Universidad de las Ciencias Informáticas
Facultad 8

Los Sistemas de Numeración y el Desarrollo de las Ciencias Informáticas

Trabajo de Diploma para optar por el título de

Ingeniero en Ciencias Informáticas

Autor(es): Maylen Cepero Madruga
Hanser Caballero González
Tutor(es): Inv. Titular. Tomás López Jiménez
Asesor: Ing. Irina Cancela Nieto

Junio de 2007

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

_____	_____
Firma de la Autora	Firma del Autor
Maylen Cepero Madruga	Hanser Caballero González
_____	_____
Firma del Tutor:	Firma de la Asesora:
Inv. Tomás López Jiménez	Ing: Irina Cancela Nieto

DATOS DE CONTACTO

Tomás López Jiménez. Guantánamo, Cuba. 1943. Graduado de Ingeniero Electricista en la Universidad de la Habana en 1974. Investigador Titular desde el año 1985. Asesor del Rector de la Universidad de las Ciencias Informáticas, con una larga trayectoria laboral, de ella 41 años en la Informática. Su actividad docente la desarrolla en la UCI, impartiendo la asignatura de Historia de la Informática en la Facultad 10 en pregradro, así como profesor de postgrado de la misma asignatura en el Departamento de Práctica Profesional. Ha cursado numerosos postgrados de la especialidad y de Técnicas de Dirección, incluyendo un diplomado en Dirección y Gestión Empresarial. Ha sido miembro de numerosas organizaciones profesionales y científicas, siendo actualmente integrante de la Sección 9.7 sobre Historia de la Informática de la IFIP.
E-mail: tlopezj@uci.cu

Irina Cancela Nieto. Matanzas, Cuba. 1982. Graduada de Ingeniera Informática en la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Profesora Instructora del Departamento de la Especialidad de la Facultad 8, ha impartido las asignaturas de Programación e Historia de la Informática, siendo la coordinadora en la Facultad de esta ultima. Ha cursados varios postgrados entre los que se encuentran los de La Propiedad Intelectual en el Software Educativo y Diplomado de Líderes de Proyecto, todos en la Universidad de las Ciencias Informáticas, en estos momentos se desempeña como sub-líder del proyecto CICPC.
E-mail: irinacn@uci.cu

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos que pusieron su granito de arena para que pudiera realizarse esta tesis:
En especial a mis padres por su profundo amor que tanto bien me hace, a quien debo todo lo que soy y seré en la vida.
A mi hermana por demostrarme que todo es posible.
A mi sobrino por ser mi mayor alegría.
A mi abuela y a mi familia que siempre me han tenido presente.
A Tony por comprenderme y apoyarme en los momentos más difíciles.
A mis amigos por su apoyo incondicional, su consideración y la confianza depositada en mí, en especial a Yuneikys, Sulima, Betty, Aliuska, Aniris y Leo.
A los profesores Alcides, Irina, Haydee y Leyvis que tanta dedicación e interés han mostrado a lo largo de estos años.
A mis compañeros de estudios que estuvieron presentes siempre que los necesitaba, apoyándome y haciéndome más amena la vida universitaria.

A toda mi familia por apoyarme y confiar en mí. Principalmente a mis padres por haberme criado y enseñado el camino correcto.
A mi novia por apoyarme, ayudarme y soportarme en estos 5 años.
A mis amigos y compañeros de aula, que siempre estuvieron presente en las buenas y malas.
A todos los profesores que influyeron en mi carrera.
A Tony por siempre estar junto a nosotros apoyándonos y ayudándonos.

A nuestro tutor, por ser una persona tan preparada que nos supo guiar y dar su confianza para poder terminar la tesis.
A la dirección de la facultad por preocuparse por el estado de la tesis para que saliera con la mejor calidad posible.
En fin, a todos los que de una forma u otra tuvieron que ver con nuestra formación profesional.

DEDICATORIA

A nuestros padres.

A Fidel y a la Revolución que nos han permitido estudiar en esta, su Universidad del Futuro.

RESUMEN

Las ciencias informáticas tienen en los sistemas numéricos su génesis y el material necesario para su constante desarrollo. La historiografía referente a este tema carece en la actualidad de un enfoque que sostenga teóricamente estos puntos de vista. La presente investigación tiene como objetivos demostrar la relación existente entre el surgimiento y desarrollo de los sistemas numéricos y las ciencias informáticas y al mismo tiempo diseñar e implementar un soporte informático donde se encuentren situados de manera ordenada los contenidos obtenidos en el proceso de investigación, que sirva como objeto de aprendizaje complementario para el estudio de la asignatura de Historia de la Informática. Para el desarrollo de la investigación fue necesario utilizar el análisis de contenido que posibilitó verificar la presencia de temas, palabras o de conceptos afines a la investigación en diferentes textos. Se usaron materiales fundamentalmente extraídos de Internet que hicieron posible realizar un estudio sobre el tema en cuestión y brindar datos que permitieron un análisis del fenómeno estudiado. Para dar cumplimiento al segundo de los objetivos se utilizó como servidor web APACHE, lenguaje de programación del lado del cliente JAVASCRPIT y del lado del servidor PHP, servidor de base de datos MYSQL y el CMS PHP-FUSION como herramientas para la implementación del sitio Web. La investigación corrobora la importancia de los sistemas numéricos para el desarrollo de la industria informática y el trascendental impacto del binario, en particular, al mismo tiempo proporciona un objeto de aprendizaje creativo que potencia la semipresencialidad y la autoevaluación del alumnado.

