulso 0 hasta el 73333 el ascensor se encontraba entre el piso 1 y 2 parando en el piso 2 (73333 pulsos), y si el ascensor estaba entre los pulsos 73333 hasta 14666 el ascensor se encontraba entre los pisos 2 y 3 con parada en el piso 3 (14666 pulsos). Con estos rangos, el sentido (subida o bajada), la validación del botón de piso presionado (interno o externo), la validación del torque máximo y el calculo evidenciado en los cálculos teóricos para la dar la orden de parada al ascensor sin que sobrepasara el limite de piso definido se programo el controller inside.

A continuación la verificación programada cuando el ascensor se encontraba en el primer piso, y lo que debía hacer según el usuario y el estado del ascensor.

```
(*Verificacion de la posicion del ascensor dentro del piso 1*)
IF pos>=0 AND pos<73333 AND sentido=TRUE THEN

(* Acciones ejecutadas al presionar el Boton interior piso 2 ó solicitud externa del piso 2*)
IF (segundo OR segundoex OR %MW55>0 OR %MW56>0) AND NOT sobrepeso THEN
indicador1:=FALSE; (*Apaga indicador de piso 1*)
stop2:=TRUE; (*Activa variable para condicion de parada en el piso 2*)
DriveRunForward(); (*Inicia movimiento del motor hacia arriba*)
END_IF

(*Condicion para detener el movimiento en el piso 2*)
IF pos>=67977 AND stop2=TRUE AND sentido=TRUE THEN
stop2:=FALSE; (*Apaga variable para condicion de parada en el piso 2*)
DriveStopRamp(); (*Orden de parada de movimiento de por rampa*)
indicador2:=TRUE; (*Activa variable indicador de piso 2*)
PisoActual:=2; (*Cambia indicador de piso actual a 2*)
END_IF

(* Acciones ejecutadas al presionar el Boton interior piso 3 ó solicitud externa del piso 3*)
IF (tercero OR terceroex OR %MW57>0 OR %MW58>0) AND NOT sobrepeso THEN
indicador1:=FALSE; (*Apaga indicador de piso 1*)
stop3:=TRUE; (*Activa variable para condicion de parada en el piso 3*)
DriveRunForward(); (*Inicia movimiento del motor hacia arriba*)
END_IF

(*Condicion para detener el movimiento en el piso 3*)
IF pos>=141310 AND stop3=TRUE AND sentido=TRUE THEN
stop3:=FALSE; (*Apaga variable para condicion de parada en el piso 3*)
DriveStopRamp(); (*Orden de parada de movimiento de por rampa*)
indicador3:=TRUE; (*Activa variable indicador de piso 3*)
PisoActual:=3; (*Cambia indicador de piso actual a 3*)
END_IF
END_IF
```

Figura 16. HMI Ascensor en el primer piso y la lógica de funcionamiento si va al segundo o tercer piso.

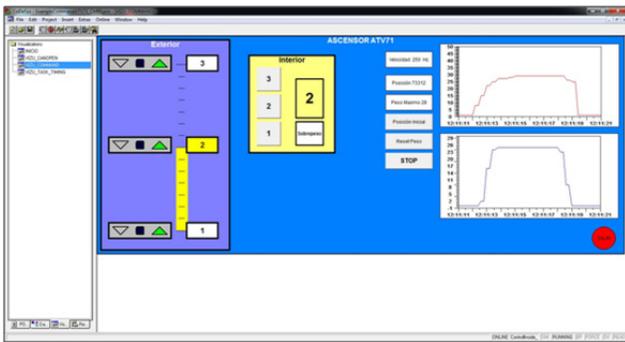


Figura 17. HMI Ascensor controlado desde el interior del piso 1 al piso 2, indicador de subida activo más graficas de velocidad y torque.

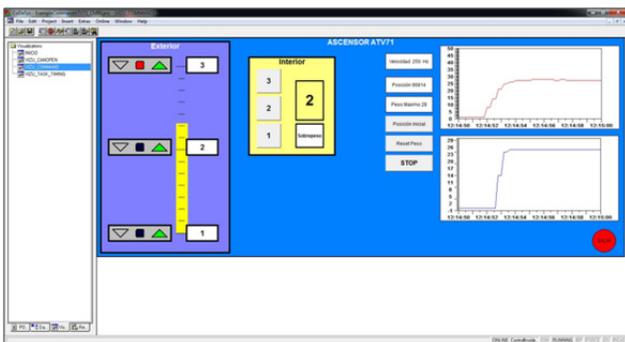


Figura 18. Ascensor controlado desde el exterior del piso 2 al piso 3, indicador de subida activo más graficas de velocidad y torque.

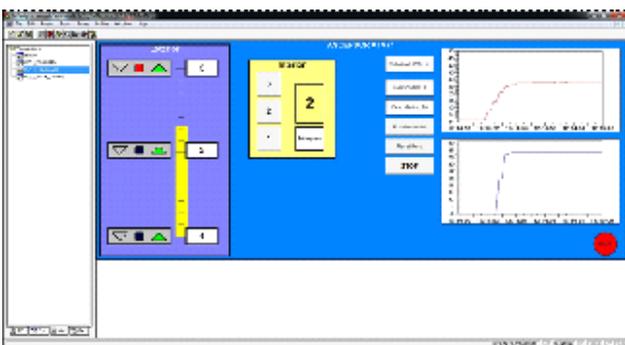


Figura 19. HMI Ascensor controlado desde el exterior del piso 1 al piso 3, indicador de subida activo más graficas de velocidad y torque.

A continuación la verificación programada cuando el ascensor se encontraba en el segundo piso, y lo que debía hacer según el usuario y el estado del ascensor.

```
(* Verificación de la posición del ascensor dentro del piso 2 y sentido en subida*)
IF pos>67977 AND pos<146666 AND sentido=TRUE THEN
    PisoActual:=2; (*Cambia indicador de piso actual a 2*)

    (* Acciones ejecutadas al presionar el Boton interior piso 3 ó solicitud externa del piso 3*)
    IF (tercero OR terceroex OR %MW57>0 OR %MW58>0) AND NOT sobrepeso THEN
        stop3:=TRUE; (*Activa variable para condición de parada en el piso 3*)
        DriveRunForward(); (*Inicia movimiento del motor hacia arriba*)
        indicador2:=FALSE; (*Apaga indicador de piso 2*)
    END_IF

    (*Condición para detener el movimiento en el piso 3*)
    IF pos>=141310 AND stop3=TRUE AND sentido=TRUE THEN
        stop3:=FALSE; (*Apaga variable para condición de parada en el piso 3*)
        DriveStopRamp(); (*Orden de parada de movimiento de por rampa*)
        indicador3:=TRUE; (*Activa variable indicador de piso 3*)
        PisoActual:=3; (*Cambia indicador de piso actual a 3*)
    END_IF

    (* Acciones ejecutadas al presionar el Boton interior piso 1 ó solicitud externa del piso 1*)
    IF (primero OR primeroex OR %MW59>0 OR %MW60>0) AND NOT sobrepeso THEN
        stop1:=TRUE; (*Activa variable para condición de parada en el piso 1*)
        DriveRunReverse(); (*Inicia movimiento del motor hacia abajo*)
        indicador2:=FALSE; (*Apaga indicador de piso 2*)
        sentido:=FALSE; (*Cambia indicador de sentido a bajada*)
    END_IF
END_IF
```

Figura 20. Ascensor en el segundo piso y la lógica de funcionamiento si va al tercero o primero

```
(* Verificación de la posición del ascensor dentro del piso 3*)
IF pos>141310 THEN
    PisoActual:=3; (*Cambia indicador de piso actual a 3*)
    sentido:=FALSE; (*Cambia indicador de sentido a bajada*)

    (* Acciones ejecutadas al presionar el Boton interior piso 2 ó solicitud externa del piso 2*)
    IF (segundo OR segundoex OR %MW55>0 OR %MW56>0) AND NOT sobrepeso THEN
        stop2:=TRUE; (*Activa variable para condición de parada en el piso 2*)
        DriveRunReverse(); (*Inicia movimiento del motor hacia abajo*)
        indicador3:=FALSE; (*Apaga indicador de piso 3*)
    END_IF

    (* Acciones ejecutadas al presionar el Boton interior piso 1 ó solicitud externa del piso 1*)
    IF (primero OR primeroex OR %MW59>0 OR %MW60>0) AND NOT sobrepeso THEN
        stop1:=TRUE; (*Activa variable para condición de parada en el piso 1*)
        DriveRunReverse(); (*Inicia movimiento del motor hacia abajo*)
        indicador3:=FALSE; (*Apaga indicador de piso 3*)
    END_IF
END_IF
```

Figura 21. Ascensor en el tercer piso y la lógica de funcionamiento si va al segundo o primero

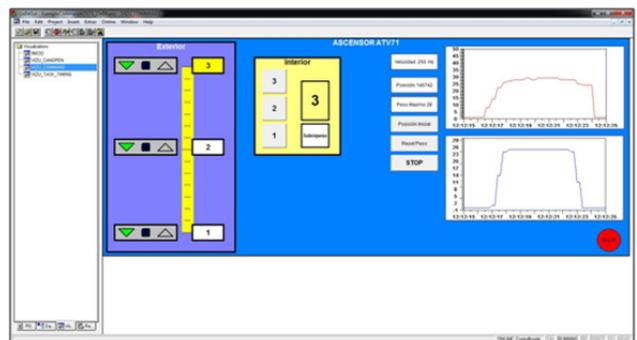


Figura 22. HMI Ascensor controlado desde el interior del piso 2 al piso 3, indicador de subida bajando debido a que esta llegando al piso 3 y no hay mas pisos, más graficas de velocidad y torque.

A continuación la verificación programada cuando el ascensor se encontraba tanto en el tercer piso como en el segundo piso (bajando), y lo que debía hacer según el usuario y el estado del ascensor.

```
(* Verificación de la posición del ascensor dentro del piso 3 y sentido en bajada*)
IF pos>67977 AND pos<146666 AND sentido=FALSE THEN

  (*Condición para detener el movimiento en el piso 2 y sentido en bajada*)
  IF pos<=78689 AND stop2=TRUE AND sentido=FALSE THEN
    DriveStopRamp(); (*Orden de parada de movimiento de por rampa*)
    indicador2:=TRUE; (*Activa variable indicador de piso 2*)
    PisoActual:=2; (*Cambia indicador de piso actual a 2*)
    stop2:=FALSE; (*Apaga variable para condición de parada en el piso 2*)
  END_IF

  (*Condición para detener el movimiento en el piso 1 y sentido en bajada*)
  IF pos<=5356 AND stop1=TRUE AND sentido=FALSE THEN
    stop1:=FALSE; (*Apaga variable para condición de parada en el piso 1*)
    DriveStopRamp(); (*Orden de parada de movimiento de por rampa*)
    indicador1:=TRUE; (*Activa variable indicador de piso 1*)
    PisoActual:=1; (*Cambia indicador de piso actual a 1*)
    sentido:=TRUE; (*Cambia indicador de sentido a subida*)
  END_IF
END_IF
```

Figura 23. Ascensor en el tercer piso y la lógica de funcionamiento si va al segundo o primero

```
(* Verificación de la posición del ascensor dentro del piso 2 y sentido en bajada*)
IF pos>=0 AND pos<73333 AND sentido=FALSE THEN

  (*Condición para detener el movimiento en el piso 1 y sentido en bajada*)
  IF pos<=5356 AND stop1=TRUE AND sentido=FALSE THEN
    stop1:=FALSE; (*Apaga variable para condición de parada en el piso 1*)
    DriveStopRamp(); (*Orden de parada de movimiento de por rampa*)
    indicador1:=TRUE; (*Activa variable indicador de piso 1*)
    PisoActual:=1; (*Cambia indicador de piso actual a 1*)
    sentido:=TRUE; (*Cambia indicador de sentido a subida*)
  END_IF
END_IF
```

Figura 24. Ascensor en el segundo piso y la lógica de funcionamiento si va al primero

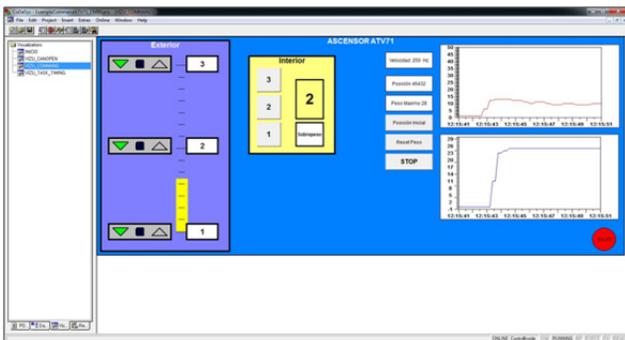


Figura 25. HMI Ascensor controlado desde el interior del piso 3 al piso 1, indicador de subida bajando, más graficas de velocidad y torque.

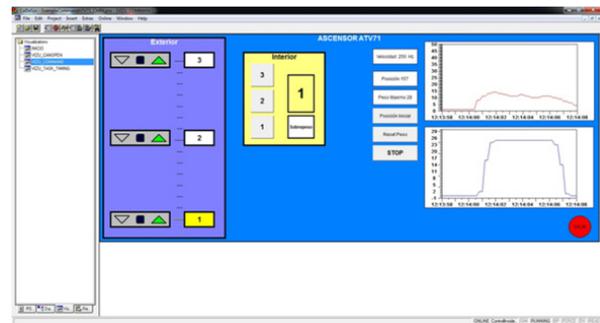


Figura 26. HMI Ascensor controlado desde el exterior del piso 2 al piso 1, indicador de subida [subiendo] ya que no hay más pisos para donde bajar, más graficas de velocidad y torque.

Por último se procedió a programar la lógica de los botones e indicadores externos del ascensor lo cual funcionaba para identificar en el programa cuando se pedía el ascensor desde el interior y cuando no y así se lograr un funcionamiento adecuado, evidencia de ello se puede ver en la figura 26.

```
(* CAMBIO DE ESTADO INDICADOR EXTERNO*)

(* Acciones ejecutadas al presionar el boton de solicitud externa del piso 1*)
IF (primeros OR %MV60=0) AND sobrepeso=FALSE THEN
  externo1:=TRUE; (*Activa variable indicador externo de piso 1*)
END_IF
IF PisoActual=1 THEN (* Acciones ejecutadas al llegar al piso 1*)
  externo1:=FALSE; (*Apaga variable indicador externo de piso 1*)
END_IF
%MV64:=BOOL_TO_WORD(externo1); (*Asignación de la variable de indicador de solicitud de piso externo al mapa de memoria*)

(* Acciones ejecutadas al presionar el boton de solicitud externa del piso 2*)
IF (segundos OR %MV50=0) AND sobrepeso=FALSE THEN
  externo2:=TRUE; (*Activa variable indicador externo de piso 2*)
END_IF
IF PisoActual=2 THEN (* Acciones ejecutadas al llegar al piso 2*)
  externo2:=FALSE; (*Apaga variable indicador externo de piso 2*)
END_IF
%MV65:=BOOL_TO_WORD(externo2); (*Asignación de la variable de indicador de solicitud de piso externo al mapa de memoria*)

(* Acciones ejecutadas al presionar el boton de solicitud externa del piso 3*)
IF (terceros OR %MV50=0) AND sobrepeso=FALSE THEN
  externo3:=TRUE; (*Activa variable indicador externo de piso 3*)
END_IF
IF PisoActual=3 THEN (* Acciones ejecutadas al llegar al piso 3*)
  externo3:=FALSE; (*Apaga variable indicador externo de piso 3*)
END_IF
%MV66:=BOOL_TO_WORD(externo3); (*Asignación de la variable de indicador de solicitud de piso externo al mapa de memoria*)
```

Figura 27. Lógica de programación de los botones e indicadores del control externo del ascensor

d) Mapa de memoria

Con el fin de poder controlar el ascensor desde una interfaz externa por medio del protocolo de comunicaciones MODBUS, dentro del programa se asigna a cada una de las variables de control e indicadores una posición de memoria correspondiente a los parámetros del controller inside.

Con la ayuda del software SoMove podemos observar los parámetros del mapa de memoria los cuales tienen asignada una etiqueta nombrada igual a las variables utilizadas en el programa, en la siguiente figura se puede observar la lista de parámetros en SoMove.

Código	Etiqueta	Valor actual	Dirección lógica
MW051	resespeso	0	51
MW052	ButtonStopPushed	0	52
MW053	reset	0	53
MW054	pos	0	54
MW055	segundo	0	55
MW056	segundosex	0	56
MW057	tercero	0	57
MW058	tercerosex	0	58
MW059	primero	0	59
MW060	primerosex	0	60
MW061	indicador1	0	61
MW062	indicador2	0	62
MW063	indicador3	0	63
MW064	externo1	0	64
MW065	externo2	0	65
MW066	externo3	0	66
MW067	sobrepeso	0	67
MW068	sentido	0	68
MW069	PisoActual	0	69
MW070	torqueletal	0	70
MW071	ActTorque	0	71
MW072	ActVel	0	72

Figura 28. Lista de parámetros (Mapa de Memoria) del controller inside en SoMove

e) Video de la aplicación funcional

La aplicación funcionando se puede observar en el siguiente enlace al video publico en YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=vO45IsLFjn4feature=youtu.be>

V. CONCLUSIONES

Se cumple con el objetivo general del proyecto ya que mediante técnicas aplicadas del control de movimiento se brinda una solución eficaz enfocada a movimientos verticales de tipo ascensor.

Codesys es un software de desarrollo con grandes capacidades ya que además de permitir la programación interna del controller inside también permitió desarrollar una interfaz gráfica la cual es amigable para cualquier persona, y para este caso simula el interior y exterior de un ascensor real, adicionalmente se pueden visualizar gráficas de comportamiento de la velocidad y torque del motor en cada movimiento.

Fue necesario implementar un botón de reinicio de sobrepeso ya que al no tener un sensor de peso real y de medición continua el sistema no puede detectar en tiempo real cuando se ha ganado o a perdido peso hasta que pase un tiempo y se supere el torque máximo establecido.

Para la medición de la posición del motor es indispensable contar con un encoder y un acople

adecuado, así como las tarjetas de lectura para el variador de velocidad y el controller inside.

Los cálculos realizados para el diseño y funcionamiento adecuado del ascensor fueron tomados experimentalmente realizando movimientos aleatorios y obteniendo promedios para mejorar la precisión en el posicionamiento de cada uno de los pisos.

Con la ayuda del variador de velocidad se pueden desarrollar diferentes aplicaciones donde se requiera tener velocidades altas con movimientos suaves sin necesidad de forzar el motor y producir averías en este.

En la gráfica de comportamiento de la señal de velocidad del motor, se puede observar claramente un perfil de velocidad tipo trapezoidal donde las rampas de aceleración y desaceleración coinciden con lo establecido dentro de los parámetros configurados en el variador.

A cada una de los botones e indicadores que aparecen en la interfaz gráfica se le asigna una posición en el mapa de memoria del controller inside, permitiendo que se pueda tener el control de movimiento por medio de una interfaz externa con comunicación vía MODBUS al modificar los valores de cada uno de los parámetros establecidos para el ascensor.

La versatilidad de tener un mapa de memoria organizado en el controller inside es que permite comunicar otro tipo de interfaces de usuario ya sea en lenguajes de programación de alto nivel o de consola, todo según la aplicación para la cual se desea diseñar dicha interfaz (HMI).

VI. REFERENCIAS

- [1] Interfaz de usuario. Wikipedia. Recuperado el 05.12.2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz_de_usuario
- [2] Schneider Electric. Altivar ATV 71. Recuperado el 05.12.2015 de <http://www.schneider-electric.com/products/co/ls/2900-motion-drives/2950-variadores-de-velocidad-multi-aplicacion/1155-altivar-71/>
- [3] Codesys. Wikipedia. Recuperado el 05.12.2015 de <https://es.wikipedia.org/wiki/CoDeSys>

- [4] Rockwell Automation. Encoders. Recuperado el 05.12.2015 de <http://ab.rockwellautomation.com/es/Motion-Control/Encoders>
- [5] Schneider Electric. soMove. Recuperado el 05.12.2015 de <http://www.schneider-electric.com/products/es/es/5100-software/5105-software-de-configuracion/2714-somove/>
- [6] National Instruments. Fundamentos de control de movimiento. Recuperado el 05.12.2015 de <http://www.ni.com>

EL APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL Y SU INFLUENCIA EN LA INNOVACIÓN DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN

Organizational learning and its influence on innovation in the organization

MARIBEL GÓMEZ RODRÍGUEZ

Recibido: 24 de marzo de 2015. Aceptado: 27 de mayo de 2015

RESUMEN

El propósito de esta investigación es conocer la relación que existe entre el aprendizaje organizacional y la innovación, y cómo la adopción de ciertas condiciones como la cultura de aprendizaje, la formación, la claridad estratégica y el soporte gerencial, promueven el aprendizaje organizacional facultando así a los individuos de la organización para generar innovación. Los hallazgos de este trabajo orientan a profesionales sobre dónde enfocar los esfuerzos para promover la adquisición y la generación de conocimiento organizacional que promueva la innovación y aporta al trabajo investigativo ampliando la evidencia empírica sobre este campo de relevancia en la organización.

Palabras clave: aprendizaje organizacional, innovación.

ABSTRACT

The purpose of this research is to understand the relationship between organizational learning and innovation, and the adoption of certain conditions such as the culture of learning, training, strategic clarity and organizational support, promote organizational learning and empowering individuals in the organization to generate innovation. The findings of this study aimed at professionals about where to focus their efforts to promote the acquisition and generation of organizational knowledge that promotes innovation and research work contributes to expanding the empirical evidence on this field of organizational relevance.

Key words: organizational learning, innovation.

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto globalizado en el que se desenvuelven las organizaciones hoy en día, es necesario ser competitivo y para poder serlo se requiere de la capacidad de innovar, es decir, movilizar los recursos del conocimiento para poder hacer frente a los cambios constantes que se presenten [1], pero para que esto suceda se debe tener conciencia de los conocimientos previos y ser capaz de modificar o adquirir nuevos

conocimientos lo que se denomina aprendizaje organizacional [2].

De acuerdo a Pineda [3] la ciencia, la tecnología y la investigación es una condición que debe darse para que exista la competitividad y debe considerarse desde un contexto sistémico como generador de valor, ya que trae beneficios sociales, y no solamente económicos y financieros, para promover la innovación se deben tener en cuenta tres objetivos principales desde la política

* Ingeniera Industrial, estudiante de maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Docente de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Republicana. Correo electrónico: Margori_19@hotmail.com

pública, promover un entorno favorable que conduzca a la innovación y que permita la asimilación de la tecnología por parte de la sociedad, estimular la creación de un espacio abierto para la difusión de la tecnología y del conocimiento y suministrar la tecnología apropiada para la sociedad del conocimiento. Por otro lado las organizaciones deben ser conscientes de la necesidad de, reforzar la capacidad del país de:

- Integrar las actividades de I+D e innovación en su desarrollo económico.
- Mejorar los procesos de aprendizaje, para que las empresas puedan volverse más innovadoras.
- Ayudar a las empresas e instituciones para responder a los problemas de adaptación a las nuevas formas de organización del trabajo.
- Asegurar una mejor coordinación de las políticas sectoriales nacionales, para ayudar al desarrollo de las regiones.

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación se centrará en profundizar en el aprendizaje organizacional, para así vislumbrar cómo mejorar los procesos de aprendizaje que permiten que las empresas puedan volverse más innovadoras como lo señala Pineda [3], y cuya importancia destacan Garzón y Fischer [4] al afirmar que el profundizar en el aprendizaje organizacional tiene sentido por los siguientes motivos:

- La tendencia actual que más fuerza está cambiando a las organizaciones es la creación y valoración del conocimiento.
- El conocimiento, encarnado en las personas, es decisivo para el desarrollo económico y la productividad.
- El incremento de las capacidades de los empleados, la promoción y fomento del aprendizaje organizacional son armas estratégicas al servicio de las organizaciones.
- El capital humano ha adquirido protagonismo como fuente de diferenciación de una organización frente a otra, pues el conocimiento de las personas hace la diferencia.

II. MARCO TEÓRICO

A. Aprendizaje organizacional y su estrecha relación con la gestión del conocimiento

El aprendizaje organizacional según Castañeda y Fernández (citado en Castañeda) [5] es un proceso basado en el aprendizaje individual, a través del cual una entidad, ya sea pública o privada, grande o pequeña, adquiere o crea conocimiento, con el propósito de adaptarse a las condiciones cambiantes de su entorno o transformarlo, según sea su nivel de desarrollo (Castañeda y Fernández, también definida por Garzón y Fischer [4], como la capacidad de las organizaciones de crear, organizar y procesar información desde sus fuentes, para generar nuevo conocimiento individual, de equipo, organizacional e inter-organizacional, generando una cultura que lo facilite y permitiendo las condiciones para desarrollar nuevas capacidades, diseñar nuevos productos y servicios, incrementar la oferta existente y mejorar procesos orientados a la perdurabilidad, Con base en los aportes de: Choo en 1999, Gore en 1998, Argyris en 1999, Muñoz-Seca et al. en 2003, Nonaka et al. en 1999, Rugles en 1999, Fuir en 2002, Kleiner en 2003, Norman et al. en 2002, Pelufo et al. en 2004, Wagner en 2002, Méndez en 2004 y Garzón en 2007.

De acuerdo con Easterby-Smith y Lyles [6] el aprendizaje organizacional es la creación o apropiación del conocimiento, mientras que lo que caracteriza la gestión del conocimiento es como se administra el conocimiento de la organización existente, soportado en la definición de gestión del conocimiento que la caracteriza como «la gestión de actividades y de procesos para aumentar el Conocimiento, para aumentar la competitividad a través de un mejor uso y la creación basados en conocimientos individuales y colectivos» expuesta por el comité europeo para la estandarización- CEN [7], lo que permite corroborar lo dicho por Alavi y Denford en el 2011, (citado por Castañeda [5]) quienes afirman que el aprendizaje organizacional es uno de los procesos de la gestión del conocimiento.

Según apunta Garzón y Fischer [4] la importancia del conocimiento es relevante dado que este otorga la capacidad para crear lazos más estrechos con los clientes, la capacidad para analizar infor-

maciones corporativas y atribuirles nuevos usos, la capacidad para crear procesos que habiliten a los trabajadores de cualquier lugar a acceder y utilizar información para conquistar nuevos mercados y, finalmente, la capacidad para desarrollar y distribuir productos y servicios para estos nuevos mercados de forma más rápida y eficiente que los competidores.

B. Niveles del aprendizaje organizacional

Es importante señalar que el aprendizaje organizacional se puede dar de forma individual, de equipo, organizacional e interorganizacional según Crossan, Lane y White en 1999; Milia y Birdi, 2010 citados por Castañeda [5] y Argyris en 1982; Alcover en 2000; Hinsz, Tindale, y Vollrath en 1997; Levitt y March en 1988; citados por Alcover y Gil [8], y que tiene lugar a través de diferentes procesos, intercambio de información, procesos interpretativos individuales y de comunicación interpersonal y codificación de rutinas en las organizaciones según Huber en 1991, Argyris y Schön en 1978, Daft y Weick en 1984, Weick en 1969, 1991, 2002; Cyert y March en 1963, Levitt y March en 1988, citados por Alcover y Gil [8].

Moguel [9] rescata la afirmación de diferentes investigadores que señalan a las personas como los agentes de aprendizaje y son quienes adquieren los conocimientos, habilidades y actitudes para modificar su conducta. Posición similar a la argumentada por Simón en 1969, citado por Alcover y Gil [8], quien señala que el aprendizaje es un proceso que tiene lugar de forma exclusiva en el individuo, considerando así que el aprendizaje organizacional se da a través de sus miembros o la integración de conocimientos resultantes de la incorporación de nuevos miembros, llevando a Encinas [10] a expresar que no se reconoce la organización como ente que pueda aprender.

Por otro lado, Martínez afirma que el aprendizaje es un fenómeno colectivo [2], el aprendizaje de los individuos y el que se experimenta en el ámbito colectivo en el nicho de las empresas son fenómenos diferentes pero indisolublemente unidos. De hecho, son los individuos quienes aprenden pero el aprendizaje organizativo no puede definirse simplemente como la suma de los apren-

dizajes individuales. La organización debe propiciar mecanismos que activen la dimensión colectiva del conocimiento, que influyan en la manera en que se diseñan los puestos y los procesos de trabajo, generando una red de relaciones adecuada para la generación y difusión del conocimiento por toda la organización.

A esto se suma el proceso cíclico de aprendizaje organizacional March y Olsen en 1975 citados por Alcover y Gil [8], que propone partir de las creencias y acciones individuales, continuando por las respuestas organizacionales y ambientales, repercutiendo así en las creencias de los sujetos a la hora de analizar el aprendizaje individual, Kim, citado por Martínez [2], distingue entre lo que se aprende - know how - y la comprensión y uso que se hace de este conocimiento - know what -. Estos dos niveles quedan definidos en los términos aprendizaje operacional y conceptual que se definen a continuación [2].

- El aprendizaje operacional es aquél que se adquiere a nivel de proceso, a través del cual el individuo aprende los pasos requeridos para llevar a cabo ciertas tareas. Este tipo de conocimiento está basado en rutinas. Esto es, las rutinas y el aprendizaje operacional se influyen mutuamente.
- El aprendizaje conceptual incluye el pensamiento sobre las causas subyacentes de las acciones exigidas cuyas condiciones, procedimientos y conceptos son debatidos y se crean nuevos marcos de referencias. Por tanto, el modelo de aprendizaje individual está compuesto por un ciclo de aprendizaje conceptual y organizacional el cual es alimentado por los modelos mentales propios de la persona.

C. Alcances del aprendizaje organizacional

Maier, Prangey & Rosentiel señalan las implicaciones que tienen las teorías y conceptos del aprendizaje individual para el aprendizaje organizacional [11], apuntando que el aprendizaje no siempre es intencional, los individuos aprenden de los modelos, el conocimiento previo siempre es importante y a veces resulta arriesgado, el aprendizaje es resultado de realizar inferencias causales, y el aprendizaje es una conducta motiva-

da. No obstante, se establecen notables diferencias entre aprendizaje individual y organizacional, ya que los procesos de aprendizaje pueden ser diferentes en los distintos niveles. Por otro lado, el aprendizaje organizacional depende de la capacidad de los individuos para desaprender los conocimientos previos que permitan aprender los nuevos. [11] [4].

Es así como el reto para el aprendizaje organizacional expresado por Revilla, es conseguir una transferencia efectiva del conocimiento individual hasta su seno. Los nuevos conocimientos deben comunicarse a todos los miembros de la organización y deben ser compartidos e integrados en las rutinas organizativas.

Martínez sugiere a esta problemática originada como consecuencia de los procesos de generación, acumulación e integración del conocimiento en las empresas, unas políticas y directrices para la gestión del conocimiento que sintetiza en[2]:

- Actividades destinadas a la formación de los individuos para la adquisición de nuevos conocimientos.
- Creación de grupos y su capacitación en habilidades grupales.
- Implantación de mecanismos que abarquen la totalidad de la información (interna y externa) y lleguen a todos los miembros de la organización de una forma rápida y precisa.
- Compromiso expreso de la dirección en la institucionalización del conocimiento en rutinas organizativas.
- La socialización en una cultura y valores comunes que fomente el generar y compartir conocimientos, es decir, que proporcione a sus miembros las actitudes necesarias para querer y poder aprender.

D. Aprendizaje organizacional e innovación.

Como se manifestó previamente el aprendizaje organizacional es un proceso dentro de la gestión del conocimiento, y esta se materializa en condiciones tanto internas como externas se-

gún Acosta en 2003 quien recoge los conceptos de Coopey en 1995; DeLong en 1997; De Long & Fahey en 2000; Peña en 2002; Acosta en 2010 (citados por Acosta [12], para explicar las condiciones internas son aquellas que favorecen los comportamientos que mejoran la consecución de los objetivos de la empresa, cuya administración gestiona que el conocimiento y los procesos relacionados se conviertan en una fuente de capacidad de innovación para la organización como lo son: el propósito estratégico, la estructura flexible, las tecnologías de la información y la comunicación y el ambiente interno. Por otro lado Porte en 1980; Furman et ál. en 2002; Johnson et ál. en 2006; Teece en 2009, [12] las condiciones externas asociadas al entorno competitivo, responden al dinamismo, complejidad y rivalidad de la empresa y su entorno ejerciendo un efecto regulador sobre la capacidad de innovación y los resultados empresariales.

La capacidad de innovación es definida por Kogut y Zander como la capacidad para movilizar los conocimientos de sus empleados y combinarlos para crear nuevos conocimientos que se reflejen en productos o procesos de innovación [1]. Mientras que Un la relaciona con la capacidad dinámica que establece la interacción entre el conocimiento interno de la empresa y las exigencias del mercado externo [13] [14] la encadena con el conocimiento de la organización y otras competencias que son necesarias para mejorar los productos y procesos actuales y el desarrollo de nuevos productos. De manera general la define Lall como las habilidades y conocimientos necesarios con eficacia para absorber, dominar y mejorar las tecnologías existentes, productos y crear uno nuevo [15].

Integrando lo anterior al énfasis de esta revisión donde se busca reunir las condiciones que facilitan el aprendizaje organizacional, para así influir en la innovación presente en la empresa, se deduce que el aprendizaje organizacional como herramienta para afrontar de manera ágil los cambios del entorno y como un proceso de la gestión del conocimiento, permite generar soluciones innovadoras para el entorno continuamente cambiante de las organizaciones, engranando así un aporte que contribuya en la visión de Pineda de las organizaciones para su incursión en la sociedad de la economía del conocimiento [3].

E. Condiciones que promueven el aprendizaje organizacional

De acuerdo a la investigación realizada por Castañeda [5] y Conde et al [16] coinciden en que condiciones para el aprendizaje organizacional más relevantes son el rol de la cultura del aprendizaje, la formación, la claridad estratégica y el soporte organizacional como condiciones que favorecen el aprendizaje en las organizaciones:

• *Cultura del aprendizaje organizacional*

La cultura organizacional ha sido ampliamente discutida en la literatura como lo muestra Cújar, A. Ramos, C, Hernández, H. y López, J, quienes a partir de su investigación concluyen que existe un consenso entre los investigadores Martin y Siehl en 1983; Schein en 1983; Wilkins, en 1983; Barney en 1986; Hofstede, et al. en 1990; O'Reilly et al. en 1991; Denison en 1996; y Martin 2002 para describir la cultura organizacional como, el conjunto de los significados compartidos, creencias y entendimientos pertenecientes a una colectividad [17]. Esto aunado al aporte de McDermott y O'Dell quienes la caracterizan como la conexión entre compartir conocimiento y la solución de problemas prácticos de una entidad [18].

Entrelazando la cultura de aprendizaje con la cultura para el aprendizaje organizacional se interpreta como la conciencia colectiva que se expresa en el sistema de significados compartidos por los miembros de la organización que los identifica y diferencia de otros [4].

La cultura para el aprendizaje organizacional, se caracteriza en que cada organización desarrolla suposiciones, conocimientos y reglas que permitan compartir el conocimiento, como oportunidad de desarrollo, creando sentido de pertenencia, facilitando la aclimatación de los empleados, permitiendo e incentivando la difusión del conocimiento tácito, explícito y virtual [4].

La cultura es el diálogo, el eje articulador, el cual requiere de una ideología que capte auténticamente lo que creen los integrantes de la organización. Requiere de una gran capacidad de adaptación; las prácticas cotidianas deben confirmar la ideología e impulsar la comunicación y transmisión de conocimientos a través de símbolos,

estimulando actitudes innovadoras, generando competencias individuales y colectivas orientadas al aprendizaje [4].

De los anteriores conceptos y dado el enfoque de esta revisión se puede argumentar que la cultura organizacional facilita que los individuos exterioricen y compartan el conocimiento, promoviendo así el aprendizaje organizacional, tal como lo menciona Soria en 2008 citada por Cújar que sostiene que la cultura organizacional es un elemento importante para impulsar la competitividad y productividad de la empresa [17], ya que reconoce las capacidades intelectuales, el trabajo y el intercambio de ideas entre los grupos, facilitando así, la realización de las actividades de la empresa, creándose un clima de compañerismo, y al mismo tiempo, de entrega en el trabajo favorable a su nivel de producción.

• *Formación*

La formación se relaciona con la adquisición y renovación del conocimiento, ya que, si la organización no tiene el conocimiento específico que necesita para desarrollar sus funciones deberá, o bien conseguirlo a partir de investigación y desarrollo, o recurrir a él externamente para traerlo a la organización, lo cual, a su vez, llevará a la modificación de aspectos estructurales y de conducta [16].

Castañeda refiere los aportes de Baharimyvan Gramberg en 2005 [5]; Pineda, Yahya y Goh, quienes declaran que la formación es un proceso que facilita que los trabajadores aprendan, y en tanto sus aprendizajes estén alineados con el conocimiento clave para lograr objetivos organizacionales, entonces la organización aprende [3].

• *Claridad estratégica*

La claridad estratégica descrita por ejecutar Lado y Wilson en 1994, citado por Conde et al, hace referencia a la capacidad directiva para formular una estrategia competitiva, articularla con la estructura y la cultura de la organización, comunicarla a todos los miembros de la empresa y crear las condiciones para que se pueda ejecutar [16].

Castañeda recoge los aportes realizados por Snyman y Kruger en 2004; Zack en 2005) y sintetiza la claridad estratégica como, el conocimiento de los trabajadores sobre la misión, visión, objeti-

vos y estrategia organizacional, lo que implica que si los individuos saben qué conocimiento contribuye al logro de los objetivos institucionales, éstos pueden contribuir en la generación de nuevo conocimiento, desencadenando así el aprendizaje organizacional [5] [19] [20].

• *Soporte organizacional*

Es la disponibilidad de recursos físicos y tecnológicos para compartir conocimiento, por ejemplo, computadores, tecnologías de información y comunicación, software e infraestructura, se deduce que el soporte organizacional influye directamente sobre la facilidad de aprender de la organización dado que es un facilitador para la transmisión y difusión de los conocimientos adquiridos [5].

III. CONCLUSIONES

Las empresas pueden mejorar su capacidad de generar soluciones innovadoras a los retos actuales si facilitan las condiciones que promueven el aprendizaje dentro de la organización, donde la cultura aporta un entorno amigable a la generación de sugerencias, la formación faculta al individuo y a la colectividad a proponer soluciones a problemas reales con sustento en el aprendizaje conceptual y operacional, la claridad estratégica focaliza al individuo en los objetivos que se quieren lograr marcando un punto de llegada y el soporte organizacional otorga los medios requeridos por las personas para documentar, difundir, debatir sus aportes, en otras palabras, gestionar el conocimiento.

El aprendizaje organizacional es una herramienta para afrontar de manera ágil los cambios del entorno y como un proceso de la gestión del conocimiento, permite que los integrantes de la organización ya sea individual o colectivamente, generen soluciones innovadoras para el entorno continuamente cambiante de la actualidad.

Se aprecia que la capacidad de innovar de una organización depende de la capacidad de la misma para aprender en un entorno cambiante, para así actualizarse y evolucionar con el medio permitiendo ofrecer soluciones y productos innovadores en su entorno.

REFERENCIAS

- [1] B. Kogut and U. Zander, *Knowledge of the firm, combinative capabilities, and their application of technology*, vol. 3. Organization Science, 1992.
- [2] N. Martínez, *Gestión del conocimiento: Aprendizaje individual versus aprendizaje organizativo*, vol. 13. Intangible capital, 2006.
- [3] L. Pineda, *Colombia frente a la economía de conocimiento, ¿un callejón sin salida?.*, Estudios gerenciales., vol. 29. 2013.
- [4] M. Garzón and A. Fischer, *El aprendizaje organizacional en República Dominicana y Colombia*. Pensamiento y gestión, 2009.
- [5] D. Castañeda, *Condiciones para el aprendizaje organizacional*, vol. 6. Estudios gerenciales, 2015.
- [6] M. Easterby-Smith and M. Lyles, *The evolving field of organizational learning and knowledge management*. Chichester: Wiley: M. Easterby-Smith y M. Lyles (Eds.), 2011.
- [7] CEN WORKSHOP AGREEMENT (CWA 14924-1). «European guide to good practice in knowledge Management- Part 1: Knowledge Management e Framework.» 2004.
- [8] C. Alcover and F. Gil, «Crear conocimiento colectivamente: aprendizaje organizacional y grupal,» *Revista de psicología del trabajo y de las organizaciones*, vol. 18, no. 2-3, pp. 259-301, 2002.
- [9] M. Moguel, «Aprendizaje Organizacional: Naturaleza, Evolución y Perspectivas. Estudio de Caso en Cuatro Organizaciones en México,» tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 2003.
- [10] F. Encinas, *Orientación de las organizaciones públicas al aprendizaje organizacional. El caso de los organismos descentralizados en el Estado de Sonora, México*. Estudios gerenciales, 2014.
- [11] G. Maier, Ch. Prange, and L. Rosentiel, *Psychological perspectives of organizational learning*, Oxford: Oxford University Press. M. Dierkes, A. Berthoin Antal, J. Child e I. Nonaka (Eds.), 2001.
- [12] J. Acosta and A. Fischer, «Condiciones de la gestión del conocimiento, capacidad de innovación y resultados empresariales. Un modelo explicativo,» *Revista científica pensamiento y gestión*, vol. 35, pp. 25-63, 2013.
- [13] C.A. Un, «Innovative capability development in US and Japanese firms,» *Academy of Management Best Papers Proceedings*, 2002.
- [14] H. Romijn and M. Albaladejo, *Determinants of innovation capability in small electronics and software*

- firms in southeast England.*, vol. 7. Research Policy, 2002.
- [15] S. Lall, *Technological capabilities and industrialization.*, vol. 20. World Development, 1992.
- [16] Y. Conde, Z. Correa, and C. Delgado, «Condiciones facilitadoras para el desarrollo del aprendizaje organizacional en los grupos de investigación de una universidad pública.» *Revista ciencias estratégicas*, vol. 22, no. 31, pp. 121-137, 2014.
- [17] A. Cújar, C. Ramos, H. Hernández, and J. López, *Cultura organizacional: evolución en la medición*. Estudios gerenciales, 2013.
- [18] R. McDermott and C. O'Dell, «Overcoming cultural barriers to knowledge sharing,» *Journal of Knowledge Management*, vol. 5, no. 1, pp. 76-85, 2001.
- [19] M. Zack, «The strategic advantage of knowledge and learning. International,» *Journal of Learning and Intellectual Capital*, vol. 2, no. 1, pp. 1-20, 2005.
- [20] R. Snyman and C. Kruger, «The interdependency between strategic management and strategic knowledge management,» *Journal of Knowledge Management*, vol. 8, no. 1, pp. 5-19, 2004.

HISTORIA CLÍNICA ELECTRÓNICA PARA APOYO DE TRATAMIENTO DE NIÑOS SORDOS EN ENTORNOS NO-HOSPITALARIOS*

An electronic health record to support deaf children treatment at non-hospital environments

ORLANDO LÓPEZ-CRUZ**, DIANA LORENA RODRÍGUEZ ÁVILA***

Recibido: 06 de mayo de 2015. Aceptado: 12 de junio de 2015

RESUMEN

El diseño e implementación de historias clínicas electrónicas (HCE) aún es un tema a tratar en informática biomédica. Varios estándares técnicos compiten por ser aceptados y usados. Sin embargo, debido a que la salud tiene que ver con las personas y no con perfiles de información, ninguno de tales estándares ha suministrado medios para lograr un diseño robusto que permita implementar características de interoperabilidad que sustenten entornos no hospitalarios. Los entornos mixtos, como los entornos inclusivos de educación de niños con discapacidad auditiva, deben ser tomados en cuenta. Esta investigación tecnológica buscó ampliar el componente nuclear de un sistema de HCE, su capa de persistencia, para incluir elementos informacionales con datos relacionados con las personas para mejorar el cuidado que se brinda a pacientes-estudiantes. Los datos relacionados con funcionalidad informacional se recolectó mediante entrevistas no estructuradas, se aplicó la técnica Supplier-Inputs-Process-Outputs-Customers (SIPOC) para completar el escenario donde una HCE se vuelve funcional y se siguió un método de análisis y diseño de base de datos relacional para completar el proceso. El diseño e implementación de base de datos se presenta de forma sucinta. La gestión del proyecto se realizó usando scrum en cinco sprints. Luego, se discuten los resultados sobre la organización intervenida con esta tecnología.

Palabras clave: informática biomédica, diseño e implementación de bases de datos, historia clínica electrónica, interoperabilidad.

ABSTRACT

The design and implementation of interoperable electronic health records (EHR) is still an issue in biomedical informatics. Several technical standards compete to be widely accepted and used. However, because health is related to people, not to information profiles, none of those standards has provided robust design to implement interoperable features to support outside (clinical) environments. Mixed environments, as ear-impaired children inclusive educational environments, should be considered also. This technological research intended to extend the core element of an EHR system, its persistent layer, to include informational elements regarding people-related data to improve patient-student care. Data regarding information-related functionality was gathered by unstructured interviews, the application of Supplier-Inputs-Process-Outputs-Customers (SIPOC) technique set up the stage where the EHR should become functional and a traditional relational database analysis and design method was applied to complete the process. The database design and implementation process is succinctly summarised. Project management was developed by using Scrum in five sprints. Results on the intervened organizational environment are discussed.

Key words: biomedical informatics, database design and implementation, electronic health record, interoperability.

* Resultado del proyecto de investigación "SIPICAL-HCE: Sistema de información de paciente del ICAL". Apoyado parcialmente por la Fundación para el Niño Sordo ICAL y por el grupo de investigación Riesgo en Sistemas Naturales y Antrópicos de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.

** Miembro del grupo de investigación Riesgo en Sistemas Naturales y Antrópicos de la Pontificia Universidad Javeriana. Doctor (c) en Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Magister en Administración, Universidad Nacional de Colombia, Especialista en Sistemas de Control Organizacional, Universidad de los Andes, Economista. Docente Universidad El Bosque. Correo electrónico: orlandolopez@uelbosque.edu.co,

***Software Developer Associate, Accenture Ltd. Bogotá D.C., Ingeniero de Sistemas, Universidad El Bosque. Correo electrónico: diana.a.rodriguez@accenture.com

I. INTRODUCCIÓN

LA IMPLEMENTACIÓN de una historia clínica electrónica (HCE) exige una comprensión sistémica de la práctica médica y así determinar si hay propósitos clínicos, administrativos o integrados de la HCE en el sistema de información [1, 2]. La literatura muestra una evolución conceptual para atender la demanda de datos e información en los sistemas nacionales de salud de la sociedad de la información desde finales del siglo XX [3] (HL7 desde 1987), hasta la conformación de estándares del presente siglo [4].

Pese a que las ciencias médicas experimentaron retos permanentes de adopción de tecnologías como los rayos-X, los antibióticos y la ingeniería genética, las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) se han percibido de manera diferente, dificultando su adopción [5]. Este hecho afecta en forma directa al concepto de HCE, que no deriva claramente de 'registro electrónico de salud' (electronic health record-EHR) [6, 7] o de 'registro electrónico médico' (electronic medical record - EMR) [3] que son distintos, e incluso registro personal de salud (*personal health record*).