PALABRAS CLAVE

Sistemas numéricos, Historia de la informática, Ciencias informáticas

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA I
DATOS DE CONTACTO II
AGRADECIMIENTOS I
DEDICATORIA II
RESUMEN III
ÍNDICE IV
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO 1: SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE NUMERACIÓN 4
1.1- Los números 5
1.1.1- Historia de los números 7
1.1.2- Tipos de números 9
1.1.3- El cero 12
1.2- Sistemas de numeración Aditivos 14
1.2.1- Sistemas de numeración Egipcio 15
1.2.2- Sistemas de numeración Griego 19
1.2.3- Sistema de numeración Romano 23
1.3- Sistemas de numeración Híbridos 25
1.3.1- Sistema de numeración Chino 25
1.4- Sistemas de numeración Posicionales 28
1.4.1- Sistema de numeración Babilónico 30
1.4.2- Sistema de numeración Maya 31
1.4.3- Sistemas de numeración Hindú 35
CAPÍTULO 2: LOS SISTEMAS DE NUMERACIÓN COMPUTACIONALES: FUNDAMENTACIÓN MATEMÁTICA. 38
2.1- Sistema de Numeración Decimal 40
2.1.1- Características principales del Sistema de Numeración Decimal 40
2.1.2- Operaciones aritméticas 41
2.1.3- Conversiones 44

2.2- Sistema de Numeración Binario 49
2.2.1- Características principales del Sistema de Numeración Binario 49
2.2.2- Operaciones aritméticas 50
2.2.3- Conversiones 53
2.3- Sistema de Numeración Octal 55
2.3.1- Características principales del Sistema de Numeración Octal 55
2.3.2- Operaciones aritméticas 56
2.3.3- Conversiones 57
2.4- Sistema de Numeración Hexadecimal 58
2.4.1- Características principales del Sistema de Numeración Hexadecimal 58
2.4.2- Operaciones aritméticas 58
2.4.3- Conversiones 59
2.5- Álgebra de Boole 60
2.6- Punto o coma flotante 62
2.6.1- Números reales en punto flotante 65
2.6.2- Errores relativos de truncado y redondeo 66
CAPÍTULO 3: IMPACTO DE LOS SISTEMAS NUMÉRICOS EN EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INFORMÁTICA. 68
3.1- De la prehistoria a las calculadoras 68
3.2- Las calculadoras mecánicas 74
3.3- La era de las Computadoras 80
CAPÍTULO 4: HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN EL DESARROLLO DEL SITIO WEB 97
4.1- Sitio Web 97
4.2- La arquitectura cliente / servidor 99
4.3- Servidores Web 101
4.3.1- Apache 101
4.3.2- IIS 103
4.3.3- Fundamentación de la selección 104
4.4- Servidor de Bases de Datos 105
4.4.1- MySQL 105

4.4.2- PostGreSQL....106
4.4.3- SQL Server....107
4.4.4- Fundamentación de la selección....107
4.5- Lenguajes de programación WEB....108
4.5.1- Lenguaje de Programación del lado del Cliente....109
4.5.2- Lenguaje de Programación del lado Servidor....109
4.6- ¿Por qué usar MySQL, PHP y Apache?....114
4.7- Sistema de Gestión de Contenido (CMS)....114
4.7.1- Tipos de CMS....116
4.7.2- Criterios de Selección....117
4.8- Arquitectura de la información....119
CONCLUSIONES....120
RECOMENDACIONES....122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS....123
ANEXOS....128
GLOSARIO....136

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la computadora se ha trasladado de los confines de nuestra existencia hasta el centro de nuestra vida. Todos conocen las ventajas y servicios que presta: su gran capacidad para almacenar y procesar cantidades enormes de información, para agregar datos a la información ya existente, para analizarla, recuperarla y transmitirla de un continente a otro e incluso al espacio exterior a través de satélites o líneas telefónicas. También se sabe que la computadora puede efectuar cálculos, establecer comparaciones, simular hechos y controlar operaciones científicas e industriales que se llevan a cabo en la realidad.

Pero todo este admirable progreso electrónico, toda esta complejidad matemática que se maneja casi naturalmente por medio de una computadora, es sólo el resultado de un proceso que esconde sus raíces en las primeras investigaciones de las culturas más antiguas de la humanidad.

Desde los tiempos más remotos que registra la historia, las matemáticas han estado presentes. En cuanto el primer *homo sapiens* tuvo la necesidad de contar, numerar y agrupar los diferentes elementos que constituían su mundo cotidiano, surgió la noción más elemental de las matemáticas y con ellas las necesidades de cómputo.

En las primeras culturas que se desarrollaron sobre la tierra aparecen ya representaciones y sistemas numéricos, conceptos avanzados e instrumentos contables, de registro de información y de cálculos que, al paso de los siglos, vienen a constituir la base de las matemáticas y de las máquinas más avanzadas de estos tiempos. Así las cosas, siempre que el desarrollo de los sistemas numéricos escalaron niveles superiores, el hombre perfeccionó los mecanismos para desarrollar sus cálculos.

Definitivamente las ciencias informáticas han tenido en el surgimiento y evolución de los sistemas de numeración y de las matemáticas una parte fundamentalísima de su génesis y del material necesario para su constante desarrollo.

La historiografía referente a este tema carece en la actualidad de aristas indispensables para un estudio detallado de las características fundamentales del saber computacional, que van desde el carácter social de esta ciencia hasta lo que se ha dado en llamar la articulación entre la historiografía informática y la evolución de los sistemas numéricos, cuyos descubrimientos y aportes fundamentales desde las matemáticas han compulsado giros significativos en las ciencias informáticas, existiendo en muchos casos omisiones al papel de los sistemas numéricos en los giros y transformaciones fundamentales que estas ciencias han experimentado, centrándose mayoritariamente en historiar la aparición fría de las máquinas en líneas cronológicas paralelas, nunca confluentes a otros procesos históricos determinantes.