Lejos de ser una vanalidad terminológica, las diferencias encierran concepciones distintas de los sistemas nacionales de salud (SNS), los sistemas de información hospitalarios y los sistemas de información de salud. Cuando las personas concurren a un servicio de salud, los datos fundamentales corresponden a la persona, incluso cuando esta información pareciera obedecer sólo a los procesos organizacionales de facturación por los servicios prestados a la persona.

El problema se hace evidente cuando se trata de personas con discapacidad auditiva que, especialmente en su niñez y adolescencia, requieren que su formación involucre procesos médicos asistenciales, psicológicos, de trabajo social y, por supuesto de educación. El entorno primario de atención médica y psicológica para estas personas es el mismo entorno de educación, por lo menos en atención primaria, que esencialmente es un entorno no-hospitalario y desde allí se realizan evoluciones e inter-consultas.

Como el software de los sistemas de información de salud están orientados a atender los pro-

cesos organizacionales de las instituciones de salud, en las que el individuo es sujeto de la atención de servicios de salud, pero no de educación, por ejemplo, y por otro lado, el software para instituciones de educación se centra en los procesos organizacionales de gestión educativa, los sistemas de información no solo son procedimentalmente incompletos y con características de seguridad insuficientes a las exigidas en el sector salud, sino que el diseño del núcleo de datos no permite el registro de los datos de la persona que es sujeto de una atención integral.

Así, se requieren diseños incluyentes que reflejen el reconocimiento de la complejidad de los procesos asociados a la atención de personas con discapacidad (auditiva) en entornos no-hospitalarios. El diseño de un sistema de información con estas características incluye también el diseño e implementación de un repositorio de datos que sustenta la atención de las especificaciones. El proceso de investigación en ingeniería y la forma como fue diseñado e implementado se presenta en este artículo.

La sección 1 presenta el entorno de la situación que se buscó transformar. La segunda sección describe la metodología utilizada en el proceso de investigación de intervención de ingeniería, así como el software y hardware utilizados. La sección 3 describe de forma sucinta el proceso de diseño de la base de datos y en la sección 4 se presentan y discuten los resultados obtenidos por el uso del producto del producto de la investigación correspondiente en un entorno organizacional. En la sección 5 se presentan las conclusiones correspondientes y se mencionan algunas restricciones conocidas.

II. ENTORNO AMPLIADO DE LA HISTORIA CLÍNICA ELECTRÓNICA (HCE)

A. El Entorno Complejo Concreto

No se trata de instalar software de historia clínica con la imperativa pretensión de que se convierta en la solución para el manejo de la información de personas que requieren ser orientadas y tratadas en un entorno no hospitalario con la suposición de que la intervención de personal de la salud –como médicos, enfermeras, psicólogos, trabajadores so-

ciales- garantiza la satisfacción de registro de datos que produzcan información pertinente en dicho contexto multidisciplinario.

Pero incluso en entornos hospitalarios, es posible que se requiera del manejo de datos adicionales a los estrictamente médicos. Tal es el caso de los centros de salud mental, en donde el tratamiento de patologías relacionadas con la mente humana exigen la intervención multidisciplinaria y, también, involucrar al mismo paciente [8] en los procedimientos post-hospitalarios, asunto este que se asemeja a los procesos de formación de personas en centros educativos, puesto que se requiere del albedrío del intervenido.

Como el desarrollo de la autonomía es uno de los objetivos de formación en centros de enseñanza, de la misma forma que en los centros de salud mental, por eso se requiere de la intervención multidisciplinaria con profesionales de servicios paramédicos y de la educación. La institución en donde se realizó el estudio implementa el modelo inclusivo [9, 10], ampliamente usado en el mundo [11, 12], no sólo para personas sordas sino también en otras discapacidades [13, 14]. En dicha institución, no existe la complejidad del tratamiento de las patologías mentales, pero si la demanda por una atención integral en la práctica, pues los niños y jóvenes estudiantes son al mismo tiempo pacientes. Es decir, usuarios del sistema de salud, regidos por las normas del Sistema Nacional de Salud (llamado SGSSS en Colombia en virtud de la Ley 100 de 1993 [15] y sus decretos reglamentarios) y también personas en formación que desarrollan actividades de acuerdo con las normas del sistema de educación nacional de Colombia, país que se vincula a la sociedad de la información fundada en las TIC [16]. Así, los docentes y los profesionales especializados en otras disciplinas (fonoaudiología y psicología, por ejemplo) intervienen en el proceso del niño que, al mismo tiempo, es proceso pedagógico y proceso terapéutico.

El entorno se hace menos evidente si se considera que la institución es inclusiva [9, 10, 13, 14] en cuanto a que dentro del grupo de estudiantes también están matriculados niños oyentes, pero que también se benefician de un entorno de educación sistémico en la perspectiva del ser humano, como individuo.

Las entrevistas previas con directivos de la institución, evidenciaron que el acceso a la información a los pacientes se realiza en forma manual accediendo a las carpetas de legajado con hojas que registran la información socioeconómica, de salud y de educación de cada niño. Esta situación genera la dificultad para anotar la evolución (que es de carácter obligatorio en el marco de las normas del SGSSS) de cada niño en forma oportuna, además de la dificultad para coordinar las (agendas) actividades de todos los profesionales especializados. Cada profesional que interviene sobre un mismo paciente compite por el uso de la carpeta física, lo que genera una sobrecarga laboral que produce impactos negativos sobre la calidad de atención a los usuarios (los niños que son al mismo tiempo estudiantes y pacientes), además de generar dificultades para obtener informes en forma rápida y confiable.

Si bien la Institución usa microcomputadores para la administración de datos de los usuarios, esto se hace con hojas de cálculo. Existe evidencia de que el uso apropiado de los sistemas de información basados en computadores puede aportar elementos para mejorar este tipo de situaciones [17].

Se sabe que varios sistemas compiten por convertirse en el estándar más apropiado de las HCE: OSI (Open Systems Interconnection) ISO-TC215 que ha producido ISO 18303 «Requirements for an Electronic Health Record Reference Architecture», CORBA (Common Object Request Broker Architecture), GEHR (Good European Health Record), HL7-CDA (High Level 7 - Clinical Document Architecture), OpenEHR y XML/Ontología [18], si bien no existe un acuerdo definitivo al respecto, sí se sabe que el sistema más apropiado debería también incluir la posibilidad de manejo de información de la nomenclatura sistematizada de patologías ICD-10 [19], datos socioeconómicos e información sobre otros procesos, como los educativos, para garantizar la interoperabilidad en un contexto inclusivo de las personas [20].

B. INTEROPERABILIDAD

Interoperabilidad es la capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y usar la información que ha sido

intercambiada [21]. En salud, interoperabilidad es la capacidad de distintos sistemas de tecnología de la información y software aplicativo para comunicarse, intercambiar datos y usar la información que ha sido intercambiada [22].

Se reconocen tres niveles de interoperabilidad: primaria o técnica, funcional o estructural, y de proceso o semántica. La interoperabilidad primaria o técnica es la capacidad para intercambiar confiablemente datos entre un sistema de tecnología de información que envía datos y otro que lo recibe sin errores. No requiere la capacidad del sistema receptor de interpretar los datos.

La interoperabilidad funcional o estructural es un nivel intermedio que define la estructura o formato de intercambio de datos (estándares de formato de mensajes), en los que se verifica un movimiento uniforme de datos de salud de un sistema a otro, de forma que el propósito clínico u operacional y el significado de los datos se preservan. La interoperabilidad funcional o estructural define la sintaxis de intercambio de los datos, con lo que se asegura el intercambio de los datos y que los datos intercambiados entre distintos sistemas de tecnología de información sean interpretados al nivel de campo.

La interoperabilidad de proceso o semántica provee interoperabilidad al más alto nivel, es decir, la capacidad de dos o más sistemas de información de tecnología para intercambiar información y usarla. Este nivel de interoperabilidad saca provecho tanto de la estructuración de datos intercambiados como de la codificación de los datos, incluyendo el vocabulario, de forma que el sistema de información que recibe puede interpretar los datos. Preserva completamente el significado de los datos, garantiza un proceso integral de prestación de servicio de salud y permite mantener los flujos de trabajo asociados a los procesos médicos y hospitalarios.

Así se tienen en cuenta las dimensiones de estructura, sintaxis y comunicación confiable. En la práctica, la interoperabilidad se verifica si los sistemas de información de salud trabajan juntos dentro de los entornos intra- y extra-organizacionales con el fin de prestar servicios de salud en forma efectiva a los individuos y a las comunidades.

III. METODOLOGÍA Y MATERIALES

Se realizaron entrevistas no estructuradas con directivos de la institución, lo cual permitió el trabajo de campo y la implementación final del producto diseñado. La finalidad de tales entrevistas fue obtener los requerimientos de información de más alta prioridad, que implicaran registro de datos que no estuviesen asociados a la salud, como la información socioeconómica y la educativa, asociada a la atención de solicitudes de informes de órganos de control distintos a los del sector salud. Aquellos relacionados con la salud se amoldan a estándares que los predefinen.

Se hizo el levantamiento de los elementos de datos que integran la historia clínica que manejaba la institución y su estructura (forma como está organizada), con la cual se realizan anamnesis, interconsultas y exámenes médicos.

Se solicitó autorización para obtener copias de los formatos (en papel) utilizados para conocer la forma como se distribuyen y relacionan los datos, tomando cuidado de que no se vulnerara la confidencialidad de datos clínicos.

Se elaboraron diagramas de los procesos del modelo de educación de la institución y se solicitó documentación del modelo integrado de inclusión en dicha institución, para identificar los procesos organizacionales clave que involucran a los profesionales especializados y a la historia clínica, así como a los directivos y a la historia clínica.

Se usó la técnica *Supplier-Inputs-Process-Outputs-Customers (SIPOC)* [23, 24]. Se puede usar esta técnica durante la fase de definición de un proyecto de mejora de procesos, ya que ayuda a entender claramente el propósito y el alcance de un proceso. En lo concerniente a este proyecto, SIPOC se usó para evaluar los pasos [25] desde el ingreso del estudiante/paciente hasta su salida, por los cuales se involucraron los profesionales especializados en la institución.

Con el fin de diseñar e implementar el medio electrónico de conservación de los datos que componen la Historia Clínica del paciente, se elabora un diccionario de datos y un modelo de datos, representado en un diagrama entidad-relación, que fue validado con los directivos. En el diseño de la

base de datos se transformó el modelo en un esquema que incluyó el cálculo del conjunto de llaves candidatas para cada entidad y se definió la llave primaria de cada una, con apoyo del software MySQL Workbench.

Como parte del diseño, se efectuó un proceso de normalización, estabilizando el diseño de la base de datos hasta disminuir razonablemente los datos duplicados y que las dependencias funcionales respondieran a las restricciones de diseño.

Se desarrolló código DDL (*Data Definition Language*) para crear el esquema de la base de datos y luego se desarrolló DML (*Data Manipulation Language*) para conformar el cuerpo, es decir, cargar los datos (migrarlos) desde su origen hasta el destino. Como la mayor parte de datos estaban en papel, se obtuvo apoyo para digitar algunos datos (a archivos planos) para luego cargarlos a la base de datos.

Se prepararon sesiones de prueba con los usuarios del sistema de información (Tabla 1), para verificar que el medio electrónico de conservación incluyera la totalidad de los datos que componen la Historia Clínica del paciente de la institución, es decir, información socioeconómica y educativa. Se desarrolló software ad-hoc de interfaz para estas pruebas.

Se seleccionó Appserv 2.5.10 para Windows que ofrece los servicios Apache (Servidor Web), PHP

Tabla 1. Perfiles profesionales del equipo interdisciplinario^a y cantidad de usuarios por perfil profesional.

No.	Perfil profesional	Cantidad
1	Profesor	14
2	Fonoaudiólogo	5
3	Terapeuta ocupacional	2
4	Psicólogo	3
5	Trabajador Social	2
6	Coordinadora académica	2
7	Coordinadora de protección	1
8	Rectora	1
9	Modelo lingüístico	1
10	Intérprete	2
11	Enfermera	1
12	Nutricionista	1

Fuente: Los autores.

a De la institución en la que se realizó el trabajo de campo.

(lenguaje), MySQL (Sistema de administración de bases de datos relacionales) y PhpMy Admin (entorno gráfico para la administración de bases de datos), dado que el presupuesto institucional de inversión era restringido y se usarían computadores personales con Windows 7, Windows XP o Windows Vista y procesadores Intel Core 2 duo, 2.93 GHz.

IV. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

A. El Modelo de Datos

Como parte del proceso de diseño de la Historia Clínica Electrónica (HCE), el análisis y diseño de base de datos es central y relevante puesto que no sólo constituye el elemento de persistencia del sistema, sino que conforma la base para la interconectividad de la HCE. Se diseñó una base de datos relacional debido a la mayor disponibilidad de sistemas manejadores de bases de datos relacionales (RDBMS-Relational Database Management System) para computadores personales y por considerarlo más apropiado para una implementación funcional de una HCE. El modelo de datos se realizó mediante el modelo entidad-relación [26], en el que «Paciente» fue de especial interés por estar centralizando la relación con los datos críticos (Fig. 1). Es de notar que en dicha entidad no es en donde aparecen datos como nombre(s) o apellido(s), que si aparecen en la entidad persona.

Dentro del proceso de diseño, con la ayuda de MySQL Workbench y el posterior análisis de dependencias funcionales, se definieron las llaves primarias de cada tabla y para efectos de la implementación fueron determinadas las llaves foráneas.

B. El Modelo de Datos

El proceso de análisis de dependencias funcionales (DF) fue realizado para transformar el modelo de datos en un esquema completo, que además ofrece la implantación de las restricciones de diseño, con la finalidad de que el RDBMS asumiera la carga de asegurar la consistencia de la base de datos.

Para esto, tomando todos los atributos de cada entidad del modelo entidad-relación se calcula el conjunto F de todas las dependencias funcionales

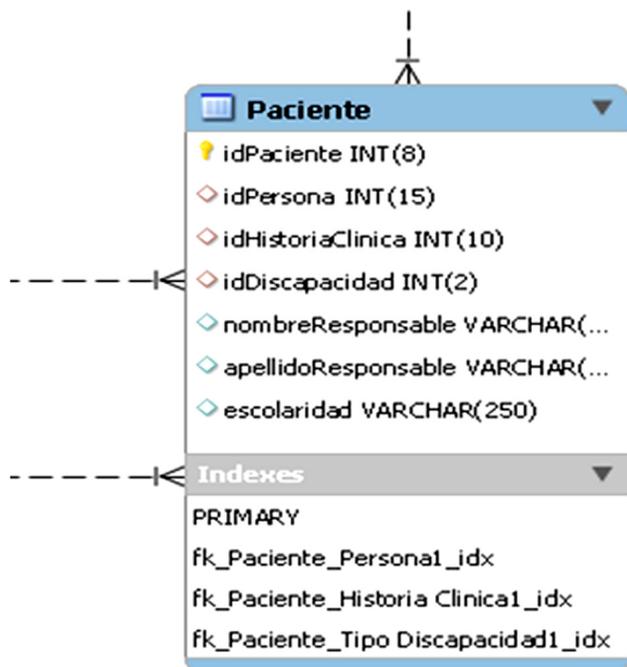


Figura 1. Entidad paciente, una de las diecisiete entidades del esquema Historia Clínica Electrónica.

de la forma $X \rightarrow Y$, en donde X, Y son dos subconjuntos de atributos. Si el miembro izquierdo de una DF tiene i atributos, el miembro derecho puede tener $0, 1, 2, \dots, i$ atributos. Por tanto, hay $\binom{i}{j}$ formas de escoger un atributo j del miembro derecho de una DF a partir de los i atributos de la parte izquierda de la DF. Así, el número total de DF de la base de datos se puede calcular como en (1).

$$\sum_{j=0}^i \binom{i}{j} \quad (1)$$

En rigor no se exige que $X \neq Y$, pero como heurístico no se incluyen en el cálculo de F aquellas DF en las que $X=Y$, para evitar el crecimiento exponencial de F , por ser estas DF triviales. Si bien el procedimiento formal lo exige, en la práctica del diseño no se calcula la totalidad de la cobertura (o clausura) de F para la base de datos [27, 28].

El subconjunto de atributos de la base de datos que integra la tabla relacional Persona está integrado por (i) idPersona, (ii) idTipoIdentidad, (iii) Nombre, (iv) Apellido, (v) fechadenacimiento, (vi) lugardenacimiento, (vii) teléfono y (viii) dirección, claramente puede «analizarse» para deducir un conjunto de llaves candidatas (Tabla 2).

Tabla 2. Deducción de una llave de la tabla relacional persona, procedimiento que se repitió para las diecisiete tablas relacionales.

No.	Atributos	DF aplicable
1	i	Ninguna DF
2	i, ii	i, ii \rightarrow iii, iv; i, ii \rightarrow v, vi i, ii \rightarrow vi, vii, viii i, ii \rightarrow iii, iv, v, vi, vii, viii
3	i, ii, iii	i, ii, iii \rightarrow iv; i, ii, iii \rightarrow v, vi i, ii, iii \rightarrow vi, vii, viii i, ii, iii \rightarrow iii, iv, v, vi, vii, viii
4	i, ii, iii, iv	i, ii, iii, iv \rightarrow v, vi, vii; i, ii, iii, iv \rightarrow v, vi, vii, viii; i, ii, iii, iv \rightarrow vi, vii, viii i, ii, iii, iv \rightarrow v, vi, vii, viii
5	i, ii, iii, iv, v	i, ii, iii, iv, v \rightarrow vi, vii; i, ii, iii, iv, v \rightarrow vi, vii, viii
6	i, ii, iii, iv, v, vi	i, ii, iii, iv, v, vi \rightarrow vii; i, ii, iii, iv, v, vi \rightarrow vii, viii
7 ^a	i, ii, iii, iv, v, vi, vii	i, ii, iii, iv, v, vi, vii \rightarrow viii
8 ^a	i, ii, iii, iv, v, vi, vii, viii	i, ii, iii, iv, v, vi, vii, viii \rightarrow viii

En la Tabla 2 la columna Atributos se conforma por la ampliación sucesiva de los atributos de la tabla relacional Persona. Podría partirse del conjunto de todos los atributos de la base de datos, pero como al analizar mediante el modelo entidad-relación, la complejidad computacional disminuye, como es evidente al disminuir la cantidad de posibles combinaciones. En la columna 'DF aplicable' se listan (todas) las DF en las que aparecen los atributos listados en la columna 'Atributos' en la parte izquierda. En la Tabla 2 no se lista la totalidad de DF para cada fila, salvo por lo mostrado para las filas 1 y 2. Por ejemplo, no se listan las DF triviales como son aquellas cuya parte izquierda es igual a la parte derecha, o aquellas en las que la parte derecha es un subconjunto propio de la parte izquierda.

Al comparar las filas 2 y 3 de la Tabla 2, se puede observar que la cantidad de DF de la fila 3 es igual a la de la fila 2. También, la parte derecha de cada una de las DF de la fila 3 son conjuntos iguales o subconjuntos de las partes derechas de las DF de la fila 2. Este proceso se puede repetir entre pareja de filas de la Tabla 2, para concluir que el menor cardinal del conjunto de atributos de la parte izquierda de las DF (columna Atributos) corres-

ponde a la fila 2. En cantidad de atributos, la fila 2 presenta la llave mínima y por tanto se selecciona como llave principal de la tabla relacional Persona. Es decir, la DF $idPersona, idTipoIdentidad \rightarrow Nombre, Apellido, fechadenacimiento, lugardenacimiento, teléfono, dirección$.

El procedimiento se repite para cada una de las entidades y luego se implementa la resolución de las relaciones muchas a muchas mediante la creación (artificial) de tablas relacionales intermedias, hasta obtener diecisiete tablas relacionales.

C. Implementación

Se seleccionó una plataforma que soportara: Appserv, PHP y RDBMS MYSQL. Con Appserv 2.5.10 en Windows se tuvo acceso a los servicios Apache, Servidor Web; PHP, lenguaje de programación; MySQL, RDBMS, y PhpMyAdmin, entorno gráfico para la administración de bases de datos. Se escribieron las instrucciones DDL correspondientes, para generar el esquema e implementar las restricciones para el ingreso de tuplas según las restricciones de integridad definidas en la etapa de diseño [29].

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El resultado principal es la implementación de una HCE en el entorno no hospitalario de una institución para atención de niños sordos en el contexto de la educación inclusiva [9, 11] que permite probar que la adecuada intervención organizacional en el momento de análisis y diseño provee amplias posibilidades de la implementación de un artefacto tecnológico de informática que satisfaga expectativas de facilidad de acceso y manejo de datos, situación que por lo obvia no siempre se logra de manera evidente y efectiva.

Este resultado debe interpretarse técnicamente en cada una de sus dimensiones. Como todo proceso de diseño de base de datos relacional [27, 28], el análisis y diseño de los elementos de información que componen la historia clínica del paciente/estudiante en el Colegio ICAL, son las primeras etapas de un proceso que finaliza con la escritura de instrucciones DDL y DML.

Si bien se usaron medios técnicos de apoyo como las herramientas ofrecidas por MySQL Workbench, para elaborar un modelo de datos, fue el proceso de comprensión de los procesos organizacionales y la naturaleza organizacional lo que facilitó la creación de las entidades del modelo de datos que serían luego transformadas para conformar las diecisiete tablas relacionales del esquema final de la base de datos.

Para enfatizar, no fue el uso de programas de computador el que permitió la creación del modelo de datos y transformarlo en el esquema con diecisiete tablas de la propuesta de HCE, sino el trabajo de campo que permitió evaluar la semántica de los datos en el contexto de la institución en donde se realizó dicho trabajo.

Con la implementación de la base de datos como medio electrónico de conservación de los datos que componen la historia clínica del paciente en ICAL se automatizaron los componentes de: Desarrollo, Ciudadanía, Protección y Existencia. La implementación de la base de datos, permitió la realización de pruebas con el usuario final y se obtuvo la aceptación del producto.

Para observar la operatividad de la base de datos que implementa la HCE, en el entorno en el que aún no está definido el aplicativo completo, se desarrolló una interfaz de usuario final ad-hoc para que cada usuario pudiera ingresar, actualizar y recuperar los datos de cada estudiante/paciente de la institución.

La mejora en tiempos de acceso a los datos fue evidente al transferir el manejo de datos sobre papel al medio electrónico mediante computadores personales. No es comparable el tiempo que toma el proceso manual anterior con el proceso realizado por computador debido a las siguientes consideraciones: la potencial ubicuidad de los datos manejados por computador en contraste con la movilidad restringida de los datos sobre papel, la perdurabilidad del medio electrónico superior a priori respecto de los datos manejados en las carpetas que conforman la historia clínica y el manejo mismo del medio físico de las carpetas en papel – que van creciendo en volumen y peso conforme evolucionan los procesos educativos y terapéuticos de los estudiantes/pacientes, cuando se compara con el acceso a través de un computador. No

obstante, no hubo una expresión cuantitativa de tales percepciones.

Los usuarios (ver Tabla 1) manifestaron que resultaba más ágil el acceso a los datos a través de un navegador en un microcomputador, que a través de Internet, lo cual les permitió destinar más tiempo a la atención directa de cada estudiante/paciente y menos tiempo a la sobrecarga de buscar la carpeta en papel correspondiente.

La portabilidad e interconectividad de los datos de la HCE que procura la mejora frente a, y en relación con, estándares como HL7 requiere de la implementación de la funcionalidad completa de un aplicativo en la capa superior de la capa de persistencia desarrollada.

La utilización de esta base de datos que implementa la HCE de ICAL tiene como efecto inmediato la necesidad de reducir la cantidad de formatos en papel y, por consiguiente, mejorar la interacción entre los profesionales de apoyo al paciente/estudiante y su historia clínica.

Como restricción actual, la interfaz desarrollada para pruebas funciona con el navegador Google Chrome®, pero esto puede ser modificado cuando se concluya el desarrollo de una interfaz de usuario final. No obstante, se provee interoperabilidad técnica por la forma como se ha diseñado la base de datos que conforma el elemento fundamental de la capa de persistencia del eventual sistema de información para la HCE.

VI. CONCLUSIÓN

La inclusión de elementos de información relacionados con las personas, y no con los perfiles informacionales de estereotipos facilitó que la base de datos implementada ofreciera la funcionalidad en el entorno no-hospitalario de un centro de educación con modelo inclusivo de niños sordos y oyentes.

No obstante que sólo se implementó la base de datos y una interfaz básica con el usuario final, mediante un navegador (browser), faltando aún la puesta en marcha de las capas correspondientes a la aplicación misma que conforma un sistema de información de historia clínica electrónica, se lo-

gró que personas con distintos perfiles profesionales (Tabla 1) hallaran una mejor experiencia al usar un computador para el manejo de los datos de una historia clínica, que al usar la forma tradicional sobre papel.

La implementación de una HCE en un contexto no hospitalario, como el de una institución de educación de niños sordos con el modelo inclusivo, agiliza la disponibilidad de los datos, lo cual redundando en el incremento de tiempo para los procesos educativos y terapéuticos.

En el contexto del proceso de ingeniería, no es el uso de programas de computador el que permite la creación del modelo de datos y transformarlo en esquema, sino la labor del ingeniero que evalúa la semántica de los datos en el contexto organizacional que se desea transformar.

AGRADECIMIENTO

Este proyecto fue apoyado por la Fundación para el Niño Sordo ICAL, vinculada a Fenascol [30], dentro del proyecto SIPICAL-HCE: Sistema de información de paciente del ICAL.

REFERENCIAS

- [1] M. Amatayakul and A. Medical Group Management, *Electronic health records : transforming your medical practice*. Englewood, CO: MGMA, 2010.
- [2] M. A. Kleinpeter, «Electronic Health Records: Transforming Your Medical Practice,» *Journal of the National Medical Association*, vol. 98, p. 1558, 2006.
- [3] J. Brender, C. Nøhr, and P. McNair, «Research needs and priorities in health informatics,» *International Journal of Medical Informatics*, vol. 58, pp. 257-289, 2000.
- [4] P. K. Sinha, G. Sunder, P. Bendale, M. Mantri, and A. Dande, *Electronic health record: standards, coding systems, frameworks, and infrastructures*. John Wiley & Sons, 2012.
- [5] M. L. Bernstein, T. McCreless, and M. J. Cote, «Five constants of information technology adoption in healthcare,» *Hospital Topics*, vol. 85, pp. 17-25, 2007.
- [6] T. D. Sequist, T. Cullen, H. Hays, M. M. Taulii, S. R. Simon, and D. W. Bates, «Implementation and

- use of an electronic health record within the Indian Health Service,» *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 14, pp. 191-197, 2007.
- [7] D. Blumenthal and M. Tavenner, «The «meaningful use» regulation for electronic health records,» *New England Journal of Medicine*, vol. 363, pp. 501-504, 2010.
- [8] K.-J. Tseng, T.-H. Liou, and H.-W. Chiu, «Development of a computer-aided clinical patient education system to provide appropriate individual nursing care for psychiatric patients,» *Journal of medical systems*, vol. 36, pp. 1373-1379, 2012.
- [9] R. Claros-Kartchner, «La Inclusión de las personas sordas, como grupo étnico, en los sistemas educativos,» *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, vol. 3, pp. 63-75, 2009.
- [10] E. Guajardo Ramos, «La Integración y la Inclusión de alumnos con discapacidad en América Latina y el Caribe,» *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, pp. 15-23.
- [11] I. Rinèiæ and A. Muzur, «Deaf education in Croatia,» *Croatian medical journal*, vol. 54, p. 89, 2013.
- [12] K. H. Kreimeyer, P. Croke, C. Drye, V. Egbert, and B. Klein, «Academic and social benefits of a co-enrollment model of inclusive education for deaf and hard-of-hearing children,» *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, vol. 5, pp. 174-185, 2000.
- [13] S. P. Aquino Zúñiga, V. García Martínez, and J. Izquierdo, «La inclusión educativa de ciegos y baja visión en el nivel superior: Un estudio de caso,» *Sinética*, vol. 39, pp. 1-21, 2012.
- [14] A. Padilla Muñoz, «Inclusión educativa de personas con discapacidad,» *Revista colombiana de Psiquiatría*, vol. 40, pp. 670-699, 2011.
- [15] República de Colombia, «Ley 100 «Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones,» ed. Bogotá, D.C.: Congreso de la República de Colombia, 1993.
- [16] República de Colombia, «Ley 1341 «Por la cual se definen Principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - TIC-, se crea la Agencia Nacional del Espectro y se dictan otras disposiciones,» ed. Bogotá D.C.: Congreso de Colombia, 2009.
- [17] E. H. Shortliffe, «Biomedical informatics in the education of physicians,» *JAMA*, vol. 304, pp. 1227-1228, 2010.
- [18] J. L. Alonso Lanza, «La historia clínica electrónica: ideas, experiencias y reflexiones,» *Acimed*, vol. 13, pp. 1-1, 2005.
- [19] E. Y. S. Lim, M. Fulham, and D. F. Feng, «Electronic medical records,» in *Biomedical information technology*, D. D. Feng, Ed., ed Burlington, MA, USA: Academic Press - Elsevier, 2011, pp. 29-46.
- [20] H. Zhou, «Design of Student Information Management Database Application System for Office and Departmental Target Responsibility System,» *Physics Procedia*, vol. 25, pp. 1660-1665, 2012.
- [21] I. C. Society and C. Standards Coordinating, *IEEE standard computer dictionary: a compilation of IEEE standard computer glossaries*, 610. New York, NY, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1990.
- [22] H. I. a. M. S. Society, «HIMSS Dictionary of Healthcare Information Technology Terms, Acronyms and Organizations, 2nd Edition,» in *Appendix B*, p190,, ed, 2010.
- [23] S. Salah, A. Rahim, and J. A. Carretero, «The integration of Six Sigma and lean management,» *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 1, pp. 249-274, 2010.
- [24] M. L. Meyer and M. T. Scrima, «Business Process Optimization: Combining Project Management and Six Sigma Best Practices to Better Understand and Optimize Critical Business Processes,» 2006.
- [25] P. M. Carter, J. S. Desmond, C. Akanbobnaab, R. A. Oteng, S. D. Rominski, W. G. Barsan, et al., «Optimizing Clinical Operations as Part of a Global Emergency Medicine Initiative in Kumasi, Ghana: Application of Lean Manufacturing Principals to Low-resource Health Systems,» *Academic Emergency Medicine*, vol. 19, pp. 338-347, 2012.
- [26] P. P.-S. Chen, «The entity-relationship model – toward a unified view of data,» *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, vol. 1, pp. 9-36, 1976.
- [27] R. Elmasri, S. B. Navathe, V. Canivell Castillo, G. Zaballa Pérez, B. Galán Espiga, A. Goñi Sarriguren, et al., *Fundamentos de sistemas de bases de datos*. Madrid: Addison-Wesley: Pearson Educación, 2002.
- [28] A. Silberschatz, H. F. Korth, and S. Sudarshan, *Fundamentos de diseño de bases de datos*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España, 2011.
- [29] C. J. Date and S. L. M. Ruiz Faudón, *Introducción a los sistemas de bases de datos*. México: Pearson Educación, 2001.
- [30] P. González Vicente, «Un acercamiento a la comunidad sorda de Bogotá,» ed. Bogotá: SED-FENASCOL - Proyecto Cátedra, 2011, p. 48.

EVOLUCIÓN Y ELEMENTOS DE LA LÓGICA DEÓNTICA

Evolution and logic deontic elements

MAGDALENA PRADILLA RUEDA*

Recibido: 14 de mayo de 2015. Aceptado: 12 de junio de 2015

RESUMEN

La determinación de la caracterización de la Lógica Deóntica, sus elementos propios y su estructuración, conducen a plantear su génesis dentro de la lógica en general y particularmente en la lógica modal. Igualmente, el planteamiento de su evolución se sitúa dentro de un desarrollo epistemológico, realizado por von Wright, conocido como fundador de la lógica deóntica; esta evolución deja entrever los problemas lógicos y epistemológicos a los cuales se ve avocado y los diferentes sistemas estructurantes de su pensamiento.

Palabras clave: lógica deóntica/ lógica modal.

ABSTRACT

The determination of the characterization of the Deontic logic, its own elements and its structure, lead to raise their genesis within the logic in general and particularly in modal logic. Equally, the approach of its evolution is located within an epistemological development, carried out by von Wright, known as founder of the deontic logical; this evolution suggests the logical and epistemological problems which is got dawn and different structuring their thought systems.

Key words: deontic logic/ modal logic.

I. INTRODUCCIÓN

Se entiende por Lógica Deóntica, la ciencia de los principios del análisis puramente formal del deber ser y del deber hacer [1]; diferente a la lógica clásica que es la ciencia aplicada al ser en general (lógica óntica). Los términos deber ser (*tunsollen*) y deber hacer (*scinsollen*) se toman de una manera general, lo que no presupone una concepción filosófica particular; sin embargo las construcciones en lógica deóntica pueden dar respuesta a problemáticas de la filosofía moral o jurídica, cuyos principios serían: la síntesis de hipótesis fundamentales, la clarificación de conceptos y el empleo del análisis formal de una manera rigurosa; lo que muchas veces conduce a hacer una reforma o una formalización del lenguaje y de los conceptos utilizados.

De manera que, si la lógica deóntica busca tratar formalmente el discurso normativo que expresa obligaciones, permisos, prohibiciones, ... comprende por consecuencia los enunciados éticos, jurídicos y legales.

La lógica deóntica moderna o «formalizada» existe desde los años 50, donde se empezó con el análisis de los conceptos elementales representados por palabras *modales* como: *obligatorio, permitido, prohibido, etc.*, con el fin de esquematizar la *realidad* para luego *formalizarla*. La tarea de formalización implica la inclusión de diferentes tipos de *modalidades*, tomándolas en cuenta simultáneamente, de manera que se puedan combinar las modalidades clásicas, las deónticas en sí mismas y las temporales, relacionándolas con los individuos. Esto debido a que, en

* Doctor en Informática y Matemáticas Aplicadas a Ciencias Sociales, Universidad de Grenoble (Francia), 1983. Tesis: Búsqueda de Descriptores en Indexación Automática; Doctor en Filosofía, Universidad Paris 1- Panthéon Sorbonne, 2008. Tesis: Hacia una Epistemología de la Teoría Informática. Actualmente Investigadora en el Centro de Investigaciones de la Corporación Universitaria Republicana. Correo electrónico: magdapradilla@gmail.com

la esencia misma del *deber ser* intervienen elementos primitivos suplementarios, como el *tiempo* (toda norma se aplica pertinentemente a acciones futuras, aunque el presente y el pasado pueden estar o no conformes con el deber ser) y el *individuo* (el deber, la prohibición, lo permitido, conciernen por lo menos a un sujeto). Este entramado lleva finalmente al resultado de la estructuración de la lógica deóntica como se conoce en la actualidad.

El presente estudio pretende responder a la pregunta sobre los orígenes de la lógica deóntica, lo cual nos lleva a hacer un paso en la historia de la lógica en general y de la lógica modal en particular, donde se encuentra su génesis, lo que será presentado en el apartado 2. Así mismo, se quiere responder a la pregunta sobre su caracterización, mostrando los elementos que le son propios y su estructuración, dentro de un desarrollo epistemológico, realizado por von Wright, conocido como fundador de la lógica deóntica, será presentado en el apartado 3. Las reflexiones sobre los elementos y el proceso de realización de la lógica deóntica se mostrarán en las conclusiones en el apartado 4.

II. CONTEXTO LÓGICO DE LA LÓGICA DEÓNTICA

Las lógicas clásicas consideran razonamientos rigurosos y precisos, basados sobre conocimientos certeros; sin embargo los razonamientos humanos corrientes no poseen siempre estas características [2]. Por ejemplo, al considerar las proposiciones siguientes:

*Toda persona que practica la lógica no es insensata
Toda persona que no es insensata es inteligente
Luis practica la lógica.*

Se puede deducir que: Luis es inteligente; pero esta deducción no es válida dentro del marco de la lógica clásica, porque le hace falta la frase *Luis es una persona*.

Así mismo, si se tienen proposiciones de hechos aproximativos, no pueden ser tomadas por la lógica clásica, como por ejemplo:

*Si la temperatura es baja, la enfermedad
puede ser una gripa.*

Esta lógica no permite tampoco las deducciones sobre los conocimientos o las creencias de individuos, por ejemplo:

*Si yo se que llueve y yo creo que mi vecino
no lo sabe, si yo se lo digo, yo creería que desde
ese momento el lo sabría.*

Cualquier tipo de previsiones son ignoradas:

*Si el cielo se cubre, se corre el riesgo
de tener mal tiempo.*

Para permitir el uso de proposiciones o enunciados como los expuestos, los lógicos modernos crearon o replantearon lógicas llamadas no-clásicas (o nuevas lógicas), cuyo objetivo es el de tomar en cuenta estos diferentes aspectos, frecuentemente no rigurosos y faltos de claridad.

Se puede decir que estas lógicas no-clásicas se dividen en tres grupos:

- *Lógicas plurivalentes*, cuyos valores de verdad pueden ser otros como incierto, indeterminado, además de verdadero y falso.
- *Lógicas modales* que permiten expresar la posibilidad o la necesidad, la creencia o conocimiento relativos a ciertas expresiones o proposiciones.
- *Lógicas debilitadas* que abandonan uno o más axiomas de la lógica clásica o toman proposiciones imprecisas o vagas.

Anotaciones epistemológicas

En las aplicaciones de estas lógicas, se puede ver una comunicación entre ellas, de manera que una lógica modal puede ser considerada como plurivalente, porque puede utilizar otros valores diferentes al verdadero o falso como lo indeterminado. Una lógica plurivalente deja de lado la ley del tercer excluido, es entonces una lógica debilitada, igualmente, a las lógicas plurivalentes y debilitadas, muchas veces, se les pide una modalidad perteneciente a la lógica modal.

Así mismo, con la pluralidad de las lógicas, la noción de ley pierde su carácter absoluto, de manera que una proposición no es un axioma o una tau-

tología en sí misma, porque va a depender del sistema de axiomas del sistema lógico en cuestión [3].

Por otro lado, una de las cuestiones que se quiere develar, es la base de la lógica deóntica, que se encuentra en la lógica modal, por lo cual se plantea la problemática de esta lógica, sus desarrollos, elementos y sus implicaciones en la deóntica.

1) Problemática de la Lógica Modal

Según las nociones de la lógica clásica, en una proposición, el verbo que lleva la aserción (afirmativa o negativa), en lugar de ser presentado simplemente, es «modificado» por un adverbio o por una locución que tiene el valor de adverbio, de manera que la aserción se transporta sobre el adverbio y a esta proposición se le llama modal: «tal vez lloverá mañana». Los cuatro modos clásicos, llamados aristotélicos, son lo necesario, lo imposible, la posibilidad y lo contingente, que forman una familia, donde cada término puede ser definido también con la ayuda de la negación [3]. Así, toda verdad, (lo que es) no es siempre necesidad (lo que es no es necesario), ni contingente, ni posible, por ejemplo. De esta manera, el concepto de necesidad, fundamental en filosofía, encuentra su primer tratamiento en Aristóteles en 384-322 a.C., que esquematiza un cálculo modal, en el cual: «Es posible p», «No es imposible p» y «No es necesario no-p» son equivalentes, lo que conlleva a la definición de silogismos modales, como:

*Toda A es necesariamente B
Algunas C son A
Entonces algunas C son necesariamente B*

Las modalidades se estructuran en el cuadrado lógico modal: [4]

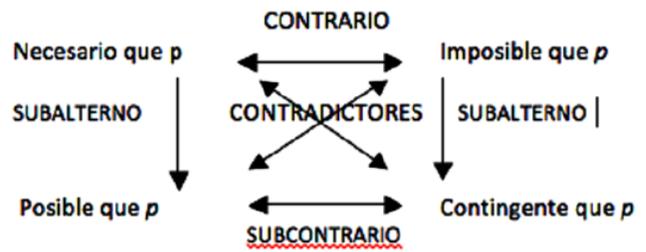


Figura 1. Cuadrado lógico modal.

Aristóteles considera que es posible un juicio que no es ni verdadero ni falso en el presente. El dominio de lo posible es aquel del devenir, del cambio, de los futuros contingentes: «no es ni verdadero ni falso actualmente que habrá una batalla naval, bien que sea necesario que haya una o no en el futuro» (Aristóteles: De la Interpretación)¹.

Luego, según los *Megáricos*², con Diodoro Cronos³, una definición temporal de las modalidades, tiene influencia de *Parménides*, niega el movimiento y consecuentemente el estado intermedio entre ser y no-ser no existe. *Algo es posible* si se realiza o se realizará. Para ellos, el tiempo cumple una destinación: si se está en lo posible, es porque no se conoce el futuro, aunque este puede ser determinado, lo que es contrario a la idea aristotélica de *contingencia*⁴. Diodoro introduce la noción modal de *posible* o de *imposible* y la temporal con la distinción del *pasado* y el *presente*, de la manera siguiente:

Necesario: lo que no es verdad y no será falso
 Imposible: lo que es falso y no será verdad
 Posible: lo que es verdad o será verdad
 No-necesario: lo que es falso o será falso.

En el Medioevo, los escolásticos⁵ despejaron, ciertas diferencias, por ejemplo entre: imposible, no posible, necesario que no es, no contingente que

1 Citado por Vernant-Popelard 1998 p. 13.

2 Los *Megáricos* (V –III a.C.), escuela filosófica griega, dialéctica, preocupada por contradecir, son nominalistas, no admiten sino individuos y niegan las esencias. El nombre viene del lugar de origen de su fundador Euclides de Megara, discípulo de Sócrates. Su dialéctica los lleva a plantear una lógica y una metafísica. Rechazan la certeza de los sentidos y creen solamente en la razón. El principio lógico conducía necesariamente a la negación del movimiento y del cambio. Filósofos como Eubulido pertenece a los megáricos, importante porque se le relaciona con la paradoja del *mentiroso*.

3 *Diodoro de Sicilia*: Historiador y cronista griego del siglo I a.C., contemporáneo de Julio César y de Augusto, autor de la *Biblioteca Histórica*.

4 El origen de la diferencia entre Aristóteles y los megáricos consistía en el énfasis que ejercía éste en el arte de hacer aceptar una tesis antes que rechazarla; es sobre esta negativa que los megáricos aplicaron toda su eficiencia. Así, los problemas presentados por Aristóteles en orden de buscar el «ser», son del tipo: «A pertenece a B»?; lo que lo lleva a construir una lógica que se basa en las relaciones entre términos. Sin embargo, los problemas que ocupan los megáricos toman la forma: «como se puede rechazar tal afirmación»?; lo que hace considerar un enunciado en bloque y a construir una lógica de proposiciones [5].

5 La *Escolástica* (XI-XV) es una filosofía desarrollada y enseñada en el Medio Evo en las Universidades: pretende conciliar la filosofía griega (particularmente la de Aristóteles) con la teología cristiana heredada de los Padres de la Iglesia.

no es. Se ve que, hay que distinguir entre dos formas de una proposición modal afectada por la negación: según que la negación afecte el modo mismo (*no imposible = posible*) o la negación sobre el enunciado que afecta el modo (*imposible que no es= necesario*).

Por otro lado, la palabra contingente, es tomada muchas veces en sentido neutro, para designar aquello que no es ni necesario ni imposible, es decir una conjunción de lo posible y de aquello que se llama «contingente». El mismo sentido neutro es dado, algunas veces a la palabra posible; pero en general este posible, que excluye lo necesario y marca una posibilidad bilateral, es designado más precisamente como «puro posible». En el lenguaje usual, la palabra «puede-ser» tiene también ese carácter neutro: ni ciertamente si *ni ciertamente no*.

A partir de estas diferencias planteadas por los escolásticos, se muestra que hay dos maneras de expresar la modalidad de una proposición [3]: se puede marcar la modalidad incorporando a la proposición misma un adverbio que modifica su verbo: *el sabio es necesariamente feliz*; o se puede enunciar la modalidad como una cierta cualidad atribuida a la proposición inicial de este atributo, un simple *dictum* como es en latín la proposición infinitiva. La modalidad se expresa normalmente por una expresión verbal con adjetivo, presentado como predicado del *dictum* entero y por consecuencia exterior a él: *que el maestro sea feliz, es necesario (o es necesario que el maestro sea feliz)*. Los medioevales llamaban estas expresiones de la modalidad: *sine dicto* y *cum dicto*. Ciertos sostenían que no había verdaderamente proposición modal sino en el primer caso, porque la proposición que afirma o niega algo del *dictum* tiene la forma de una proposición atributiva que afirma o niega. El adverbio *modal* se adjunta a la copula de la proposición, se integra a ésta y pertenece al mismo plano del discurso.

Al contrario, en el segundo caso, dice alguna cosa, no de la felicidad del sabio, sino de la proposición «el sabio es feliz». Es decir que se sitúa en

otro nivel lingüístico de la proposición, donde se afirma como predicado, y pertenece entonces al nivel del *metalenguaje*.

Así, para una proposición, p se definen ciertos símbolos para representar la modalidad:

- *Necesidad*, se anota ordinariamente $\Box p$ (en la anotación polonesa Sp , o también Lp).
- *Posibilidad*, se anota $\Diamond p$ o Mp (en la anotación polonesa).

Estos operadores iniciales se utilizan combiándose con los otros operadores lógicos que se conocen ($\sim, \vee, \wedge, \supset$): $\Box p, \Diamond \sim p, \Box p \vee \sim p$, la disyunción $\Box p \vee \Diamond \sim p$, la conjunción $\Box p, \Diamond \sim p$, la implicación $\Box p \supset \Diamond \sim p$.

Los operadores modales se pueden combinar también entre ellos⁶:

La imposibilidad de la imposibilidad: $\sim(\Diamond \sim)p$; o la posibilidad de la no necesidad: $\Diamond \sim \Box p$.

Anotaciones:

En este caso, procediendo de esta manera, se renuncia a las ventajas de una *tabla de verdad*, porque los operadores modales no son tomados como funciones de verdad, lo que hace que esta lógica se separe de la lógica clásica y se encuentra en un dilema: o bien integrar expresamente las nociones modales, pero sacrificar la *extensionalidad*⁷ de la lógica clásica, o bien conservar la extensionalidad y tomar la lógica clásica y renunciar a expresar de manera directa las sutilezas de la lógica modal.

2) Los aportes de los lógicos al desarrollo de una Lógica Modal Moderna

Las lógicas modernas modales, pretenden resolver problemas encontrados en el desarrollo de sus aplicaciones [6] motivadas especialmente por:

⁶ En esta vía, se inscriben actualmente los estudios de la lógica modal, tomando los recursos de la simbólica moderna, de esta manera se puede decir que se inscriben en la tradición la más clásica de tipo aristotélico.