Al mismo tiempo, este fenómeno se encuentra con uno de los males más frecuentes de las ciencias teóricas de reciente aparición, la bibliografía existente sobre el tema se encuentra disgregada y no conforma un conocimiento coherente, organizado y sintetizado, sino que fluye a través de diferentes materiales no todos confiables, que ameritan un trabajo paciente de organización y clasificación de temáticas y cotejo de autores y fechas, condiciones de la que adolece mucha de la bibliografía que incluso se usa en la impartición de la asignatura de Historia de la Informática en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Es por ello que se plantea la siguiente interrogante como **problema de investigación**: *¿Qué papel han jugado los Sistemas Numéricos en el desarrollo de las Ciencias Informáticas?* Centrando el **objeto de estudio** en la historia de la informática y el **campo de acción** en el surgimiento y desarrollo de los sistemas numéricos vinculados al desarrollo de la Informática.

Se plantea como **hipótesis** que el origen y desarrollo de los sistemas numéricos ha contribuido de manera determinante en la génesis y perfeccionamiento de las tecnologías de la información y las ciencias informáticas. Y se persigue como **objetivo general** demostrar la relación existente entre el surgimiento y desarrollo de los sistemas numéricos y las ciencias informáticas. Al mismo tiempo entre los **objetivos** se encuentra el de diseñar e implementar un soporte informático donde se localicen de manera ordenada y con un sistema de evaluación coherente los contenidos obtenidos en este proceso de investigación y que sirva de complemento para el estudio y aprendizaje de la asignatura de Historia de la Informática.

Para el desarrollo de esta investigación fueron de mucha importancia los trabajos del especialista español Santiago Casado, que de una manera coherente e históricamente correcta realiza análisis sobre los sistemas de numeración que distintas culturas han usado a lo largo de la historia. Por otra parte, vitales fueron los escritos de Héctor A. Sanjuán que junto a la profesora María Teresa Higuera Toledano, de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid, hacen un estudio profundo sobre los temas de la historiografía informática y sus momentos más significativos, mostrando no solo dominio del tema tratado, sino que a la vez recoge información cronológicamente exacta, de mucha utilidad teórica.

El presente documento, que no intenta ser una investigación concluida, y que solo pretende abordar y ofrecer elementos para un debate científico de carácter más objetivo, se estructura de la siguiente manera: un resumen, introducción, cuatro capítulos de contenidos, donde de una manera clara se procura hacer un análisis crítico de los sistemas numéricos y su evolución, desde los creados por las culturas más antiguas, que solo posibilitaban un cálculo rudimentario, hasta los que por sus características y funcionamiento hicieron posible la implementación de las máquinas computadoras, además de proporcionar un estudio sobre los puntos de contacto más significativos que influyeron en la creación de aparatos de cómputo rápidos y eficientes y su posterior progreso hacia las que hoy se conocen. Al mismo tiempo se argumenta sobre las características y las ventajas que proporciona la tecnología utilizada para la implementación del software que servirá de soporte a la investigación, además cuenta con conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas, donde se incluye todo lo relacionado con el trabajo investigativo realizado.

CAPÍTULO 1: SURGIMIENTO Y EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE NUMERACIÓN

Para llegar a la invención de un sistema de numeración, fue necesario que pasaran muchos miles de años antes de que el hombre concibiera la idea del número (Magaña, 1997). En el hombre prehistórico que imaginaba ingeniosas estrategias para sus partidas de caza; que pintaba obras de gran realismo en las paredes de su caverna, que sabía conservar e incluso crear el fuego; que comprendía a la perfección las relaciones causa efecto de muchos de los acontecimientos que a su alrededor acaecían; que hacía monumentos y ritos en el suelo en virtud de las cosas que ocurrían en el firmamento y que destacaba en sus monolitos direcciones en espacio sobre otras, en ese hombre y sus acciones societales se ve claramente una gran cantidad de nociones matemáticas como orden, proporción, dirección, cantidad, etc., que sugieren un profundo pensamiento abstracto, muy superior al del resto de las especies.

Según Magaña (1997), el hombre primitivo tuvo muchas razones y situaciones cotidianas que lo impulsaron a tratar de cuantificar todo lo que le rodeaba. En su etapa sedentaria se vio obligado a emplear algún método de conteo, ya fuera para saber cuantas cabezas de ganado u ovejas poseía, cuantos hombres tenía para luchar, para conocer el número de armas que tenía o para calcular la extensión de los terrenos sembrados. Cuando se dedicó a la agricultura tuvo que pensar en cómo medir el tiempo en que las épocas eran de siembra o cosecha, del mismo modo se le hizo necesario guardar la cosecha, llevar un inventario del grano disponible y de la capacidad de los graneros que lo albergan. También cuando fue comerciante necesitó un sistema que le permitiera saber el peso, volumen y valor de los productos para poder hacer negocios con otros comerciantes.

Al surgir todo esto, el hombre antiguo se vio en la necesidad de cuantificar las medidas en su modo base de contar, para esto utilizó un sistema de rayas rasgadas en las paredes o pintas en papiro, otro método era haciendo marcas en los troncos de los árboles, cortes sobre una vara para llevar un registro, marcas en los bastones, nudos en una cuerda y algunas otras formas para ir pasando de un número al siguiente. Cada pueblo o tribu tuvo que inventar sus propias palabras y signos para representar sus operaciones de conteos realizados. Así para poder comerciar con los diferentes pueblos o tribus, los antiguos mercaderes se vieron obligados a saber una gran variedad de sistemas de medida y numeración, lo que sin dudas

provocó un importante intercambio cultural que le permitió a otras culturas conocer de los más diversos avances referidos a los sistemas numéricos y así modificar los suyos o asumir otros más desarrollados.