⁷ La *extensionalidad*, usado en lógica y filosofía del lenguaje, la *extensión* de una expresión es el conjunto de cosas u objetos a los cuales hace referencia la expresión. Contrasta con la *Intensión* que es su significado o sentido.

- Encontrar una solución a las pretendidas «paradojas de la implicación» y dar cuenta, de manera satisfactoria, de la relación condicional (llamada: *implicación material*): de ahí las primeras lógicas modales.
- Atribuir un valor a enunciados que conciernen, por ejemplo, el futuro, que pertenece al dominio de lo posible o lo probable; de allí las primeras lógicas trivalentes o multivalentes, que se pueden combinar con las lógicas modales.
- Poder dar cuenta en lógica de los enunciados diferentes a las solas proposiciones verifuncionales o extensionales; de ahí la multiplicación de las lógicas modales: lógica del deber, de lo optativo, de la pregunta, de la verificación, ... etc.
- Aprender de más en más los hechos lingüísticos, evitando encuadrar el lenguaje en las estructuras lógicas dogmáticas y simplistas.

Aquí hay una evolución en aras de la diversidad y la riqueza de las investigaciones en lógica: se plantean relaciones interdisciplinarias entre lógica, lingüística y filosofía, cuyos avances marcan el progreso de la lógica actualmente. Se puede decir que esta evolución de la lógica modal puede mostrarse según el tema de la modalidad, en lógicas diferentes [4], así (sin llegar a una exhaustividad):

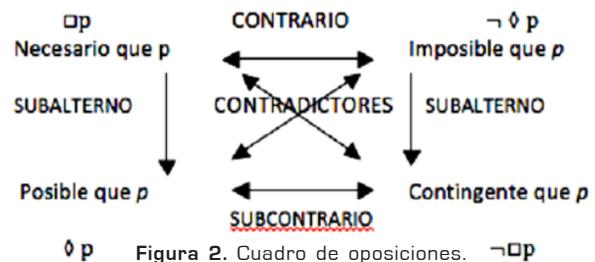
- Lo necesario y lo posible: lógicas aléticas.
- El deber-ser o deber hacer: lógica deóntica.
- El tiempo: lógicas temporales.
- El conocimiento y la creencia: lógicas epistémicas.

- La interrogación: lógicas erotéticas
- Los actos del discurso: lógica ilocutoria.

A. Lo necesario y lo posible: lógicas aléticas⁸

Los primeros desarrollos en estas lógicas aléticas modernas fueron realizados por Clarence Irving Lewis, tomado como el precursor de ellas, seguido por Ruth Barcan Marcus. Ambos filósofos y lógicos de Estados Unidos.

- **Clarence Irving Lewis**⁹: En *A survey of Symbolic Logic* [7], Lewis, traza el desarrollo de las lógicas modales modernas, tomando como origen el cálculo de la implicación estricta; para ello, construye diferentes cálculos lógicos de las modalidades. Inventa una lógica de lo necesario (\Box) y de lo posible (\Diamond), que se organiza según el cuadro de oposiciones [4]:



Lewis tomó las «paradojas de la implicación material» como objeto de estudio, e intentó construir un sistema en el que no se produjeran. Estas paradojas se producen porque en estricto sentido, hablar de la proposición $p \supset q$ (p implica q) no es una *implicación* como tal, sino una proposición *condicional*, (*si...entonces, implica, en estas condiciones, ...*) de manera que hay una confusión entre «condicional» e «implicación» y por lo cual se habla

⁸ Se llaman *lógicas aléticas*, en referencia a la palabra griega *aletheia* (verdad). Pero las modalidades de *necesidad*, *posibilidad*, *permitido*, *contingente*, ... no tienen una relación directa con la verdad, el término parece mal escogido. La palabra *óntico* que califica las modalidades del ser, parece convenir más al significado y *deóntico*, a su vez, designa aquellas modalidades del *deber-ser*, a partir de las modalidades ónticas, lo que parece convenir mejor al significado requerido (Bailhache, 1991, p. 33-34).

⁹ Clarence Irving Lewis (1883-1964), filósofo, lógico y epistemólogo de Estados Unidos, fundador del *pragmatismo conceptual*. Trabaja sobre los escritos lógicos de C. S. Peirce y sobre Leibniz. Presenta los sistemas de S1 a S5 en su *Symbolic Logic* (1932) como posibles análisis formales de las modalidades aléticas; el sistema modal de su libro *A Survey of Symbolic Logic* (1918) era el sistema S3; el S4 y el S5 constituyen actualmente la *Lógica Modal Normal*.

abusivamente de *implicación material*. En este sentido, la lógica clásica no impone ninguna relación entre el antecedente y el consecuente, lo que no da ninguna luz a esta confusión.

Así mismo, al lado de una serie de teoremas intuitivamente aceptables, el cálculo proposicional produce también teoremas cuya interpretación puede parecer paradójica. Por ejemplo, en las proposiciones:

- $(p \bullet q) \supset p$: «Si en la casa se encuentran camas y si en la casa se encuentran cuadros entonces se encuentran camas»: la implicación aquí, no suscita ningún problema.
- $p \supset (q \supset p)$ es un teorema. Entonces pueden permitirse ejemplificaciones del tipo: «si existen casas rojas entonces si la vaca es blanca existen casas rojas»: aquí hay un problema.
- $p \supset (p \supset q)$: «si no vas al colegio, entonces si vas al colegio, el supermercado abrirá»: aquí hay un problema, hace llamado a la misma anotación.
- $p \supset (p \vee q)$: «Si María está en el colegio, entonces María está en el colegio o Clara está presente»: aquí igualmente hay un problema.

En estos casos, la construcción de proposiciones paradójicas provienen del hecho que « q » puede ser reemplazado por cualquier enunciado, lo que lleva a plantear que si una proposición es verdadera, podía ser «implicada» por cualquier proposición: $(p \supset (p \supset q))$ « \supset » es un operador puramente *extensional* que expresa una relación donde no se tiene en cuenta sino los valores de verdad. Por lo cual, Lewis se propone reemplazar la implicación material o *extensional* con valores de verdad por una implicación *intensional* o más restringida: *p implica estrictamente q* , definida por *necesariamente p implica q* [8].

En este sentido, toda apariencia «paradójica» desaparece en el momento que se restablecen los teoremas o tautologías en su forma inferencial: $p \supset (q \supset p)$ se vuelve $p / q \supset p$ y dice simplemente que un condicional no puede ser falso si su consecuente se supone verdadero por hipótesis.

La solución se puede introducir de dos maneras:

- Con la ayuda de un operador de modalidad agregada al condicional material: $N(p \supset q)$ (necesariamente si p entonces q) o $\diamond(p \supset q)$
- Con la ayuda de un operador condicional estricto: $p \angle q$ (si p entonces necesariamente q) este último es el más frecuente.

Lewis introduce este nuevo operador que es el de la implicación estricta (\angle), más fuerte que el de la implicación estándar, para dar cuenta de la relación de deducción, lo que significa por definición que: «no es posible que p sea verdad y q falso», porque «si p es verdad, entonces q es necesariamente verdad».

Entonces, si $p \angle q$ quiere decir, «no es posible tener a la vez p verdadero y q falso». Así, por ejemplo, $p \angle q$ no puede ser ilustrado por «Si llueve, entonces llevo mi paraguas» porque se concibe perfectamente que se hubiera podido hacer otra actividad (quedarse en casa o tomar un taxi...).

Son muy pocos los condicionales verdaderos que son también condicionales estrictos verdaderos. Así, una relación de necesidad conceptual debe existir entre p y q , que asegure la comprensión de proposiciones como: «Si $2+2=4$, entonces necesariamente $4+2=6$ ». «Si la casa es un cuerpo material, entonces necesariamente, ella tiene un área medible».

Dicho de otra manera, el punto de vista no es exclusivamente extensional; la lógica modal puede, en este sentido, ser llamada, intensional. La verdad o falsedad de la condicional estricta, no depende únicamente de la verdad o falsedad de las proposiciones que la componen, depende igualmente de su sentido, de los lazos conceptuales que las unen: el concepto de «casa» reenvía al de «cuerpo material» y este comprende la idea de «área».

De esta manera se distinguen tres operadores cuyo estatuto es diferente:

- El condicional material: $(p \supset q)$
- La implicación que corresponde al paso de la barra en un esquema de inferencia (« \rightarrow »): $((x)Ax \rightarrow (\exists x) Ax)$ y

- El condicional modal y el condicional estricto: (*necesariamente si p entonces q*) o $\Box(p \supset q)$; $p \prec q$ (*si p entonces necesariamente q*), este último es el más frecuente.

Así, si la relación $p \supset q$ se define de manera que no pueda ser tomada exclusivamente por los valores de verdad, no se podrá pasar tan fácilmente de un p cualquiera a un q cualquiera.

Anotaciones Históricas y Epistemológicas

En el trabajo de Lewis se ve una relación con los megáricos Diodoro y su discípulo Philon, que se oponen en relación a la naturaleza de la implicación. La implicación para ellos, es el conector que une en una proposición hipotética (en sentido estricto, una condicional del estilo si p, entonces q), su consecuente con su antecedente. Para Philon, esta proposición tiene tres maneras de ser verdadera, y una de ser falsa. Así:

- Es verdadera, cuando comienza por lo verdadero y finaliza por lo verdadero: *Si es de día hace claro.*
- Es verdadera, cuando comienza por lo falso y finaliza por lo falso: *Si la vaca vuela, la vaca tiene alas.*
- Es verdadera, cuando comienza por lo falso y finaliza por lo verdadero: *Si la vaca vuela, la vaca existe.*
- Es falsa solamente cuando comienza por lo verdadero y finaliza por lo falso: *Si es de día hace noche.*

Esta forma de caracterizar los diferentes casos de validación de la proposición muestra que Philon llegó a lo que se llama hoy las funciones de verdad y que la concepción que él tenía de la implicación correspondería a la implicación material de Russell, que es la base del cálculo de proposiciones moderno. Esta implicación es más débil que aquella noción de consecuencia, porque todo consecuente está implicado por las premisas, pero el implicado no es necesariamente una consecuencia del implicante. Esta confusión en la proposición hipotética con la expresión *si ... entonces*, sugiere la idea de un nexo

lógico entre el antecedente y el consecuente; sin embargo la implicación no concierne este nexo, marca solamente una manera de hacer la relación de las dos proposiciones, de manera que $p \supset q$ es simplemente $\neg p \vee q$. Esta escogencia de los modernos no es muy clara.

Philon tiene un gran merito en presentar una base mínima o antecedente, más pobre que aquella del consecuente. Por su parte Diodoro se opone a la tesis de Philon, porque la misma proposición hipotética sería tanto verdadera, como falsa, según el momento. Al retomar los tres casos de verdad reconocidos por Philon, Diodoro muestra que se presentará en el curso del tiempo, cambios de situación tales, que habrá un antecedente verdadero y un consecuente falso, lo que para Philon sería una implicación falsa. Así, *Si es de día, yo trabajo*, de manera que si hace día y yo trabajo, la implicación es verdadera según Philon, porque va de verdadero a verdadero; pero si paro de trabajar, se vuelve falso, porque entonces se va de verdadero a falso. *Si hace de noche, yo trabajo*: si en ese momento es de día y yo trabajo, la implicación es verdadera según Philon, porque va de falso a falso; pero al caer la noche y yo no trabajo, se torna falso porque va de verdadero a falso. Si es de noche, es de día, si en ese momento es de día, la implicación es verdadera según Philon, porque va de lo falso a verdadero; pero en el momento que la noche llegue se volverá falso porque entonces irá de lo verdadero a lo falso.

Para evitar estas consecuencias paradójicas, Diodoro propone substituir a la definición de Philon una definición más compleja y más restrictiva, concebida de manera a que no se permita concebir como verdadero las implicaciones del tipo que concebía Philon. Por lo cual, en lugar de decir que una implicación es verdadera cuando no comienza por lo verdadero para acabar por lo falso, hay que decir que es verdadera cuando no pudo ni puede comenzar por lo verdadero para acabar por lo falso (Sextus, Adv. Math., VIII, 115-116)¹⁰. Aquí, Diodoro innova con dos nociones: una noción modal (posible, imposible) y una noción temporal (pasado y presente), las que permiten limitar la noción de implicación aproximándola a la noción de consecuencia, lo que lo opone totalmente de Philon, pero lo acerca a la proposición de Lewis.

10 Citado por Blanché-Dubucs 1996 101

- Desarrollos de Ruth Barcan Marcus¹¹

Aparte de Lewis, para esta lógica alética, Barcan Marcus en su obra: *Modalities: Philosophical Essays*, 1993, Oxford University Press, construirá un cálculo modal de predicados. Así mismo, Saúl Kripke¹² propone una semántica de la lógica modal, diseñada por Carnap en 1954, recurriendo a la idea de *mundo posible*. Cuando se usa un cálculo clásico de proposiciones sin incluir modalidades, la referencia a un solo mundo es suficiente, la proposición es verdadera o falsa para un mundo que se puede considerar como real. Pero cuando se introducen modalidades, al lado del mundo real w_0 , es necesario contar con una serie de mundos (w_1, w_2, \dots, w_i) , de manera que, una proposición p verdadera en el mundo w_0 es verdadera; una proposición verdadera en, al menos, un mundo posible dado w_i es posible; una proposición verdadera para todos los mundos posibles es *necesaria*. Entonces, se tiene que: la proposición aritméticamente necesaria « $10 + 5 = 15$ » es verdadera para todo mundo posible.

B. El deber-ser, deber-hacer: lógica deóntica

Esta lógica formaliza las nociones del deber-ser, de la convención, de la prohibición, de la obligación, de lo permitido: «*Está prohibido cruzar el puente*». Los primeros cálculos deónticos fueron inventados por el finlandés von Wright, en 1950; así mismo se tiene una escuela francesa con G. Kalinowski, J.L. Gardies.

C. El tiempo: lógicas temporales

Sabemos que en la antigüedad, Diodoro, interpretaba la necesidad en términos temporales: «*la necesidad es aquello que es verdad y que será siempre verdad*».

Bajo la forma moderna y axiomatizada, la lógica temporal aparece con la obra de Prior¹³: *Time and modality*, en donde explora el uso de lógicas plurivalentes para explicar el problema de los nombres no-referenciales. Las lógicas temporales permiten un análisis de los diversos sentidos del concepto *tiempo*. Se puede concebir un tiempo lineal, abierto, circular, continuo, denso, una temporalidad histórica y otra gramatical.

D. El conocimiento y la creencia: lógicas epistémicas

La actitud del sujeto con referencia a una proposición, como la creencia o el conocimiento, no se tienen en cuenta en una lógica clásica; sin embargo la creencia o el conocimiento introducen un contexto *intensional* (del latín *intensio*, sentido; contrario a *extensio*: extensión, objeto, lo referido). En este sentido, se construyen lógicas específicas para dar cuenta de estos contextos intensionales de creencia y de conocimiento. Particularmente, Jaako Hintikka¹⁴ en *The logic of Epistemology and the Epistemology of logic* [14] propone una lógica epistémica y una lógica doxática ($\delta\omicron\xi\alpha$: creencia, opinión), lógica que recurre como en la alética al concepto de mundos posibles [9].

E. La interrogación: lógicas erotéticas

Lógica que formaliza el uso de preguntas, debido a que en la lógica clásica las preguntas no constituyen una verdadera proposición analizable y por lo tanto no aportan información.

F. Los actos del discurso: lógica ilocutoria

Con esta lógica, el análisis lógico va a considerar otro tipo de enunciados que aquellos susceptibles de ser verdaderos o falsos, son los enunciados tomados como efectuando un acto ilocutorio, $F(p)$,

11 Ruth Barcan Marcus (1921-2012): es una filósofa, lógica de Estados Unidos, conocida por sus descubrimientos en Lógica Modal como la *Formula de Bacan*. Sus trabajos en Filosofía del Lenguaje y Filosofía de la Lógica sobre la cuantificación substitucional o la Identidad y la Referencia de los términos fueron una influencia en la *Teoría de la Referencia* de Kripke.

12 Saul Aaron Kripke (1940). Filósofo, lógico de Estados Unidos, profesor emérito de la Universidad de Princeton y profesor de Filosofía de la Universidad de New York. La semántica de Kripke es utilizada en lógica modal, es considerado, como uno de los filósofos vivos más importantes.

13 Arthur Norman Prior (1914-1969). Lógico y filósofo neozelandés, fundador de la lógica temporal, hizo contribuciones a la lógica intensional. Sus obras importantes en lógica temporal son: *Time and Modality*, Oxford University Press, 1957; *Changes in Events and Changes in Things*. University of Kansas, 1962; *Past, Present and Future*, Oxford University Press, 1967; *Papers on Time and Tense*. Oxford University Press, 1968.

14 Jaako Hintikka (1929-2015). Lógico y filósofo finlandés. Sus principales obras se refieren a la *lógica del diálogo* (o *semántica de juegos*), la *semántica* y la *lógica epistémica*. Participa con S. Kripke a la elaboración de la semántica de los mundos posibles de Carnap, utilizada en *lógica modal*.

que articula una fuerza (F) ilocutoria y un contenido proposicional p , realizada sobre la base de los desarrollos de Austin¹⁵ y Searle¹⁶ que determina los parámetros pertinentes a esta lógica.

Anotaciones

La visión general de la Lógica Modal, sus elementos, desarrollos y sus lógicas correspondientes nos sitúan en el núcleo de la Lógica Deóntica.

III. CARACTERIZACIÓN DE LA LÓGICA DEÓNTICA

El fin de la aplicación de una lógica deóntica es análogo al de la lógica contemporánea o moderna, es decir la realización de un *análisis formal*; de manera que, es necesario despejar estructuras precisas, de estilo matemático, cuya base es una racionalidad no-formalizada que es la del lenguaje ordinario. Se busca así, una solución a las imprecisiones del lenguaje, por medio de una normalización para llegar a una coherencia en el análisis. La racionalidad deóntica, se formaliza, entonces, a partir de términos usuales como, «obligación», «permiso», «prohibido», «facultativo», etc., los cuales guardan una similitud con los conceptos ónticos¹⁷ (necesario, posible, ...), en razón de su universalidad. En este caso, se puede formalizar también la noción del tiempo, y la del individuo como el realizador de actos. Así, formalizar es, de alguna manera, idealizar y simplificar, lo que

es una de los objetivos buscados en cualquier tipo de lógica.

Siendo el sentido de este aparte, presentar las características de la Lógica deóntica moderna, se ha tenido en cuenta, principalmente sus desarrollos principales y su evolución epistemológica.

1) El origen y evolución de la Lógica Deóntica Moderna

Von Wright¹⁸ puede ser considerado como el verdadero creador de la lógica deóntica moderna¹⁹. El término «deóntico» viene del griego: $\delta\epsilon\omicron\nu$, $\delta\epsilon\omicron\nu\tau\omicron\sigma$, que significa *deber, lo que conviene*. A nivel general, trata de formalizar las relaciones que existen entre las alternativas de una ley como, obligación, prohibición, permiso y facultativo. Esta formalización toma cuerpo, por primera vez, en sus artículos de 1951 (*Deontic Logic in Mind, y An essay in modal logic*)²⁰.

Desde los años de 1950, el campo de la lógica deóntica empezó a evolucionar y se enriqueció y diversificó de manera inesperada; la literatura sobre la cuestión cuenta con muchos títulos importantes y especialistas como Anderson, Prior, Aqvist, Castaneda, Rescher, Georges Kalinowski en *Le problème de la vérité en morale et en droit et Théorie des propositions normatives*; O. Becker en *Untersuchungen uber den Modalkalkul*, J. L. Gardies en *Essai sur les fondements a priori de la rationalité morale et juridique*.

15 John Langshaw Austin: 1911-1960: Filósofo del lenguaje inglés. Propone una Filosofía del Lenguaje Ordinario, muy conocido por desarrollar la teoría de los Actos del Lenguaje.

16 John Rogers Searle (1932-) filósofo de Estados Unidos, pertenece a la corriente analítica, especialista en Filosofía del Lenguaje y Filosofía del espíritu. En su primera obra (*Speech Acts*, 1969), desarrolla la noción de «Acto de Lenguaje». Otras dos obras (*Expression and Meaning*, 1979, y *Foundations of Illocutionary Logic*, 1985) completan su concepto de Actos de Lenguaje.

17 La palabra *óntico*, del griego *ontos* (ser) y califica las modalidades del ser.

18 Georg Henrik von Wright, (1916-2003). Filósofo finlandés, enseñó en Cambridge donde sucedió a Wittgenstein (1948-1951), antes de volver a Finlandia. Es uno de los mejores conocedores de Wittgenstein, uno de los más grandes especialistas de la lógica modal y un teórico de la ciencia. Su trayectoria va del *Empirismo Lógico* al *Humanismo*. Desarrolla la *lógica de la acción y la lógica deóntica*.

19 Sin embargo Gottfried Wilhelm Leibniz en 1670, fue el primero en aplicar la *lógica modal* a la moral y señala la analogía siguiente: lo obligatorio (modalidad deóntica) es lo que es necesario (modalidad alética) para que el hombre sea bueno y hace la correspondencia siguiente:

- *Lo justo, lo permitido* es lo que es *posible* que el hombre sea bueno.
- *Lo injusto, lo prohibido* es lo que es *imposible* que el hombre sea bueno.
- *Lo equitativo, lo obligatorio* es lo que es *necesario* que el hombre sea bueno.
- *Lo facultativo* es lo que es *contingente* que el hombre sea bueno.

(Citado en: <http://www.universalis.fr/encyclopedie/logiques-non-classiques/1-logique-deontique/#>, Octubre 27 de 2015).

20 Igualmente Von Wright es portador de un conjunto de artículos y obras producidas a lo largo de su desarrollo de la lógica deóntica, tales como: *Norm and action*, 1963; *The logic of preference*, 1963; *An essay in deontic logic and general theory of action*, 1968; *Deontic logic and the theory of conditions* (artículo), 1971; *Deontic logic revisited* (artículo), 1973.

Sin embargo, los artículos de von Wright han sido la referencia obligada de las investigaciones deónticas durante muchos años, es el autor más fecundo y polimorfo de la materia, por lo cual es importante mostrar un perfil detallado de la evolución epistemológica del pensamiento de von Wright de 1951 a 1968, evidenciando de esta manera, el avance y las características de la lógica deóntica en general. Von Wright plantea tres sistemas estructurados, en los cuales se muestra el progreso de su pensamiento. Para este estudio, se retoman los planteamientos y argumentación de Hottois, importantes por la síntesis y aportes que presenta para su comprensión.

A. Primer Sistema de Lógica Deóntica

La estructuración de este primer sistema tiene su origen en el artículo de von Wright: «*Deontic Logic*» de 1951.

- Contexto General del Primer Sistema

La lógica deóntica está situada, según Von Wright, como una de las lógicas modales posibles: la construcción por *analogía* juega un papel muy importante en su creación, es decir realizada sobre la base del cálculo de funciones de verdad que se enriquece con operadores modales, adaptando los procedimientos de decisión (tabla de verdad, formas normales), a estos operadores.

Hottois nos presenta esta forma analógica con el cálculo de funciones de verdad de base modal, en donde se retoman tres tipos de lógica modal: alética, epistémica y deóntica (asegurando que no hay ninguna exhaustividad) y los cuantificadores de existencia y universales, lo que se ve en la siguiente tabla de modalidades (ver tabla 1).