Estas formas de representar cantidades fueron evolucionando paulatinamente. El primer paso evolutivo consistió en usar símbolos distintos para representar conjuntos de unidades, así se ve en la escritura cuneiforme de la antigua Mesopotamia. Los primeros sistemas de escritura de números fueron sistemas no posicionales, cada símbolo en la escritura tenía su valor propio pero en realidad no tenía importancia la posición relativa que ocupaba en la escritura. Estos sistemas evolucionaron primeramente escribiendo los símbolos en orden descendente de valor hasta llegar a sistemas estrictamente posicionales.

Según hallazgos de información albergados en descubrimientos arqueológicos, los primeros indicios de los sistemas de numeración y aritmética escrita se ubican a mediados del IV milenio antes de Cristo, y están situados en las ciudades sumerias de la Baja Mesopotamia.

Magaña (1997) considera, que la invención de los sistemas de numeración es quizás una de las mayores invenciones del hombre antiguo.

1.1- Los números

La noción de número y contar objetos ha acompañado a la humanidad desde la prehistoria. Como todo conocimiento desarrollado por el hombre primitivo, la causa para que el ser humano emprendiera sus pasos en el contar y plasmar cantidades surgió fundamentalmente de la necesidad de adaptarse al medio ambiente, proteger sus bienes y distinguir los ciclos de la naturaleza pues ya percibían y observaban con cuidado los ritmos que ésta posee y su fina relación con las oportunidades de alimentación y, en general, con la conservación de la vida, entre otros.

En opinión de Roca (2006) el hombre no posee percepción directa e inmediata de grupos de objetos mayores de 4 unidades. A diferencia de este, existen numerosas evidencias y autores que dicen o sugieren implicadamente que el grupo está formado por cinco individuos, por analogía y facilidad derivada

de los cinco dedos de la mano humana. A partir de ahí, se ve obligado a contar. Y es precisamente eso lo que viene haciendo desde tiempos inmemoriales con el fin de adaptarse al medio, aprovechar las oportunidades del entorno, evitar amenazas y transmitir bienes a otros miembros de la especie.

El concepto de número surgió como consecuencia de la necesidad práctica de contar objetos. Inicialmente se contaban con ayuda de los medios disponibles: dedos, piedras, basta recordar por ejemplo, que la palabra cálculo deriva de la palabra latina calculus que significa contar con piedras. La serie de números naturales era, obviamente, limitada, pero la conciencia sobre la necesidad de ampliar el conjunto de números representó ya una importante etapa en el camino hacia la matemática moderna. Paralelamente a la ampliación de los números se desarrolló su simbología y los sistemas de numeración, diferentes para cada civilización.

Un número es una entidad abstracta que representa una cantidad. El símbolo de un número recibe el nombre de numeral. Los números se usan con mucha frecuencia en la vida diaria como etiquetas de identificación (números de teléfono, numeración de carreteras), como indicadores de orden (números de serie), como códigos (ISBN), etc. En matemática, la definición de número se extiende para incluir abstracciones tales como números fraccionarios, negativos, irracionales, trascendentales y complejos.

Los números más conocidos son los números naturales 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9..., que se usan para contar. Si añadimos los números negativos obtenemos los enteros. Cocientes de enteros generan los números racionales. Si incluimos todos los números que son expresables con decimales pero no con fracciones de enteros, obtenemos los números reales; si a éstos les añadimos los números complejos, tendremos todos los números necesarios para resolver cualquier ecuación algebraica. Podemos ampliar aún más los números, si añadimos los infinitos y los transfinitos que son números cardinales o unos números ordinales mayores que cualquier número natural. Entre los reales, existen números que no son soluciones de una ecuación polinomial o algebraica. Reciben el nombre de transcendentales. El ejemplo más famoso de estos números es $\boldsymbol{\pi}$ (Pi), otro ejemplo fundamental e igual de importante es $\boldsymbol{e}$ (euler), base de los logaritmos naturales. Estos dos números están relacionados entre sí por la identidad de Euler, también llamada *la fórmula más importante del mundo*.

1.1.1- Historia de los números

Su origen se pierde en la noche de los tiempos aunque se apunta que su génesis fue la necesidad de contar del hombre. No fue fácil pues, aún no hace mucho, han existido tribus primitivas que solo distinguían entre 1, 2 y muchos. Este conteo se inició mediante montones de piedras y marcas en huesos (se conserva una de hace 30 000 años).

Arrieta (1998) plantea que los sistemas de cálculo primitivos estaban basados, seguramente, en el uso de los dedos de una o dos manos (prestar atención como cuentan los niños), lo que resulta evidente por la abundancia de sistemas numéricos en los que las bases son los números 5 y 10.

En opinión de Cagliani (1998) en su artículo “Historia de los números”, con la invención de la escritura, se tuvo que dar el paso siguiente, que fue el de escribir los números. Los primeros números escritos, eran simplemente signos iguales que se limitaban a contar hasta llegar al número deseado. Como se hace difícil leer muchos signos de este estilo, se les empezó a separar en grupos, preferentemente de a diez (es el que se utilizó más en la antigüedad). Luego se inventó un símbolo para los diez grupos de diez, o sea cien, y así sucesivamente. Este sistema lo utilizaban los babilonios, pero con un sistema cuneiforme, que eran formas de cuña marcadas en arcilla.

Con el tiempo, los babilonios desarrollaron unas matemáticas más actualizadas que les permitieron encontrar las raíces positivas de cualquier ecuación de segundo grado. Fueron incluso capaces de encontrar las raíces de algunas ecuaciones de tercer grado, y resolvieron problemas más complicados utilizando el teorema de Pitágoras. Los babilonios compilaron una gran cantidad de tablas, incluyendo tablas de multiplicar y de dividir, tablas de cuadrados y tablas de interés compuesto. Además, calcularon no sólo la suma de progresiones aritméticas y de algunas geométricas, sino también de sucesiones de cuadrados (Arrieta, 1998).

En las primeras etapas de su desarrollo, los griegos usaron un sistema semejante al de los babilonios, pero en épocas posteriores se generalizó un método alternativo. Recurrieron al empleo de otro sistema

ordenado: el de las letras del alfabeto. Los griegos serían los que inventarían los números irracionales, más precisamente Pitágoras. La innovación más importante fue la invención de las matemáticas abstractas basadas en una estructura lógica de definiciones, axiomas y demostraciones. Según los cronistas griegos, este avance comenzó en el siglo VI A.C. con Tales de Mileto y Pitágoras de Samos.

Los hindúes desarrollaron el sistema de numeración decimal en el siglo V, siendo este introducido en Europa por los árabes, donde recibe el nombre de sistema de numeración decimal o arábigo. Es el sistema de numeración usado habitualmente en todo el mundo (excepto ciertas culturas) y en todas las áreas que requieren de un sistema de numeración.

El cero fue inventado por los indios en el año 500, denominaron a este símbolo shunya, que quiere decir "vacío". Este fue un gran avance porque ya no se confundirían los números como el 507 con el 57, esta era la forma utilizada anteriormente, dejando un espacio.

El matemático italiano Geronimo Cardano (1501-1575), fue el que demostró en 1545, que las deudas y los fenómenos similares se podían tratar con números negativos. Hasta ese momento, los matemáticos habían creído que todos los números tenían que ser mayores que cero.

En la antigüedad no se contaba más de varios miles, si así era se limitaban a exagerar diciendo cientos de miles o más que las estrellas. El número millón y la palabra, (que viene del latín que significa "gran millar"), que son mil millares, data de la alta Edad Media, época en que el comercio había revivido, hasta alcanzar un punto de necesitar una palabra especial. Los billones y los trillones vinieron mas tarde.

Existe otra teoría que indica su origen ordinal en los rituales religiosos, pero es poco probable que surgiese solo en un lugar y después se extendiese. Desde hace 5 000 años la mayoría de las civilizaciones han contado como se hace hoy, con el sistema de numeración decimal, sin embargo la forma de escribir los números (aunque todos representan con exactitud los naturales) ha sido muy diversa. Pero básicamente se pueden clasificar en tres categorías:

- **Sistemas de numeración aditivos:** Acumulan los símbolos de todas las unidades, decenas, centenas,... necesarios hasta completar el número. Aunque los símbolos pueden ir en cualquier

orden, adoptaron siempre una determinada posición (de más a menos). De este tipo son los sistemas de numeración: egipcio, hitita, cretense, romano, griego, armenio y judío.

- **Sistemas de numeración híbridos:** Combinan el principio aditivo con el multiplicativo. En los anteriores 500 se representa con 5 símbolos de 100, en éstos se utiliza la combinación del 5 y el 100. El orden de las cifras es ahora fundamental (estuvieron a un paso del sistema posicional). De este tipo son los sistemas de numeración: chino clásico, asirio, armenio y etiope.
- **Sistemas de numeración posicionales:** En este sistema de numeración el valor de un dígito varía según la posición que ocupa dentro del número multiplicándose por la base elevado a la posición.

Los sistemas aditivos e híbridos pertenecen a la familia de los sistemas de numeración no posicionales, donde el valor de los símbolos que componen el sistema es fijo, y no depende de la posición que ocupa el símbolo dentro del número.

1.1.2- Tipos de números

Se conocen muchos tipos de números, ya sea porque se usan a diario o porque se han visto en algún documento o libro. Entre los números hay distintas familias, distintas etiquetas que pueden explicar su nacimiento, su evolución histórica y lo diferentes que son desde un punto de vista esencial, ejemplos de ellos son los naturales, los enteros, los racionales, los reales y los complejos entre otros.

1.1.2.1- Números Naturales

En su artículo “Historia de los números” García y Pérez (1997) plantean que la necesidad de perpetuar el conocimiento adquirido, en particular en lo concerniente a este sistema de números, obligó a utilizar ciertas grafías para representar, tanto a sus elementos, como a las operaciones relacionadas.

Un número natural es cualquiera de los números: 0,1, 2, 3...que se pueden usar para contar los elementos de un conjunto. Reciben ese nombre porque fueron los primeros que utilizó el ser humano para contar objetos de la naturaleza.

- Cada número natural *a* tiene un subsiguiente, denotado por ´´a´´ + 1.
- No hay números naturales cuyo subsiguiente sea 1.
- Si dos números naturales son distintos, sus subsiguientes también lo son, esto es: si $a \neq b$, entonces $a + 1 \neq b + 1$.

Los números naturales se clasifican en números primos, compuestos y perfectos.

- Número primo: El conjunto de los números primos es un subconjunto de los números naturales que engloba a todos los elementos de este conjunto que son divisibles exactamente tan sólo por sí mismos y por la unidad (por convención, el 1 no se considera primo). Los veinte primeros números primos son: 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67 y 71.
- Números compuestos: Un número natural es compuesto si tiene más de dos divisores. También se puede definirlo como aquel número natural que es mayor que 1 y no es primo. Los 20 primeros números compuestos son: 4, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 30 y 32. Una característica de los números compuestos es que pueden escribirse como producto de dos enteros positivos menores que él.
- Números perfectos: Un número perfecto es un entero que es igual a la suma de los divisores propios menores que él mismo. Así, 6 es un número perfecto, porque sus divisores propios son 1, 2 y 3; y 6 = 1 + 2 + 3. Los siguientes números perfectos son 28, 496 y 8128.