Von Wright presupone que lo verdadero y lo falso no son modalidades; las lógicas modales se caracterizan notablemente según su comportamien-

to por sus valores. Así, se tienen las proposiciones p (en anotación de lógica clásica), M como *posible* y P como *permitida*, en donde: $p \supset Mp$ pero no $p \supset Pp$. Se puede leer como: «*si un hecho se afirma es que es posible pero no necesariamente permitido*». La construcción de la simbólica de von Wright, se realiza a partir de una modalidad principal, es decir que es *monodal*, así:

- Alética: sobre lo posible (M), lo necesario (N), por definición es igual $-M-$, lo imposible (IM) es igual al negativo de lo posible ($-M$) y lo contingente (C) es igual al negativo de lo necesario ($-N$).
- Existencial y Universal: sobre la existencia (\exists), para todos (\forall), por definición es igual a $-\exists-$, para el vacío es el negativo de la existencia $-\exists$ y el negativo de para todos $-\forall$.
- Epistémica: sobre lo verificado (Ve), lo indeciso es igual al negativo de lo verificado ($-Ve$), lo falsificado (Fa).
- Deóntica: sobre lo permitido (P), lo obligatorio (O), por definición es igual a $-P-$, lo prohibido (Pr) es igual a lo negativo de lo permitido ($-P$), lo indiferente es igual a lo negativo de lo obligatorio ($-O$).

- Elementos de Estructuración del Primer Sistema

Von Wright nos presenta los elementos constitutivos de su lógica, en un primer momento, así:

- Los actos (desde un punto de vista genérico, no individual) representados por A, B, C simbolizan el nombre de los actos: por ejemplo la acción de correr, de cantar, etc. A estos actos que se denominan variables nominales, se les aplican los operadores verifuncionales para formar nombres complejos. De

Tabla 1. Modalidades de von Wright: Nacimiento analógico de la Lógica Deóntica.

Alética	M (posible)	N (necesario) = -M-	IM(imposible)= -M	C(contingente)= -N
Existencial	\exists	$\forall = -\exists -$	(vacío)= - \exists	$-\forall$
Epistémico		Ve (verificado)	Fa (falsificado)	(Indecidido)= -Ve
Deóntico	P (permitido)	O(obligatorio) = -P-	Pr(Prohibido)= -P	(Indiferente)= -O
Analógica	X	-x- / y	- x	- (-x-) / -y

manera que, se tienen como expresiones bien formadas (ebf): $A \bullet B; (A \supset B)$.

- A los nombres simples A, B, C y complejos $A \bullet B, (A \supset B)$, se aplican los operadores deónicos para formar las proposiciones deónicas. Así: para P permitido y O obligatorio se tiene que la acción A es permitida en PA , y es obligatorio que B sea deducida de A : $O(A \supset B)$. En un enunciado mas complejo, en donde los conectores verifuncionales se pueden aplicar a las proposiciones deónicas simples, forman enunciados deónicos complejos: $[(PA) \bullet O(A \supset B)] \supset PB$. Se puede leer: Si el acto A lleva a hacer B , entonces el acto B se permite también.

- Introduce la obligación por definición o abreviación: $O = (def) -P-$

- Estos principios de Lógica Deónica no se axiomatizaron (definición de axiomas sobre los cuales se deducen formalmente los teoremas) sino parcialmente, se hablará de tres principios de base, antes que de axiomas:

1. $P(A \vee B) = PA \vee PB$: Se permite el principio distributivo deónico con respecto a la disyunción.

2. $-(-PA \bullet -P-A)$: Principio de lo permitido: para todo acto, o bien este acto se permite o bien su negación se permite; un acto y su negación no pueden ser conjuntamente prohibidos). Así:

- $P-A = (def) OA$: obligatorio A

- $PA = (def) pr A$: prohíbe A

Se tendrá si no $OA \bullet pr A$

3. $-P(A \bullet -A)$ y $O(A \vee -A)$: Se prohíbe $A \bullet -A$; un acto contradictorio $A \vee -A$ no es necesariamente prohibido.

- Procedimientos de decisión y teoremas

El procedimiento de decisión²¹ para los enunciados deónicos plantea un uso combinado y original de la forma normal disyuntiva²² y de la tabla de verdad²³. Se puede establecer de esta manera que, ciertas expresiones se comportan como tautologías (teoremas), es decir como leyes del sistema.

Como ejemplo se presentan algunos teoremas verificables por estos métodos:

- $OA \supset PA$: Muestra las relaciones entre los operadores O (obligatorio) y P (permitido). Lo obligatorio de A implica lo permitido de A .

- $[OA \bullet O(A \supset B)] \supset OB$; $[PA \bullet O(A \supset B)] \supset PB$; $[-PB \bullet O(A \supset B)] \supset -PA$; $O(-A \supset A) \supset OA$; Muestran las leyes de compromiso

- $O(A \bullet B) \supset OA \bullet OB$; $P(A \vee B) \supset PA \vee PB$; $(OA \vee OB) \supset O(A \vee B)$; $P(A \bullet B) \supset PA \supset PB$; Muestran las Leyes de la Distribución

- Características del Primer Sistema de la Lógica Deónica (1951):

1. La semántica considera una interpretación natural como moral o ética, por ejemplo:

$[-PB \bullet O(A \supset B)] \supset -PA$: «si cumplir una cosa nos compromete a hacer lo que está prohibido, entonces se nos prohíbe cumplir la cosa inicial. Seguir nuestra consciencia, se puede decir,

21 Un *procedimiento de decisión* es un *test mecánico* que permite determinar en qué caso una expresión es verdadera y en particular decidir si es siempre verdadera, es decir verdadera para todas las substitutiones de las variables por sus valores y en este caso es una expresión *válida*. Al considerar la proposición: $p \rightarrow (p \vee q)$. Esta expresión es siempre verdadera y se puede ver por simple razonamiento. Si p es verdad entonces la disyunción será verdad también y la condicional igualmente (para todos los valores de q). Si p es falsa, la condicional será verdad porque su antecedente es falso. De esta manera, un procedimiento de decisión es también un *test de validez* [6].

22 La *forma normal disyuntiva*, consiste en reescribir una proposición en vista de presentarla más simple o más transparente: un simple vistazo revela cuándo es falsa o verdadera; se presenta bajo la forma de una cadena disyuntiva de expresiones elementales. Por ejemplo: la proposición $(p \rightarrow \mu) \rightarrow (-\mu \rightarrow -\gamma)$, tiene como *Forma Normal Disyuntiva (FND)*, la cadena: $(p \bullet q) \vee (p \bullet \mu) \vee (-\gamma \bullet q) \vee (-p \bullet q)$. Esta FND concierne todas las combinaciones posibles de p, q y por consecuencia todas las situaciones posibles de un mundo que tendría solamente dos maneras de verlas: sea que tengan lugar las dos al tiempo, sea que una situación tenga lugar sin la otra o sea que ni la una ni la otra tengan lugar.

23 La *tabla de verdad*, es el procedimiento más conocido, muestra el carácter universal, mecánico y automático del procedimiento de decisión; su uso no exige ninguna invención ni imaginación; permite en una tabla mostrar las expresiones válidas de un sistema y más generalmente permite calcular las variaciones de valores de las expresiones complejas.

no es un criterio suficiente de la rectitud de la acción» [6].

Sin embargo, da cabida a la Lógica del *Tun-sollen* (deber hacer) que considera las normas relativas al hacer y al actuar²⁴.

2. Reductibilidad casi integral, a las diversas lógicas conocidas. Es la vía por la cual se hace la construcción analógica de la Lógica Deóntica de 1951, tanto para la relación con la teoría de funciones de verdad, como para la relación con otra lógica modal, sin embargo no es reductible totalmente a una interpretación de la lógica modal alética.
3. Sistema directamente construido sobre el cálculo proposicional, sin necesidad de lógicas intermedias (como la lógica del tiempo o de la acción), refleja, entonces, el cálculo proposicional y se reemplaza directamente A, B, C, \dots por p, q, r, \dots
4. Estructuración por niveles:
 - primer nivel ($A, A .B, \dots$), nombre simples o complejos referidos a las acciones;
 - segundo nivel ($O(A.B), PB, \dots$), las proposiciones. La referencia es entonces doble. Esta excluye las expresiones mixtas como $A \supset OB$, o el uso recurrente de los operadores: $O(OA)$, porque la operación deóntica debe aplicarse a nombres de actos y no a operaciones deónticas.
5. Monomodal: todos los operadores son definidos a partir de una sola modalidad P (permitido).
6. Monádica: lo que significa que este sistema no dispone de herramientas que hacen posible la formalización de las normas condicionales (*A es obligatoria si la acción B se cumple*).

- La Evolución del Primer Sistema de la Lógica Deóntica

Se encuentran dos puntos importantes en la evolución de la Lógica Deóntica: uno, que es el encuentro de paradojas, como en el primer estadio de evolución de esta lógica con Lewis; otro, que se concentra alrededor de una reflexión lógica-filosófica sobre las relaciones entre proposición y norma, llevada a cabo por von Wright mismo.

• El problema de las paradojas

El encuentro de paradojas (por Ross y Prior) produce una serie de teoremas paradójicos. Paradoja del griego $\pi\alpha\rho\alpha\delta\omicron\varsigma\omicron\sigma$ (para: contra y doxa: opinión): opinión contraria a la opinión común, es decir que llevan naturalmente a una interpretación que entra en conflicto con el sentido común, así:

- La paradoja de Ross: $Op \supset O(p \vee q)$ ²⁵: «si debo comprar una casa entonces yo debo comprarla o arrendarla».
- La paradoja de Prior (o paradoja del compromiso): $Op \supset O(\neg p \supset q)$: «Si yo no barro mi casa, entonces yo me comprometo a hacer cualquier cosa».

Anotaciones Epistemológicas

Llama la atención que la estructura de las paradojas es análoga a la de las paradojas de la implicación material, vistas anteriormente.

Von Wright con respecto a las paradojas, plantea dos causas:

- La falta de un formalismo lo suficientemente claro y preciso, de manera que no se den este tipo de fenómenos.
- La lectura de proposiciones de una manera intuitiva y confusa, que hace aparecer su carácter paradójico y no de alguna debilidad formal.

²⁴ Al contrario, una lógica del *Scin-sollen* (deber ser) se ocupa de las normas relativas al ser y a sus situaciones.

²⁵ Se notará que las variables de nombres de acción (A, B, C, \dots) han sido reemplazadas por las clásicas variables proposicionales (p, q, r, \dots)

En los años 50, se le da prioridad a los límites del formalismo, como causante de las paradojas y, especialmente a una formalización insatisfecha de la noción de «compromiso» ($O(p \supset q)$), ella misma debido al hecho que es una lógica monádica, incapaz de expresar proposiciones deónticas condicionales o hipotéticas («*Esto es obligatorio – o permitido o prohibido – si tal acción o tal situación se cumple*»). Esto lleva a buscar soluciones en aras de presentar una lógica deóntica diádica o condicional provista del operador «/»

Ejemplo:

$P(p \angle c)$: «*p es permitido según la condición c*».

Igualmente se plantea un análisis de operadores deónticos (O y P) y una distinción entre operadores fuertes y débiles (caracterizados por axiomas diferentes).

Las soluciones dadas a las paradojas contribuyeron a dirigirse hacia una perspectiva *meta-lógica*²⁶ rigurosa para poder describir diversas lógicas deónticas posibles según cualidades diferentes. Igualmente se ve la necesidad de llegar a una claridad entre la lógica y la acción y entre la proposición y la norma.

- Lógica y acción; proposición y norma

Se ha visto el paso del uso de variables de acción (A,B,C, ...) a aquel de variables proposicionales (p,q,r, ...), lo que se refiere a un paso del *deber hacer* («*Tun-sollen*») al *deber ser* («*Scin-sollen*»), porque en lógica clásica los operadores de verdad se aplican a expresiones proposicionales que llevan a «verdadero» o «falso» y no a nombres de acción que no llevan a estos valores. Sin embargo, el uso de variables proposicionales con los operadores deónticos crea ambigüedad, de manera que la obligatoriedad de r en la proposición: O-r, no se sabe si se obliga a acabar con la situación r, o se obliga a abstenerse de realizar la situación r.

En consecuencia, se ve la necesidad de elaborar, como soporte anterior de una lógica deóntica, una lógica de la acción (LA) que:

- Aplique los operadores de verdad solamente a expresiones proposicionales y
- Resuelva las ambigüedades vistas en las paradojas.

La correspondencia entre norma (acción) y proposición (lógica), lleva a profundizar, en primera instancia, la problemática del uso del aparato de verdad (proposiciones, conectores, funciones, tablas, valores, ...) y, en segunda instancia, a encontrar las relaciones entre norma y proposición. Esto conduce al planteamiento de una Lógica Deóntica que toca tanto las expresiones susceptibles de ser interpretadas como proposiciones o como normas propiamente dichas.

Estas reflexiones sobre el primer sistema de lógica deóntica presentan la necesidad de crear un segundo sistema de lógica deóntica en 1963.

B. El Segundo Sistema de Lógica deóntica

- Contexto filosófico-lógico

El marco general del sistema presentado en 1963, se amplía a tres tipos de conceptos: deónticos (obligación, prohibición, permiso, ...), axiológicos (bien, mal, mejor, ...) y antropológicos (selección, decisión, necesidad, ...).

Así mismo, a estos tres grupos conceptuales les corresponden tres tipos de lógicas. Von Wright se ocupa casi exclusivamente del primer tipo; esquematiza, sin embargo, una parte de la lógica axiológica bajo la forma de lógica de la preferencia.

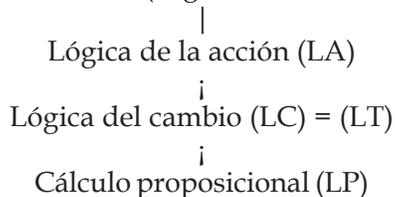
- Estructura del Segundo Sistema

En el Primer Sistema de 1951, se pasaba sin transición del *cálculo proposicional* a la *lógica deóntica*, pero las dificultades encontradas en esta lógica deóntica, hacen ver la necesidad de estructurar un sistema por niveles de lógica, donde la cima es la lógica deóntica, soportada por los niveles referidos a: una Lógica de la Acción (LA), en donde la construcción necesita la base de otro nivel que es la Lógica del Cambio (LC) que correspondería a una Lógica temporal o del tiempo (LT) y el sistema

²⁶ *Metalingüístico* es el nivel superior de la Lógica que explica la Lógica misma.

en su totalidad, se apoya directamente sobre el nivel del cálculo proposicional o de la teoría de las funciones de verdad (LP), así:

Lógica deóntica (Segundo Sistema de LD)



- El nivel de la Lógica del Cambio (LC)

Elementos de la Lógica del Cambio

- p, q, r, \dots : variables proposicionales genéricas (estado de cosas repetibles)
- T: operador de cambio donde: $p T q$ (paso de la situación p a la situación q); $\neg p T p$ (aparición de la situación p, por ejemplo: «la ventana se abre»); $p T p, \neg p T \neg p$ (la persistencia de un estado).
- A las expresiones en T se aplican los conectores clásicos. Ex: $(p T p) \supset q T \neg q$, que se puede leer: si la situación p persiste, entonces la situación q desaparece.
- Hay cuatro cambios elementales para un estado p: $p T p, p T \neg p, \neg p T p, \neg p T \neg p$. Mutuamente son excluyentes y en conjunto son exhaustivos.
- Toda expresión en T puede ser considerada como una función de cambios elementales.

- Como en 1951, von Wright va a establecer un método de decisión de las EBF (expresiones bien formadas) en T que combina el recurso de la FND (formas normales disyuntivas) y las tablas de verdad.
- El nivel de la Lógica de la Acción (LA)

Elementos de la lógica de la acción

- Incluye dos operadores de acción que se utilizan sobre la lógica de cambio, así:
- d: operador de efectuación o de cumplimiento (del inglés do);
- f: operador de abstención o de no-efectuación (de un acto que el agente tenía la capacidad de hacer y no lo hizo) (del inglés forbear).

De manera que si existen cuatro cambios elementales para un estado dentro de la Lógica del Cambio: $p: p T p, p T \neg p, \neg p T p, \neg p T \neg p$, al introducir los dos operadores d y f, se producen 4 cambios de cumplimiento y 4 cambios de abstenciones elementales. Hottois resume estos cambios en la tabla siguiente, así (ver tabla 2).

Para la primera línea, por ejemplo: «la acción de hacer persistir la situación p» postula como condición que p existe y tiende espontáneamente a desaparecer; el resultado del acto será la persistencia de p.

A las expresiones en d y en f, los conectores se aplican para formar los enunciados de acción complejos. Por ejemplo:

Tabla 2. Cambios

Proposición	Efectuación o abstención	Resultado	Lectura
$p T \neg p$	$d(p T p)$ $f(p T p)$	$p T p$ $p T \neg p$	Hacer persistir Dejar evanuirse
$p T p$	$d(p T \neg p)$ $f(p T \neg p)$	$p T \neg p$ $p T p$	Destruir Dejar persistir
$\neg p T \neg p$	$d(\neg p T p)$ $f(\neg p T p)$	$\neg p T p$ $\neg p T \neg p$	Producir Dejar ausente
$\neg p T p$	$d(\neg p T \neg p)$ $f(\neg p T \neg p)$	$\neg p T \neg p$ $\neg p T p$	Mantener la ausencia Dejar surgir

$$f(p \text{ T } p) \bullet d(q \text{ T } q)$$

- Procedimientos de decisión

Se pueden establecer los procedimientos de decisión, la FND (Forma normal disyuntiva) y las tablas de verdad²⁷, sin embargo, el procedimiento aparece excesivamente pesado. Así, la FND de una expresión tautológica sobre dos variables proposicionales es una disyunción de $26 = 64$ producto de dos expresiones elementales en d o f .

Von Wright con el fin de facilitar el uso de procedimientos de decisión en la lógica de acción, presentó una versión para tratamientos informáticos.

- El nivel de la Lógica Deóntica (LD)

Elementos de los « Núcleos de Normas »

Se distinguen seis dimensiones de la norma: carácter, contenido, condición de aplicación, autoridad, sujeto, ocasión. El núcleo presentado por von Wright contiene solo las tres primeras:

- Carácter: obligación, permiso, prohibición, ...
- Contenido: es el acto objeto de la norma. Son las expresiones en d o f .
- Condiciones: ellas corresponden a las condiciones intrínsecas de efectución de los actos elementales.

Los operadores deónticos se aplican a expresiones en d o f : por ejemplo, una EBF (Expresión bien formada): $O[d(-p \text{ T } p) \bullet f(-q \text{ T } q)]$, en donde una interpretación concreta, será:

Sea $p =$ la casa está abierta, entonces $-p =$ la casa está cerrada; $d =$ hacer. $d(-p \text{ T } p) =$ hacer que la casa cerrada se abra.

Sea $q =$ el jardín está abierto, entonces $-q =$ el jardín está cerrado; $f =$ abstenerse. $f(-q \text{ T } q) =$ abstenerse que el jardín cerrado se abra.

La interpretación de la EBF, con el operador modal O :

$O[d(-p \text{ T } p) \bullet f(-q \text{ T } q)]$ sería: «es obligatorio que abra la casa y deje el jardín cerrado».

Según las dimensiones presentadas por von Wright, se tiene:

Carácter: obligación.

Contenido: la expresión que sigue al operador deóntico O .

Condiciones: casa y jardín deben estar abiertos y no estar sobre el punto de cerrarse espontáneamente, sea: $-p \text{ T } p$ y $-q \text{ T } q$.

- Características del Segundo Sistema

Además de la topología y la naturaleza por niveles del sistema, se tienen las siguientes características de este Sistema:

1. *Una semántica ambigua:* las expresiones del segundo sistema de la lógica deóntica conducen a dos tipos irreductibles de entidades: proposiciones o normas. Para von Wright el discurso normativo no depende del lenguaje de funciones de verdad. Contrariamente a estas proposiciones, las normas no son verdaderas o falsas, por lo cual no debería aplicárseles la estructura lógica del discurso de verdad (tales como operadores)²⁸.

Sin embargo, Von Wright, señala la ambigüedad de los enunciados deónticos, porque estos pueden ser tomados sea por: a) verdaderas formulaciones normativas, sea b) formulaciones verdaderas o falsas, con estructura verifuncional.

²⁷ El establecimiento de las reglas de distribución de los operadores d y f con relación a la disyunción y a la conjunción permite afirmar que toda expresión en df es una función de verdad de expresiones elementales en d o f .

²⁸ G. Kalinowski [12] se pregunta si los juicios morales y jurídicos, que son del conocimiento práctico o resultados de la acción humana, caen bajo las categorías de lo Verdadero y Falso y si es así, se pregunta *¿cuál es la forma de hacerlo?* Los que promueven que no pueden ser verdaderos o falsos, corriente del «no», entre otros von Wright, se basan en que las proposiciones prácticas no son actos cognitivos, no se pueden objetivar. La corriente del «sí» afirma que los juicios morales y jurídicos pueden alcanzar un valor porque son parte de un acto de conocimiento.

Por ejemplo, una expresión como: «Usted no puede echar basura aquí», se puede interpretar: sea como una norma y cumplirla o interpretarla como información concerniente a la existencia de esa norma y será verdad si la prohibición existe efectivamente, falsa si no.

En este sentido, conviene conservar la ambigüedad de las expresiones de la Lógica Deóntica, de manera que en esta lógica, las proposiciones normativas (b) y las relaciones propias a las normas en sí mismas (a), se encuentren reflejadas.

Igualmente, a nivel de su horizonte de interpretación, la semántica se caracteriza por una acentuación de los modelos jurídico-político-legales y menos de un modelo ético. Todo pasa como si el segundo sistema de la lógica deóntica evoluciona hacia la elaboración de una teoría de la autoridad explícita, efectiva y coherente.

2. La lógica deóntica del Segundo Sistema, es *bimodal*: O (Obligación) y P (Permiso) son consideradas modalidades irreductibles, en razón de las consideraciones de filosofía jurídica y política. De hecho, von Wright distingue entre un permiso débil, definible como O (Obligatorio, es decir como lo que no está prohibido; por ejemplo, aquello que no llama la atención de la autoridad) y un permiso fuerte (actuado y protegido por la autoridad), irreductible a la ausencia de prohibición y entonces es $\neg O$.

3. La lógica deóntica del segundo sistema es igualmente monádica, como en el primer sistema. Sin embargo, von Wright desarrolla importantes prospecciones en dirección a ampliarla a una forma diádica, es decir hacia una lógica de las normas condicionales hipotéticas.

El operador diádico es la barra « / ». La originalidad consiste en introducir la ampliación diádica en las estructuras de la lógica deóntica, a saber en la lógica de la acción que se convierte en una lógica de la acción condicionada. De donde, las EBF como $d(p \text{ Tp}) / (q \text{ T } q)$. «Si p existe y persiste, entonces haga de manera que q se quede».

Se pueden considerar las expresiones en *df* monádicas como las abreviaciones de expresiones diádicas: $d(p \text{ Tp})$ abreviado así:

$d(p \text{ Tp}) / (p \text{ T-p})$ (Condición interna del acto de mantenimiento de p).

Las expresiones en *df* son proposiciones descriptivas de acción no representan acciones porque a través de la lógica del cambio (LC), la lógica de la acción (LA) se apoya sobre variables proposicionales de las situaciones y no de las acciones o del proceso²⁹.