1.1.2.2- Números Enteros

En el sistema de los números naturales ecuaciones del tipo X + 1 = 0, no tienen solución, así como otras situaciones de la vida real como, deudas, depresiones del terreno, nivel bajo el nivel del mar, temperaturas bajo cero, que no es posible representarlas con tales números.

Surge así la necesidad de extender el sistema de los números naturales a un nuevo sistema en el que tales ecuaciones y situaciones sean posibles. Surge así, un nuevo conjunto que se denomina de los números enteros y que se simboliza por la letra Z (García y Pérez, 1997).

Los números enteros son del tipo: -59, -3, 0, 1, 5, 78, 34 567, etc., es decir, los naturales, sus opuestos (negativos) y el cero.

Los números enteros se clasifican en números pares e impares.

- Números pares: Un números par es un número entero múltiplo de 2, es decir, un número entero *m* es un número par si y solo si existe otro número entero *n* tal que: $m = 2 \times n$
- Números impares: Los números impares son aquellos números enteros que no son pares y por tanto no son múltiplos de 2. Los siguientes son números impares: 1, 3, 5, 7, 9…, y también: -1, -2, -5….

1.1.2.3- Números Racionales

Según García y Pérez (1997) al estudiar la operación de multiplicar en los números enteros, se observa que la operación inversa, la división, no es siempre posible. Por ejemplo, 4 / 5 carece de sentido en los enteros. Surge, por tanto, la necesidad de extender el sistema de los números enteros, a un nuevo sistema en el que tengan sentido tales operaciones.

Este nuevo sistema recibió el nombre de sistema de los números racionales, y que se simboliza con la letra Q.

Se llama número racional o fracción común a todo número que puede representarse como el cociente de dos enteros con denominador distinto de cero; el término “racional” alude a “ración” o parte de un todo.

1.1.2.4- Números Reales

La necesidad de asociar a todo segmento orientado de la recta con origen un punto fijo de la misma, y con respecto a un segmento tomado como unidad, un número único (su longitud) y recíprocamente dio origen al surgimiento de los números reales.

Los números reales se definen de manera intuitiva como el conjunto de números que se encuentran en correspondencia biunívoca con los puntos de una recta infinita. Puede definirse un número real, en estos términos, como un número positivo o negativo que puede o no tener cifras de decimal finito o infinito y puede representarse mediante un punto en la recta de números reales.

Los números reales se dividen en números irracionales, algebraicos y trascendentes.

- Números irracionales: Los números irracionales son los elementos de la recta que no pueden expresarse mediante el cociente de dos enteros y se caracterizan por poseer infinitas cifras decimales que no siguen un periodo definido.
- Números algebraicos: Un número algebraico es cualquier número real o complejo que es solución de una ecuación polinómica de la forma: $a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + ... + a_1 x^1 + a_0 = 0$ donde $n > 0$, cada a_i es entero y a_n es distinto de cero.
- Números trascendentes: Tipo de número irracional que no proviene de una simple relación algebraica sino que se define como una propiedad fundamental de las matemáticas. Un número es trascendente (o trascendental) si no es raíz de ningún polinomio.

1.1.3- El cero

La aparición del cero no es un hecho casual en la historia de los números, las propias insuficiencias históricas de las sociedades antiguas promovieron la necesidad de utilizarlo por la complejidad de las situaciones que la vida cotidiana les imponía.

Lo primero que hay que decir sobre el cero es que hay dos usos para él, ambos extremadamente importantes, pero algo distintos. Un uso es como indicador de lugar vacío en el sistema de numeración de valor por posición que se utiliza en la actualidad. Así pues en un número como 2 106 el cero es usado para que las posiciones de 2 y de 1 sean correctas, claramente 216 significa algo bastante distinto. El segundo uso del cero es como un número mismo en la forma que se utiliza como 0.

El cero, como se conoce hoy, tiene sus primeros vestigios en la India, bajo el Imperio Gupta y llegó a Europa a través de los árabes. La palabra "cero" proviene de la traducción de su nombre en sanskrito "shunya" (vacío) al árabe "sifr" (رفص), a través del italiano. La voz española "cifra" también tiene su origen en "sifr".

Alrededor del año 650 D.C. el cero ingresa a la Matemática india. Este se usaba por los indios para denotar un lugar vacío. Algunas evidencias dan cuenta de un parámetro de lugar vacío en números posicionales desde el 200 D.C. en India. El primer registro cierto del uso del cero indio está datado en el año 876 D.C.

Sin embargo los sabios astrónomos mayas pusieron a punto, durante el primer milenio de nuestra era, una eficaz numeración de posición, de base 20, en la que los números son representados por conjuntos de puntos y trazos, de acuerdo con una disposición vertical.

Un signo gráfico particular, un óvalo horizontal, que representa una concha de caracol, un glifo, desempeña el papel de signo separador eficaz y permite una escritura sin ambigüedad de los números. Aunque no ha adquirido aún poder operatorio, bien como signo operador o, menos aún, como número, no deja de ser un notable invento (Guedj, 1999).

Los antiguos griegos comenzaron sus contribuciones a las matemáticas sobre la época en la que el cero como indicador de posición vacía empezaba a usarse por los matemáticos babilonios. Los griegos sin embargo no adoptaron un sistema numérico posicional. La verdadera causa es que básicamente los logros matemáticos griegos estaban basados en la geometría. Aunque el “Elementos de Euclides” contenía un libro sobre Teoría Numérica, este estaba basado en la geometría. En otras palabras, los

matemáticos griegos no necesitaban nombrar los números dado que trabajaban con números como longitudes de una línea. Los números que requerían ser nombrados eran usados por los mercaderes, no los matemáticos, y de aquí que no necesitasen una notación clara (Hermán, 2006).

Todos los conocedores de la Aritmética saben que sin el símbolo del cero un sistema de notación posicional no puede sobrevivir correctamente, lo que permite convencionalmente que los números combinados con el cero en el sistema posicional decimal puedan facilitar los cálculos que designan cantidades mayores a 9.

El símbolo del cero permite aumentar o disminuir el valor del círculo numérico 1 al 9, y mezclado con ellos los posiciona de un modo tal que perfecciona el sistema de cálculos.

Se trata de una convención planetaria unívoca, y por lo tanto las relaciones a que se refiere la definición de las matemáticas son posibles de descodificar en cualquier rincón del planeta, y por cualquier persona, con el mismo significado. Este es un logro que no han alcanzado otras disciplinas científicas cuyas convenciones para establecer un lenguaje unívoco sólo se aplican dentro de cada especialidad.

1.2- Sistemas de numeración Aditivos

Según Casado (2005), los sistemas de numeración aditivos son aquellos que acumulan los símbolos de todas las cifras hasta completar el número deseado. En este sistema se pueden poner los símbolos en cualquier orden, ya fuera de izquierda a derecha, derecha a izquierda o de arriba hacia abajo, por tanto una de sus características es ser un sistema de numeración no posicional.

Algunos ejemplos de este sistema son las numeraciones egipcia, sumeria (de base 60), hitita, cretense, azteca (de base 20), romana y las alfabéticas de los griegos, armiños, judíos y árabes.

1.2.1- Sistemas de numeración Egipcio

El faraón Menes unificó los reinos del antiguo Egipto hacia el año 2500 A.C., fundando la primera dinastía. Los egipcios crearon la más antigua escritura que se conoce, la escritura jeroglífica desarrollada sobre la base de dibujos que representaban de alguna manera la idea del número o cualquier otra que se quería representar. Los documentos más importantes que han sobrevivido son dos papiros bastante extensos, uno llamado papiro de Rhind y el de Mosú, ambos datan hacia el año 1700 A.C., su contenido son el planteamiento de problemas matemáticos y sus soluciones (Magaña, 1997).

La civilización alcanzó un alto nivel en Egipto en un periodo temprano. El país estaba bien preparado para la gente, con una tierra fértil gracias al río Nilo junto con un clima favorable. Era también un país fácil de defender al tener pocos vecinos naturales que pudiesen atacarlo debido a que los desiertos que lo rodean suponían una barrera natural para las fuerzas invasoras. Como consecuencia Egipto disfrutó de largos periodos de paz en los que la sociedad avanzó rápidamente. La agricultura había sido desarrollada haciendo un fuerte uso de los periodos húmedos y secos del año. El Nilo se desbordaba durante la estación lluviosa proporcionando una fértil tierra que complejos sistemas de irrigación fertilizaban para el crecimiento de los cultivos. El conocer cuándo iba a llegar la estación lluviosa era vital y el estudio de la astronomía se desarrolló para proporcionar información del calendario. La gran área cubierta por la nación egipcia requería una compleja administración, un sistema de impuestos, y los ejércitos tenían que ser mantenidos. A medida que la sociedad se hacía más compleja, se requería mantener los registros, y hacer los cálculos cuando la gente intercambiaba sus bienes. Surgió una necesidad de contar, y por tanto la escritura y los números eran necesarios para registrar las transacciones.

Santiago (2005) y Magaña (1997) coinciden al considerar que el principio de la numeración egipcia estaba compuesto de siete signos sencillos, que cualquier persona podía interpretar y realizar operaciones matemáticas simples, aún cuando ésta no supiera leer ni escribir, pero no se tenía plenamente identificado el concepto del valor posición, se usaban tantos de cada uno cómo fuera necesario y se podían escribir indistintamente de izquierda a derecha, al revés o de arriba a abajo, cambiando la orientación de las figuras según el caso. Al ser indiferente el orden se escribían a veces según criterios estéticos, y solían ir

acompañados de los jeroglíficos correspondientes al tipo de objeto (animales, prisioneros, vasijas etc.) cuyo número indicaban.

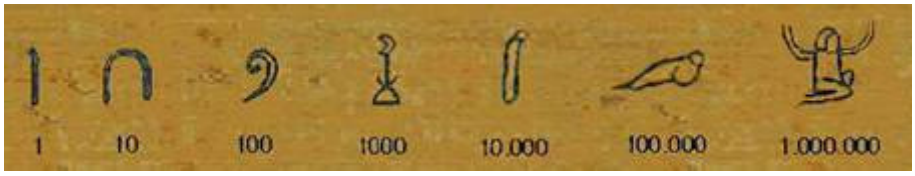


FIGURA No. 1 - Sistemas de numeración jeroglífica egipcia

- La unidad se representa por una barra vertical, como en otras culturas de la Antigüedad.
- La decena (una U invertida) puede representar la cuerda que sirviese antiguamente para atar diez manojos de palos.
- La centena (una espiral) es un símbolo de una cuerda, material fundamental para la realización de las medidas de un campo.
- El millar (una flor de loto) muestra la más abundante flor acuática que crecía en la orilla del Nilo.
- La decena de millar (un dedo levantado y algo flexionado) recuerda los conteos manuales que se realizaban en todas las culturas antiguas.
- La centena de millar (un renacuajo), al igual que la flor de loto, recoge un símbolo de un elemento muy abundante en el río.
- El millón (un hombre arrodillado con los brazos hacia arriba) puede representar tanto el gesto de un hombre asustado ante la inmensidad de las estrellas del cielo o sujetando la bóveda celeste.