C. Tercer sistema de la Lógica Deóntica y sus desarrollos ulteriores

A partir del año 1968, von Wright recorre diversas lógicas deónticas posibles, mientras que en 1951 y todavía en 1963, la perspectiva de von Wright era aquella de la construcción de un sistema absoluto, en 1968, el lógico analiza y compara las diversas lógicas deónticas posibles, emprende un orden en el universo deóntico y presenta el diseño ampliado de éste. Nos vamos a delimitar a una serie de indicaciones muy generales, sobre el sistema resultante, así:

1. Los dos criterios más importantes de esta organización son: la distinción entre lógicas mono y bimodales y la distinción entre lógicas monádicas y diádicas. La definición de una combinatoria de criterios lleva a presentar: las monodales monádicas (Primer Sistema de 1951), bimodales monádicas (Segundo Sistema de 1963), bimodales diádicas (diseño diádico de 1963). En 1977 deja el interés por el operador diádico en provecho de una lógica de normas condicionales utilizando el signo clásico del condicional material: $p \text{ O } q$ (Si p es el objetivo, entonces q es obligatorio) y plantea una semántica unitaria de proposiciones normativas, en donde el horizonte de interpretación es jurídico-legal. Igualmente las investigaciones se tornan hacia una lógica deóntica del *Tunsollen* (deber hacer).

Sin embargo, las lógicas monádicas, consideradas como formas abreviadas de lógicas diádicas,

²⁹ Se podría creer que la intervención de un nivel de la Lógica de la Acción (LA) hace del Segundo Sistema de la Lógica Deóntica una lógica del *Tunsollen* (deber hacer), sin embargo debido a que las expresiones en *df* no representan acciones sino proposiciones descriptivas de acción; es decir que a través de LC (lógica de cambio), LA (lógica de acción) se apoya sobre variables proposicionales que simbolizan situaciones y no acciones o procesos (Hottois 2002 110).

llevan a que la verdadera diversificación tiene lugar en el seno de ellas. Además, como la mono o bimodalidad reenvía finalmente a los diferentes sentidos posibles de P (*ermitido*) y O (*bligatorio*), es esta última diversidad que es la verdadera fuente de la multiplicidad de las lógicas deónticas posibles. Von Wright distingue y define así 6 conceptos de permiso y 6 de obligación condicionales.

2. En 1968, von Wright busca explicar las paradojas teniendo como causa las confusiones de interpretación (a nivel de la interpretación intuitiva) de los diferentes sentidos de los operadores. En 1977, esta preocupación se reduce completamente.

3. Otro criterio importante se encuentra entre: lógicas deónticas inmediatas y mediatas. En 1968, aparece una tendencia a favor de una vuelta a los sistemas inmediatos sin base en la lógica del cambio o de la acción (ejemplo: EBF- expresión bien formada- del tipo $P(p/q)$). Von Wright quiere construir una lógica deóntica de la acción haciendo la economía de operadores de acción. Elabora un cálculo en T1 que constituye una lógica de acción cuyos EBF tienen la estructura siguiente:

(1) T ((2) I (3)). En (1) se hace referencia a la expresión de la situación inicial; en (2) aquella de la situación final efectivamente realizada; en (3) aquella de la situación que ha sido, si no se ha intervenido.

Desde entonces, el acto de «cerrar la ventana» se escribe (cuando p = la ventana está cerrada): $-pT(pI-p)$ (a), donde $-p$ = la ventana está abierta; T = operador de cambio; pI = la ventana está cerrada, donde I expresa la condición intrínseca de la intervención; $-p$ = la ventana está abierta.

En 1963, se hubiera tenido $d(-pTp)$ (b). Si bien (a) comporta dos signos de más que (b), (a) es más económico porque expresa la condición intrínseca de la intervención (a saber $-pTp$), en donde la expresión en (b) exigirá 5 signos.

4. Para aquello que es la distinción entre iteratividad y no iteratividad, von Wright aborda la construcción de lógica deóntica con operadores iterativos (ejemplo: POp, PPq, \dots). Esta orientación es capital para dar cuenta de una jerarquía de poderes. En esta corriente, una gran diversidad de lógicas deónticas iterativas se pueden prever, según

su correspondencia a un determinado sistema y a sus axiomas, en expresiones tales como, $Pp \supset PPPp$, $Op \supset POp, OOp \supset Op, \dots$

5. Así mismo, otro esfuerzo realizado radica en la presentación de los sistemas considerados de manera axiomatizada, formalizada y la adopción de una semántica unitaria (proposiciones y hechos) y la persistencia del horizonte de interpretación y aplicación jurídica.

6. Von Wright presenta alternativas de reduccionismo que se deben entender como la tendencia lógico-filosófica para concebir y construir un sistema deóntico a partir de la interpretación de una lógica ya disponible, la más frecuente la lógica modal alética, sin introducir conceptos operatorios que no serían enteramente definibles por los medios de esta lógica. El reduccionismo estima entonces que la lógica deóntica no constituye un nuevo tipo de lógica, sino más bien una interpretación de una lógica ya construida.

Las tentativas reduccionistas propiamente de von Wright, tienden a asimilar toda norma a una condición necesaria y o/ suficiente, en vista de obtener o de producir alguna cosa o de ser alguna cosa. Como tal, la norma se aclara a partir de una concepción instrumentalista, tecnicista o convencionalista de lo normativo, por otro lado, si ciertas proposiciones normativas son proposiciones condicionales, entonces nos encontramos con el discurso de la verdad y nada se opone a un tratamiento modal alético integral de lo deóntico.

De manera que decir, una cosa debe ser o debe hacerse, es afirmar que esta cosa es la condición necesario de alguna otra cosa. Lo que se formaliza:

$$Nc(p, q) = (\text{def}) N(q \supset p)$$

(la verdad de p es condición necesaria de la verdad de q)

El operador deóntico se introduce por definición:

$$Op = (\text{def}) Nc(p, I)$$

(I es una constante proposicional que designa una cosa, cualquiera que sea, cuyo acto obligatorio es la condición)

$$Nc(p, I) = N(I \supset p)$$

Sin embargo, hacia el año 1977, von Wright, inclusive si el tema del reduccionismo sigue vigente, deja la analogía con la lógica modal alética, posibilitando a la lógica deóntica su propio camino.

Anotaciones Epistemológicas

La ilustración clásica del reduccionismo es la concepción de Anderson («*A reduction of deontic logic to alethic modal logic*» in *Mind*, 1958 y «*A logic of norms*» in *Logique et analyse*, 1958). Según él, sería posible, tener como base cualquier sistema modal alético desarrollado, y gracias a la adición de una constante proposicional y de definiciones apropiadas, producir un sistema deóntico comportando al menos todos los teoremas del Primer Sistema de la lógica deóntica de 1951. Desde entonces, la lógica deóntica no sería más una rama autónoma de la lógica, según Prior (1957).

Prospección nueva a partir de 1980, donde la investigación deóntica es moderna y eficaz, caracterizada por:

- Introducción de dos tipos de variables: p, q, r, \dots : situaciones genéricas; x, y, z, \dots : acciones individuales; de donde las EBF: $[p] x$ (la acción x produce la situación p); $[-p] x$ (la acción x produce la situación no p); $-\lceil p \rceil x$ (la acción x no produce la situación p).

- Los conceptos deónticos no son más tratados como operadores pero como propiedades de acciones individuales (ruptura total con la analógica modal): $x = x$ es permitido.

- El uso de los cuantificadores es entonces tolerado: $(x) (\lceil p \rceil x \supset Px) = \langle \text{toda acción cuyo resultado es } p \text{ es permitida} \rangle$ (todas las acciones de un cierto tipo son permitidas).

- Tendencia a introducir O a partir de P y de la negación y recurso al esquema de Anderson para el debate de los conceptos deónticos (una cierta perspectiva reduccionista).

IV. CONCLUSIONES

Los planteamientos de von Wright en lógica deóntica dejan entrever, lo que se podría llamar

una racionalidad de las expresiones jurídicas, es decir de un conjunto de nociones y de reglas puramente racionales cuya necesidad lógica se presenta prioritariamente. Sus lineamientos y los esfuerzos realizados por los lógicos en esta vía tienden a llenar un gran vacío dejado por la ciencia occidental en el dominio de la práctica, habiendo puesto todo su empeño en el desarrollo de la racionalidad del conocimiento teórico. Se puede decir que desde hace más de un siglo los límites que se tenían para el no-desarrollo de este tipo de ciencia práctica, se han ido franqueando y se sabe que desde el punto matemático y lógico, se cuenta con una base importante para su desarrollo, como la teoría cantoriana de conjuntos, la lógica de relaciones, la de proposiciones y además ciertos análisis de escuelas como la fenomenológica. Estas herramientas han permitido que las tentativas en lógica normativa o deóntica se hayan podido desarrollar y se presenten de una forma más clara y ampliada las verdades reconocidas de este conocimiento práctico tanto en el deber hacer como en el deber ser.

En este caso, se reconoce que al realizar la construcción de esta lógica, se amplía el campo de la lógica en general y de la filosofía, en tanto que plantea una manera original de pensar sobre el deber ser y el deber hacer, por medio del empleo universal del análisis formal y el respeto de la rigurosidad. De otro lado, el lenguaje y las intuiciones ordinarias, bien que son indispensables, no son absolutamente confiables y el sentido de los conceptos, cuyas propiedades bastante amplias, es cuestionado y pensado ahora bajo el tamiz del análisis formal, seguramente no aparecerá sino al término de éste análisis.

Así, el sentido analizado llevaría a replantear la intuición, el lenguaje y los conceptos utilizados y se hablaría de ellos como reformados.

REFERENCIAS

- [1] P. Bailhache. *Essai de logique déontique*, Mathesis. 1991.
- [2] M. Bernadet. *Introduction pratique aux logiques non-classiques. Avec exercices corrigés*. Paris: Hermann Editeurs, 2011.
- [3] R. Blanché. *Introduction à la logique contemporaine*, Librairie Armand Colin. Paris, 1957.

- [4] D. Vernant and M. Popelard. *Éléments de Logique*. Paris: Seuil, 1998.
- [5] R. Blanché and J. Dubucs. *La logique et son histoire*. Paris: Armand Colin/Masson, 1996.
- [6] G. Hottois. *Penser la logique, Segunda*. Bruxelles: De Boeck, 2002.
- [7] C. Lewis. *A survey symbolic logic*. Berkeley: University of California Press, 1918.
- [8] J. Largeault. «La Logique.» Paris, PUF, 1993.
- [9] R. Carnap. *Introduction to Symbolic Logic and its Applications*. New York: Dover Publications, 1958.
- [10] A. Prior. *Time and Modality*. Oxford University Press, 1957.
- [11] J. Hintikka and M. Hintikka. *The logic of Epistemology and the Epistemology of logic: selected essays*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989.
- [12] G. Kalinowski. *Le problème de la vérité morale et en droit*. Lyon: Editions Emmanuel Vitte, 1967.

EVALUACIÓN DESDE LA ÓPTICA DE LA COMPUTACIÓN FORENSE DEL BUG OPENSLL - HEARTBLEED

Evaluation from the perspective of forensic computing of the bug OpenSSL - Heartbleed

JOHN ALEXANDER RICO FRANCO*

Recibido: 1 de abril de 2015. Aceptado: 11 de junio de 2015

RESUMEN

En abril de 2014, se desvelo por parte de la comunidad especialista en seguridad informática, un fallo que afectaba a una de las librerías criptográficas primordiales en la protección de datos en Internet tal como lo es OpenSSL y debido a la popularidad de esta librería se estipula que este fallo conocido como Heartbleed, llego posiblemente a afectar al 66% de servidores de servicios web implementados en toda la Internet, esto debido al hecho de la implementación implícita de OpenSSL en aplicaciones libres tan importantes y que manejan datos sensibles de los usuarios, tales como lo son Apache, Dropbox, Gmail, Minecraft, MySQL, OpenVPN y Ubuntu¹.

El presente documento busca presentar los conceptos y conclusiones que han sido resultado de un proyecto de investigación basado en estudiar algunos de los más interesantes aspectos concernientes a la falencia Heartbleed, desde su identificación, características, técnicas de aprovechamiento por parte de los delincuentes informáticos y medidas prácticas de mitigación; buscando así lograr dar una visión panorámica de esta catastrófica vulnerabilidad, que aunque esta ha sido ampliamente discutida y documentada en toda Europa, Asia y Estados Unidos, cabe resaltar que en Colombia y en varios países de sur y centroamérica esta alerta paso bastante desapercibida por la gran mayoría de los usuarios de dichos servicios comprometidos; por ende otra finalidad de este documento es aparte de presentar al bug Heartbleed es el de generar conciencia en cualquier profesional de la ingeniería de sistemas y a cualquier lector interesado, de que siempre existe la posibilidad de la existencia de otros fallos de igual o mayor magnitud sobre la protección de información en la Internet, puesto que una de las principales ventajas que tienen los delincuentes es la desinformación por parte de las personas sin altos conocimientos en sistemas y que utilizan la totalidad de los beneficios aportados por los distintos servicios desplegados en la Internet y que por ende muy posiblemente fueron víctimas directas en este desafortunado incidente computacional.

Palabras clave: extensión Hearbeat, fallo heartbleed, OpenSSL, kali linux, nmap, metasploit, seguridad informatica, servidores web, robo de información.

ABSTRACT

In April of 2014 the community of computer security specialists centralized on the study of vulnerabilities over the Internet find out a catastrophic bug in OpenSSL library, this is one of the most used cryptographic libraries for the data protection over TCP/IP networks; this bug was called Heartbleed and it's estimated that error harm over the 66% of the live web servers implemented in the Internet, adove the active time of the Heartbleed, and all this happened because the implicit use of the OpenSSL over critical applications like Apache, Dropbox, Gmail, Minecraft, MySQL, OpenVPN, Ubuntu and YouTube.

* Ingeniero de Sistemas - Especialista en Seguridad de Redes de la Universidad Católica de Colombia, con más de 7 años de experiencia como consultor independiente en proyectos referentes a temas de seguridad informática, criptografía y realización de pruebas de calidad de software. Catedrático Universitario y Docente Investigador del Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Sistemas (G.I.D.I.S) de la Corporación Universitaria Republicana. Correo electrónico: johnricof@gmail.com

Advertencia: La información exhibida en el presente artículo es presenta da exclusivamente con fines educativos y preventivos; por ende el investigador y la institución educativa que este representa se deslindan de cualquier responsabilidad ligada al hecho de que el lector de este documento utilice de manera inapropiada o delictiva la información y/o herramientas a continuación descritas.

The following paper intends to exhibit the concepts and conclusions which are the result of a research project of the most interesting aspects concerning the Heartbleed bug, this study covers the identification of the error, their characteristics, harvesting techniques used by the hackers in the active time of the bug and some mitigation measures; all this aims to generate a local overview of this major failure because in Europe, Asia and the United States this flaw was highly documented and socialized but in Colombia and several other countries in Central and South America this warning went unnoticed by the vast majority of users of those influenced web services and it's because of this scene I don't want only submit to the facts of the Heartbleed bug, I intend revive the discussion of that sensitive issue and raise awareness of the reader about the possibility of the existence of other problems of equal or greater magnitude in the protection of sensitive data in networks TCP/IP and so reduce one of the greatest tools in the arsenal of the informatic offenders which is the misinformation and ignorance on these sensitive issues by millions of potential victims all over the Internet.

Key words: hHeartbeat extension, heartbleed bug, OpenSSL, kali linux, nmap, metasploit, information security, web servers, loss of information.

I. INTRODUCCIÓN

A inicios del 2014, se detecto por parte de un sector de investigación dedicado a profundizar sobre temas de seguridad informática, una vulnerabilidad de alto impacto en la librería criptográfica libre OpenSSL² y que generaba un abismo de seguridad al ser implementada de manera nativa con cualquier servidor web que utilizara dicha librería para la protección de datos compartidos en un ambiente tan inseguro como lo es Internet; pero esta falla llego a ser tan desastrosa fue por el hecho de afectar de manera directa a cualquier implementación web basada en el reconocido servidor Apache³. Esta falla de seguridad en la protección de información sensible salvaguardada bajo la librería OpenSSL fue llamada Heartbleed y es considerada por la comunidad de expertos en seguridad informática como una de las vulnerabilidades mas funestas en la protección de datos en Internet, no solo por su alta propagación debido al hecho de la confianza absoluta que se tenía sobre OpenSSL al momento de concebir procesos de comunicaciones seguras entre clientes y servidores web, por lo cual hacia que muchos sitios o servicios web reconocidos fundamentaran de manera incondicional su proceso de protección de información bajo esta librería; sino que también era bastante sencillo el aprovechamiento de esta vulnerabilidad⁰ por parte de los delincuentes informáticos conocedores de esta.

Y aunque en la historia de OpenSSL se han presentado varios incidentes de seguridad significativos, el bug Heartbleed ha sido el que más repercusiones ha representado; esto debido al hecho de que esta falencia le permitía a un delincuente informático poder extraer y leer en texto-plano datos sensibles almacenados en la memoria del servidor web transgredido, en los cuales se podía

encontrar nombres de usuario, contraseñas, llaves criptográficas descartadas o utilizadas previamente entre otros datos ambicionados por este tipo de personajes al margen de la ley.

Ya en la actualidad, la gran mayoría de empresas o servicios basados en Internet que se vieron afectados por dicho bug, han realizado las tareas apropiadas para su detección y eliminación, tales como la actualización de sus servidores web y por ende adoptar de manera implícita versiones corregidas de OpenSSL; hecho el cual no implicaba que la información compartida con sus clientes fuera automáticamente resguardada, esto debido a que en la ventana de tiempo entre la salida de la versión de OpenSSL vulnerable hasta la detección del fallo, que fue de casi dos años, los clientes y el servidor afectado pudieron compartir información sensible que pudo ser comprometida por parte de un atacante y que muy probablemente se debía actualizar por parte del cliente sus datos sensibles de tipo acceso a servicios web como lo son los logins y passwords, puesto que aunque el canal de comunicación ya se encontraba protegido, no se sabe cuanta información se llego a filtrar y a recolectar por parte de dichos delincuentes en la ventana activa del bug y que muy posiblemente estos datos aun se encuentren vigentes y utilizados por los delincuentes para realizar sus actos delictivos.

Pero se ha presentado una brecha de interés que se quisiera mitigar con la realización de este documento y es el hecho de que en Estados Unidos, Europa y demás países del « primer mundo», se han realizado grandes campañas para dar información sobre la existencia de la falla Heartbleed, sus consecuencias y medidas de mitigación para personas con niveles intermedio a básico en el uso de dichos servicios en línea (como lo es la gran mayoría de dichos usuarios),

pero en países latinoamericanos esta alarma paso casi desapercibida por no decir invisiblemente, hecho el cual preocupa de manera alarmante puesto que en la actualidad nosotros, el pueblo latino somos grandes consumidores de dichos servicios y no estábamos totalmente consientes de que nuestros datos sensibles compartidos en las redes sociales, entidades bancarias en línea y otras compañías con presencia activa en internet, puedan estar siendo aprovechadas de manera delictiva por parte de terceros malintencionados. Por ende la intención del presente artículo es poder presentar a cualquier profesional en seguridad informática o cualquier lector interesado una exposición de los hechos que llevaron a la materialización de ataques de robo de información bajo el aprovechamiento del la falencia Heartbleed, cuáles fueron los servidores web, productos y demás entes que se vieron afectados por dicha vulnerabilidad, como los delincuentes ejecutaban sus ataques al aprovechándose del bug presente en la extensión Heartbeat de OpenSSL y algunas medidas de mitigación utilizadas en su momento por las grandes compañías afectadas; todo esto en búsqueda de generar conciencia en el lector sobre el hecho de que no existe un concepto de seguridad total en ningún ambiente computacional (por mas mecanismos de protección implementados) y que aunque las vulnerabilidades de estos no se han visto documentadas y aprovechadas inmediatamente a la luz pública, no quiere decir que estas no existan y que no estén siendo aprovechadas por los delincuentes informáticos actualmente.

II. CONTEXTO

En abril 07 de 2014, los encargados del proyecto OpenSSL informaron a la opinión publica el descubrimiento de una vulnerabilidad de alto nivel, a la cual llamaron Heartbleed debido a que era un fallo de programación presente en la extensión Heartbeat en su librería principal de cifrado de datos; esta falla le permitía a cualquier persona poder descargar secciones de la memoria del servidor web comprometido, permitiéndole al delincuente poder filtrar información sensible que se encontrara almacenada en esta. En la siguiente sección se buscara presentar que es la librería OpenSSL y el funcionamiento adecuado de la extensión Heartbeat [1].

2.1. Librería OpenSSL:

La librería OpenSSL radica en un conjunto de aplicativos de administración y bibliotecas de implementación de procesos criptográficos, por ende permite aplicar protocolos de cifrado tales como SSL (Secure Sockets Layer) y TLS (Transport Layer Security) detallados en los RFCs 6101 y 5246 respectivamente; esta es una librería de software abierto escrita en el lenguaje de programación C. Su desarrollo es completamente impulsado por el trabajo de desarrolladores voluntarios y es libre para ser utilizada en ambientes tanto comerciales como libres bajo las licencias de uso OpenSSL y SSLeay, lo cual permite que esta se encuentre disponible para una gran mayoría de sistemas operativos libres basados en Unix, de los cuales se incluyen los sistemas Linux, Mac OS, Solaris, entre otros [2, 3].

2.2. Extensión Heartbeat:

El protocolo Heartbeat es utilizado en la librería OpenSSL para negociar y monitorear la disponibilidad de un recurso web; su funcionamiento básico consta en generar una señal periódica entre clientes y servidores para evaluar su normal comportamiento en una transmisión de datos o simplemente para sincronizar otros aspectos de comunicación entre estos; esencialmente este proceso inicia con en el envío de señales de tipo Heartbeat en intervalos de tiempo entre los equipos actores del proceso de comunicación de datos, si se recibe la señal de manera idónea, el proceso de comunicación sigue activo pero si no se tiene ninguna respuesta por parte del equipo receptor o esta es errónea, la comunicación se finaliza debido a la posibilidad de que este equipo no se encuentre disponible o muy posiblemente esté comprometido para continuar la comunicación segura de datos. Esta extensión fue presentada en febrero de 2012 bajo el RFC 6520 y adicionada a la librería OpenSSL en diciembre 31 de 2011 y lanzada con el bug al público en la versión OpenSSL 1.0.1 en marzo 14 del 2012 [4].

Ya profundizando, la extensión Heartbeat consta del manejo de dos tipos de mensajes básicos:

- HeartbeatRequest.
- HeartbeatResponse

Los mensajes HeartbeatRequest y HeartbeatResponse consisten en un campo de un byte para el tipo de mensaje Heartbeat implementado, otro campo de dos bytes que almacena la longitud de los datos a extraer, posteriormente hay otro campo donde se empaquetara los datos legítimamente requeridos y por ultimo un campo de 16 bytes donde se almacenan datos de tipo relleno provenientes de la memoria del servidor; la estructura básica de estos mensajes Heartbeat es la siguiente [4]:

```
Struct {
HeartbeatMessageType type;
uint16 payload_length;
opaque payload[HeartbeatMessage.payload_
length];
opaque padding[padding_length];
}HeartbeatMessage;
```

En donde:

- *HeartbeatMessageType*: Define el tipo de mensaje implementado, puede ser HeartbeatRequest o Heartbeat_Response.
- *Payload_Length*: Indicador del número total de caracteres a recopilar.
- *Payload*: Sector de almacenamiento donde se recopilara la información valida solicitada.
- *Padding*: Variable de captura de datos de relleno para completar el mensaje Heartbeat. Estos datos son extraídos directamente del buffer memoria del equipo emisor y este contenido debe ser, en condiciones ideales, ignorado por parte del receptor del mensaje.

Ya en la implementación del servicio de evaluación de la comunicación de datos, el protocolo funciona según la respuesta del receptor de los mensajes de tipo Heartbeat [5]:

- Respuesta esperada: El inicializador del protocolo envía un mensaje de tipo HeartbeatRequest hacia el receptor en espera de que este responda con un mensaje HeartbeatResponse; si el destinatario envía la respuesta bajo los parámetros del emisor, se ha logrado ejecutar de manera apropiada el

proceso de Heartbeat, permitiendo que siga la comunicación constante entre las dos partes, esta funcionalidad es llamada «keep-alive» puesto que permite mantener la conexión en constante evaluación de las partes implicadas.

- Sin respuesta o respuesta errónea: Uno de los actores del proceso de comunicación envía un Heartbeat Request hacia el otro ente, buscando que este mande en respuesta un mensaje HeartbeatResponse. Si el ente inicializador no recibe una respuesta por parte de su contraparte o la respuesta no es apropiada, el emisor vuelve a enviar el mensaje HeartbeatRequest y si después de que se han enviado un número determinado de mensajes de solicitud de evaluación de conexión y el receptor no responde, se finaliza la comunicación de datos puesto que muy posiblemente el receptor ya no se encuentra disponible o se encuentra comprometido.

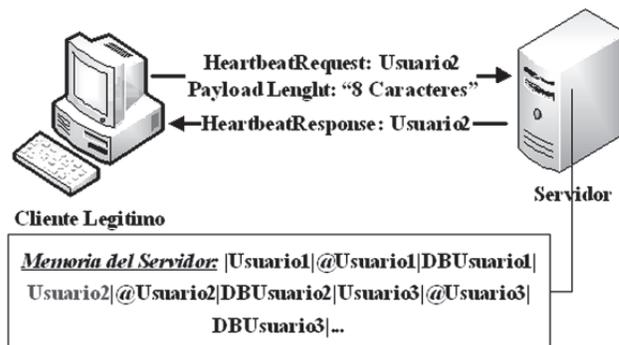


Figura 1. Funcionamiento apropiado de la extensión Heartbeat.

III. FALLO HEARTBLEED

Como ya se pudo apreciar en la sección anterior, el protocolo Heartbeat es muy práctico al momento de realizar verificaciones de procesos de comunicación de datos en ambientes protegidos; pero existía una falla en el momento de implementar este protocolo, esta radicaba en el hecho de que al momento de gestionar cualquier mensaje de tipo HeartbeatResponse para verificar si la transmisión de datos segura aun se encuentra activa (keep-alive), un usuario malintencionado podía modificar el valor almacenado campo de Payload_Length, permitiéndole así al atacante poder solici-

tarle al servidor desprotegido una cantidad mínima de información habilitada y extraer una cantidad máxima de datos aleatorios del buffer de datos. Esta vulnerabilidad se fundamentaba en el hecho de que el protocolo Heartbeat incrustado en la librería OpenSSL, no hacía una verificación para poder evaluar si la cantidad de datos solicitados por el HeartbeatResponse correspondía a el valor real de los datos que eran enviados por el servidor, esto quiere decir que se podía inducir al error por parte del servidor aprovechándose de una incongruencia al momento de gestionar los mensajes Heartbeat, ya que aparte de solicitar la cantidad de datos validos a extraer del servidor, también se solicita indicar cuantos son los caracteres de los que consta dicha información; así que si la cantidad de datos solicitados legítimamente al servidor era por ejemplo de 8 caracteres pero se indicaba en el mensaje Heartbeat que era de 16 caracteres, el protocolo lo que hacía era verificar de cuantos caracteres era la información exigida (que para nuestro ejemplo son 16) y gestionaba el mensaje Heartbeat con los 8 caracteres propios de la información solicitada y pasaba a saturar al campo Payload con los siguientes 8 caracteres almacenados en la memoria del servidor, para así lograr cumplir con la cuota de datos indicados en Payload_Length; todo esto permitía a un delincuente capturar de manera ilícita toda la información sensible que pudiera estar alojada en la memoria del servidor al momento del aprovechamiento de esta vulnerabilidad [5, 6].

Este bug le permitía a cualquier atacante informático poder extraer 64kb de información aleatoria almacenada en el buffer de memoria del servidor web vulnerable en formato de texto-plano, así que existía la posibilidad de filtración de datos sensibles de los usuarios que interactuaran con di-

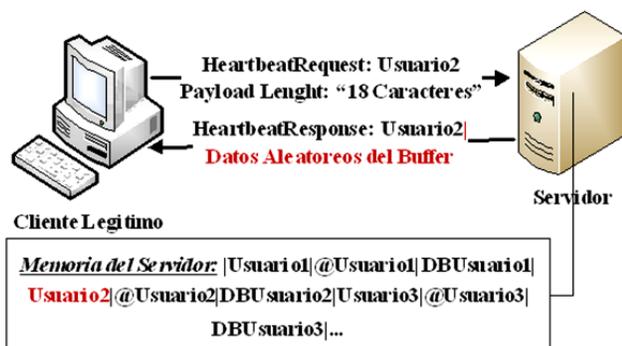


Figura 2. Aprovechamiento de la vulnerabilidad Heartbleed.

cho servidor inseguro, tales como passwords o nombres de usuario y en el peor escenario posible, el delincuente podía encontrar datos como llaves privadas de encriptación, certificados digitales o otra información utilizada por el servidor para proteger su interacción con sus clientes y/o con otros servidores; pero se debe tener en cuenta que el atacante no podía seleccionar los datos robados al servidor, ya que solamente se podía acceder a la información almacenada en el buffer de memoria del equipo expuesto en un momento particular, así que la estrategia aplicada por estos era el generar la mayor cantidad de mensajes Heartbeat modificados y recolectar toda la información posible para su posterior análisis en búsqueda de datos de alto interés.

3.1 Dispersión del Bug Heartbleed:

Desde un inicio, la vulnerabilidad Heartbleed únicamente afecto a las versiones OpenSSL 1.0.1 a la 1.0.1f, las cuales estuvieron disponibles para todo el mundo y activas en implementaciones web de alto impacto entre el inicio de 2012 hasta principios del 2014. Pero este fallo no fue exclusivo en ambientes web clásicos de tipo cliente servidor, también se vieron afectados diferentes productos tales como muchas distribuciones de sistemas operativos tipo Linux, elementos de red y dispositivos móviles que utilizaran la librería OpenSSL para la protección de sus datos y que fueron lanzados en esa ventana de inseguridad de dos años. Este error fue detectado y solucionado a partir de la versión de OpenSSL 1.0.1g que salió al público en abril de 2014 [7].

3.1.1. Servidores y servicios comprometidos:

Tal como se expuso anteriormente, no solamente fueron afectados los servidores web que aplicaban como mecanismo de seguridad a la librería OpenSSL, sino que también varios servidores de correo, de bases de datos, entre otros se vieron vulnerados; a continuación se presentan algunos de los servidores que de manera colateral eran atacados por los delincuentes informáticos aprovechándose del bug Heartbleed:

- Apache.
- Cliente de Bitcoin.
- Cyrus.
- Google GWS.
- MySQL.
- Nginx.

- OpenLDAP.
- OpenVPN.
- Postfix.
- PostgreSQL.
- Qmail.
- Sendmail.
- Stunnel.
- Tomcat.
- Zimbra.

Y en cuanto a los servicios web que fueron perturbados y que informaron sobre este inconveniente, los más relevantes fueron [8]:

- Dropbox.
- Facebook.

Google: El equipo técnico de Google apenas se detectó y divulgó la existencia del bug Heartbleed, realizó los procesos típicos de parcheo de sus servidores web estratégicos como primera medida de mitigación, logrando así fortificar a servicios tales como YouTube y Gmail; posteriormente informaron a los usuarios sobre la afectación de este fallo sobre sus servicios y que no era rotundamente obligatorio modificar sus datos de acceso a servicios, pero indicaban que existía la posibilidad de que sus datos sensibles pudieron llegar a verse comprometidos en el lapso de tiempo en el cual el bug estuvo activo y que si se tenían dudas, lo mejor era realizar la modificación de sus logins y passwords utilizados en todas las aplicaciones de Google.

- Instagram: En un comunicado la empresa informo que aunque no se había evidenciado ataques de aprovechamiento de la vulnerabilidad implícita en la extensión Heartbeat sobre alguna de sus cuentas, recomendaron a sus clientes actualizar sus passwords como medida de precaución.
- Pinterest: Este servicio fue claramente afectado, debido a la implementación de una versión de OpenSSL vulnerable, así que realizaron los procesos de parcheo de la librería en sus servidores y pasaron a comunicarse con los posibles usuarios afectados vía mail y les solicitaron modificar sus datos de ingreso a esta red social.

- Minecraft: Apenas se enteraron de la existencia del fallo y sus consecuencias, el equipo técnico de Mojang AB detuvieron de manera inmediata a todos los servidores implicados en el funcionamiento de este importante juego online e iniciaron los procesos de actualización de estos, para así instalar la versión corregida de la librería OpenSSL y al igual que los casos anteriores, pasaron a informar a sus clientes él porque de la suspensión temporal de sus servicios y los invitaban a modificar sus credenciales de acceso a sus servidores de juego.

- Yahoo: Varios de los servicios principales de la empresa Yahoo se vieron comprometidos por este fallo, entre los que se resaltan:

- Flickr.
- Tumblr.
- Yahoo Mail.
- Yahoo Sports.
- Yahoo Tech.

- Wikipedia.
- Wordpress.

3.1.2. Elementos de hardware vulnerados:

Esta falla de seguridad llegó a ser tan sorprendente que no solo llegó a afectar a servicios web sino que también logró trasgredir a varios dispositivos de hardware, ya que existen varios de estos que manejan de manera embebida la funcionalidad de Heartbeat; los más destacados fueron [5 9]:

- Todos los dispositivos inteligentes Android, en su versión Jelly Bean (4.1.1).
- Routers de marca Cisco y Juniper.
- Sistemas VoIP de iPECS.
- Multifuncionales WiFi de las marcas Brother, Dell, Lexmark y Hewlett-Packard.
- Elementos de red de la marca Barracuda Networks y Fortinet.
- Elementos de seguridad de la referencia SonicWALL de Dell.

- Firewalls pfSense y WatchGuard.
- Sistemas NAS (Network-Attached Storage) de las marcas D-Link, LaCie, QNAP, Western Digital, entre otros.

3.1.3. Sistemas operativos afectados:

En el campo de los sistemas operativos, debido a la libre implementación de la librería OpenSSL para la protección criptográfica de datos compartidos entre clientes y servidores en ambientes de red TCP/IP, se vieron afectadas por esta vulnerabilidad algunas de las distribuciones más importantes de Linux, tales como [10]:

- CentOS 6.5 (OpenSSL 1.0.1e).
- Fedora 18 (OpenSSL 1.0.1e).
- FreeBSD 10 (OpenSSL 1.0.1e).
- NetBSD 5.0.2 (OpenSSL 1.0.1e).
- OpenBSD 5.3 (OpenSSL 1.0.1c).
- OpenBSD 5.4 (OpenSSL 1.0.1c).
- OpenSUSE 12.2 (OpenSSL 1.0.1c).
- Ubuntu 12.04.4 LTS (OpenSSL 1.0.1).

3.2. Mecanismo de aprovechamiento del bug:

En la presente sección se mostrara de manera práctica como un atacante informático lograba aprovecharse del fallo Heartbleed; para esto se presenta un escenario de ataque entre un equipo servidor victima montado sobre una distribución vulnerable Ubuntu⁴ 12.04.4 LTS (Precise Pangolin) y un equipo atacante Kali Linux⁵ 1.1.0; el diagrama básico de red del escenario descrito sería el siguiente [11]:

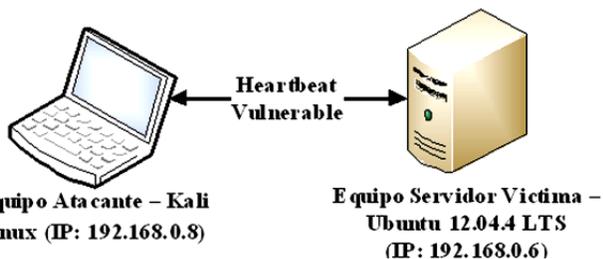


Figura 3. Escenario de demostración de ataque a la vulnerabilidad Heartbleed.

Antes que nada se verifica la versión de OpenSSL instalada en el equipo víctima:

```
john@john-VirtualBox:~$ sudo su
[sudo] password for john:
root@john-VirtualBox:/home/john# openssl
OpenSSL> version
OpenSSL 1.0.1 14 Mar 2012
OpenSSL>
```

Se puede observar que la versión OpenSSL instalada es la 1.0.1 de marzo 2012, la cual fue la primera versión de esta librería en implementar la extensión Heartbeat vulnerable. Posteriormente con el uso de Nmap⁶ desde el equipo atacante se hace un análisis del equipo víctima [12]:

```
Nmap scan report for 192.168.0.6
Host is up (0.00038s latency).
Not shown: 998 closed ports
PORT      STATE SERVICE
80/tcp    open  http
443/tcp   open  https
MAC Address: 08:00:27:C2:66:81 (Cadmus Computer Systems)
Nmap done: 1 IP address (1 host up) scanned in 0.85 seconds
root@kali:~#
```

Podemos apreciar que el equipo victima tiene activo el puerto 443, que es el utilizado por la versión vulnerable de Heartbeat y que muy posiblemente este implementando de manera insegura la librería OpenSSL, así que como paso siguiente, el victimario procede a realizar una evaluación más profunda con Nmap de esta «potencial» víctima; para esto se utilizo la sentencia **nmap -sV --script=heartbleed <Direccion IP de la victima>** en donde **-sV** permite que la sentencia se ejecute sin inconvenientes aun apuntando a puertos poco convencionales que soportan SSL y **--script=heartbleed** selecciona el script de Nmap diseñado exclusivamente para la evaluación del fallo Heartbleed:

```
Nmap scan report for 192.168.0.6
Host is up (0.0039s latency).
Not shown: 998 closed ports
PORT      STATE SERVICE VERSION
80/tcp    open  http      Apache httpd 2.2.22 ((Ubuntu))
443/tcp   open  https     Apache httpd 2.2.22 ((Ubuntu))
|_ ssl-heartbleed:
|_ VULNERABLE!
|_ The Heartbleed Bug is a serious vulnerability in the popular OpenSSL cryptographic software library. It allows for stealing information intended to be protected by SSL/TLS encryption.
|_ State: VULNERABLE
|_ Risk factor: High
|_ Description:
|_ OpenSSL versions 1.0.1 and 1.0.2-beta releases (including 1.0.1f and 1.0.2-beta1) of OpenSSL are affected by the Heartbleed bug. The bug allows for reading memory of systems protected by the vulnerable OpenSSL versions and could allow for disclosure of otherwise encrypted confidential information as well as the encryption keys themselves.
|_ References:
|_ http://www.openssl.org/news/secadv_20140407.txt
|_ https://cve.mitre.org/cgi-bin/cvename.cgi?name=CVE-2014-0160
|_ http://cvedetails.com/cve/2014-0160/
MAC Address: 08:00:27:C2:66:81 (Cadmus Computer Systems)
Service detection performed. Please report any incorrect results at http://nmap.org/submit/.
Nmap done: 1 IP address (1 host up) scanned in 13.61 seconds
root@kali:~#
```

State: VULNERABLE
Risk factor: High

Claramente se puede observar que el equipo víctima es vulnerable a ataques de aprovechamiento

Aunque en la mayoría de veces la memoria del servidor puede estar cargada con datos aleatorios sin ningún valor para el atacante, siempre estaba la posibilidad de llegar a encontrar información de alto interés, como en este caso; si se presta atención a los datos presentados por el modulo de ataque podemos ver que se capturaron algunos datos sensibles:

Entre la información adquirida ilícitamente, los datos de mayor interés fueron:

- Nombre de la unidad organizacional a la cual pertenece el servidor (OU): Laboratorio.
- Nombre del servidor (CN): Pentest.
- Nombre del país en el cual se encuentra el servidor (C): CO.
- Nombre de la provincia y de la ciudad en la cual está radicado el servidor (ST y L): Bogotá.
- Nombre de la organización dueña del servidor o de su encargado (O): John Rico Franco.

3.3. Estrategias de mitigación de los efectos de Heartbleed:

La primera respuesta por parte de los administradores de los servidores desprotegidos fue la de actualizar inmediatamente la versión OpenSSL vulnerable por la versión 1.0.1g para así detener cualquier comunicación « protegida » pero vulnerada colateralmente por la utilización de la extensión imperfecta Heartbeat y como paso siguiente debieron reiniciar todos sus servicios web, para así garantizar la implementación de nuevos valores en los tokens y/o cookies de sesión en el servidor y también permitir la generación de nuevas llaves de cifrado SSL. En referencia al parche de actualización de la librería OpenSSL, este lo que hace es agregar una verificación que descarta cualquier mensaje de tipo Heartbeat cuya longitud de caracteres a extraer del servidor sea diferente a los datos extraídos y almacenados en dicho mensaje en su campo de carga de datos.

Otra medida que fue muy implementada y que se considera una buena práctica en la protección de datos en ambientes de red TCP/IP es la instala-

ción de plugins de alerta en los navegadores de equipos clientes que se vieron afectados por dicha vulnerabilidad, permitiendo así que a cualquier usuario que intente realizar un proceso de comunicación « segura » con un servidor vulnerable será informado inmediatamente sobre este problema antes de que se incurra en el error.

IV. CONCLUSIONES

Debido al alto impacto forjado por esta vulnerabilidad, se ha generado un halo de desconfianza frente a errores aun no detectados en distintos servicios de protección de datos a nivel de redes TCP/IP y es por esto que empresas como Amazon, Microsoft y entre otros han empezado a unir esfuerzos para prevenir futuros casos similares, mediante el estudio de otros proyectos críticos de software libre en búsqueda y eliminación de otras posibles falencias en temas de seguridad que pueden llegar a estar camufladas desde los mismos pilares de una tecnología en tan alto estado de evolución como lo son las telecomunicaciones basadas en la Internet.

Pero este concepto no solo debe ser adoptado por las empresas, sino que también los usuarios básicos de los servicios alojados en Internet deben tomar conciencia y reflexionar sobre todas las posibles falencias en temas de seguridad que aun no han sido detectadas por las entidades responsables de salvaguardar los datos que fluyen a través de un medio tan inseguro como lo es la Internet y que posiblemente ya estén siendo explotadas por los delincuentes informáticos.

Por último, se debe tener muy en cuenta que la vulnerabilidad Heartbleed alcanzo a estar altamente distribuida, completamente activa y anónima por casi dos años. Y aunque la gran mayoría de servicios web de alto impacto que se vieron implicados ya se encuentran reparados y robustecidos, no se puede saber a cabalidad cuántos de estos servicios o páginas web fueron vulnerados por delincuentes informáticos robando información sensible en el pasado; por ende lo invito a usted estimado lector a que cambie sus passwords en la totalidad de sitios web que alberguen sus datos personales y/o financieros e invite a sus allegados a hacer lo mismo, en búsqueda de evitar posibles brechas de seguridad personal y reducir la posibilidad de que

cualquier atacante pueda volver a utilizar cualquier dato de ingreso previamente robado en la bonanza de aprovechamiento del agujero de seguridad aportado por el bug Heartbleed y en si cualquier otro descuido en la protección de su información sensible.

REFERENCIAS

- [1] H. Kelly; « *The 'Heartbleed' security flaw that affects most of the Internet*»; Documento WEB; [<http://edition.cnn.com/2014/04/08/tech/web/heartbleed-openssl/>].
- [2] A. Freier; P. Karlton y P. Kocher; « *The Secure Sockets Layer (SSL) Protocol*»; RFC 6101; Documento WEB; [<https://tools.ietf.org/html/rfc6101>]; 2011.
- [3] T. Dierks y E. Rescorla; « *The Transport Layer Security (TLS) Protocol*»; RFC 5246; Documento WEB; [<https://tools.ietf.org/html/rfc5246>]; 2008.
- [4] R. Seggelmann; M. Tuexen y M. Williams; « *Transport Layer Security (TLS) and Datagram Transport Layer Security (DTLS) Heartbeat Extension*»; RFC 6520; Documento WEB; [<https://tools.ietf.org/html/rfc6520>]; 2012.
- [5] B. Chandra; « *A technical view of the OpenSSL Heartbleed vulnerability*»; Documento WEB - PDF; [<http://ibm.biz/dwsecurity>].
- [6] T. Mpofo, N. Elisa y N. Gati; « *The Heartbleed Bug: An Open Secure Sockets Layer Vulnerability*»; Documento WEB - PDF; [<http://www.ijsr.net/archive/v3i6/MDIwMTQ0ODk=.pdf>]
- [7] Iupati Tumaalii; « *Heartbleed – What's the big fuss?*»; Documento WEB - PDF; [http://www.aarnet.edu.au/images/uploads/resources/AARNet_Whitepaper_Heartbleed_06_2014.pdf].
- [8] Varios; « *The Heartbleed Hit List: The Passwords You Need to Change Right Now*»; Documento WEB; [<http://mashable.com/2014/04/09/heartbleed-bug-websites-affected/>].
- [9] J. Pagliery; « *Heartbleed bug affects gadgets everywhere*»; Documento WEB; [<http://money.cnn.com/2014/04/11/technology/security/heartbleed-gear/>].
- [10] Accuvant Labs; « *Heartbleed Bug Advisory (CVE-2014-0160)*»; Documento WEB - PDF; [<http://accuvantstorage.blob.core.windows.net/web/file/2016b4dc040c49ee991b5721e0dd62b3/HeartBleed-Bug-CVE-2014-0160-release.pdf>].
- [11] D. Dieterle; « *Basic Security Testing with Kali Linux*»; Editorial: CreateSpace Independent Publishing Platform; 2014.

BIBLIOGRAFÍA

- [12] G. Lyon; « *Nmap Network Scanning: The Official Nmap Project Guide to Network Discovery and Security Scanning*»; Editorial: Nmap Project; 2009.
 - [13] D. Kennedy, J. O’Gorman y D. Kearns; « *Metasploit: The Penetration Tester’s Guide*»; Editorial: No Starch Press; 2011.
- [1] A. Johns; « *Mastering Wireless Penetration Testing for Highly-Secured Environments*»; Editorial: Packt Publishing; 2015.
 - [2] D. Stuttard y M. Pinto; « *The Web Application Hacker’s Handbook: Finding and Exploiting Security Flaws*»; Editorial: Wiley; 2011.
 - [3] G. Weidman; « *Penetration Testing: A Hands-On Introduction to Hacking*»; Editorial: No Starch Press; 2014.
 - [4] I. Ristic; « *Bulletproof SSL and TLS: Understanding and Deploying SSL/TLS and PKI to Secure Servers and Web Applications*»; Editorial: Feisty Duck; 2014.
 - [5] P. Kim; « *The Hacker Playbook: Practical Guide To Penetration Testing*»; Editorial: CreateSpace Independent Publishing Platform; 2014.
 - [6] T. Wilhelm; « *Professional Penetration Testing: Creating and Learning in a Hacking Lab*»; Editorial: Syngress; 2013.

INFOGRAFÍA

- [1] J. Pagliery; « *Don't assume you're safe from Heartbleed*»; Documento WEB; [<http://money.cnn.com/2014/04/24/technology/security/heartbleed-security/>].
- [2] M. Ward; « *Heartbleed bug creates confusion online*»; Documento WEB; [<http://www.bbc.com/news/technology-26971363>].
- [3] S. Curtis; « *'Heartbleed' bug in web technology threatens user data*»; Documento WEB; [<http://www.telegraph.co.uk/technology/internet-security/10754169/Heartbleed-bug-in-web-technology-threatens-user-data.html>].
- [4] U.S. Department of homeland security; « *'NCCIC – Heartbleed OpenSSL Vulnerability*»; Documento WEB - PDF; [https://www.us-cert.gov/sites/default/files/publications/Heartbleed%20Open%20SSL%20Vulnerability_0.pdf].