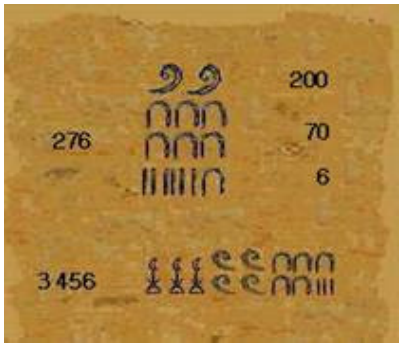


FIGURA No. 2 - Ejemplo de representación de los números 276 y 3456 en el sistema de numeración egipcio

En la figura No. 2 aparece el 276 tal y como figura en una estela en Karnak, se tiene que 276= 2*100 + 7*10 + 6*1, y, por ello, en su representación jeroglífica se colocan dos signos correspondientes a las centenas, siete correspondientes a las decenas y seis correspondientes a las unidades.

En esta numeración no existía ningún signo para el cero, pero esto no suponía una incoherencia, ya que, al ser aditivo, se podía prescindir de la colocación de ceros para distinguir unidades, decenas, centenas, etc.

Aunque la suma funcionaba bien, el sistema de numeración egipcio presentaba algunas dificultades aritméticas entre las que destaca la práctica imposibilidad de organizarlos para multiplicar. Sin embargo consiguieron que la aritmética fuera su fuerte; la multiplicación y las fracciones no tenían secretos para ellos, elementos que pudieron elevarse a planos superiores de haber conocido el sistema posicional y el cero. La multiplicación se realizaba a partir de duplicaciones y sumas, y en la división utilizaban la multiplicación a la inversa, un sistema que se basa, como se mencionó, en la multiplicación y siempre se obtenían cantidades enteras o fracciones exactas.

El uso de las fracciones es muy característico en los egipcios, ya que todas ellas tenían numerador uno, e idearon un método empírico para poder poner cualquier fracción como sumas y productos de fracciones unitarias.

Los egipcios utilizaron las fracciones cuyo numerador es 1 y cuyo denominador es 2, 3, 4,..., y las fracciones 2/3 y 3/4, con las que conseguían hacer cálculos fraccionarios de todo tipo. Su notación era la siguiente:

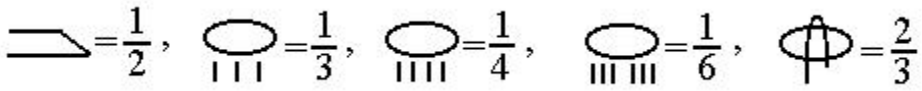


FIGURA No. 3 - Ejemplo de representación de los números fraccionarios en el sistema de numeración egipcio

No obstante, esta escritura tenía un grave inconveniente, y es que hasta la más pequeña cifra requiere de una enorme repetición de números, cosa que originó frecuentes errores en los cómputos de los escribas, constituyéndose así en una numeración que imposibilitaba hacer cálculos pocos más que elementales.

Estos signos fueron utilizados hasta la incorporación de Egipto al imperio romano. Pero su uso quedó reservado a las inscripciones monumentales, en la actividad diaria fueron sustituidos por un tipo de sistema de numeración más práctico que el existente, la escritura hierática y demótica (Casado, 2005).

La escritura hierática surgió como escritura abreviada de la jeroglífica cursiva. Lógicamente el sistema jeroglífico no era apropiado para escrituras rápidas y esto motivó el nacimiento de la escritura hierática, mucho más fluida y estilizada. Era más sencilla que la jeroglífica por lo que se podía emplear en textos religiosos y es la más utilizada sobre papiro. Era la escritura empleada por los escribas (que no estaban obligados a conocer la jeroglífica) y por los sacerdotes en copias literarias. El término proviene del griego "hieratika", que significa sacerdotal. La escritura hierática puede siempre transcribirse usando geroglifos si bien el resultado no es el mismo que cuando se compone un texto originariamente en jeroglífica.

Por su parte el término demótico proviene del griego "demotika" ("popular") y se refiere a los asuntos diarios. El término fue utilizado por primera vez por Herodoto. Representa una evolución de la lengua hablada, y es un estado intermedio entre el egipcio y el posterior copto. Es una forma abreviada de la hierática, de trazo rápido y sencillo, con mayores ligaduras en los signos y esquematizando los grupos con enlaces. En esta escritura, es ya difícil reconocer los signos jeroglíficos originales. Se empleaba en asuntos cotidianos, transacciones comerciales, e incluso en algunas inscripciones en piedra, como la piedra de Roseta, donde se le denomina "escritura de los libros".

Estas formas más simples permitían mayor rapidez y comodidad a los escribas. En estos sistemas de escritura los grupos de signos adquirieron una forma propia, y así se introdujeron símbolos particulares para 20, 30....90....200, 300.....900, 2 000, 3 000… con lo que disminuye el número de signos necesarios para escribir una cifra.

FIGURA No. 4 - Sistemas de numeración egipcia. (A) – Jeroglífico, (B) - Hierático

1.2.2- Sistemas de numeración Griego

O´Connor y Robertson (2001) sostienen el criterio de que en el primer milenio antes de Cristo, no había un sistema griego de medidas estándar ya que los diversos estados helénicos se enorgullecían de su independencia respecto a los demás. Esto implicaba que cada estado tenía su propia moneda, sus propios pesos y medidas, etc. A su vez, esto llevaba a que hubiera pequeñas diferencias entre los sistemas de numeración ya que una de las principales funciones de un sistema de numeración en la antigüedad era ayudar en las transacciones comerciales.

A pesar de que el desarrollo que experimentaba Grecia hacía posible que el pensamiento humano llegara hasta los lugares inimaginables y florecieran la filosofía, la matemática y se consolidara el pensamiento científico en general, el sistema de numeración griego era muy rudimentario, cosa que constituyó un gran obstáculo para los matemáticos griegos, que se vieron en la imposibilidad de sondear en profundidad campos tan distintos como la aritmética y el cálculo numérico, teniendo que contentarse con abordar otros terrenos, como el de la geometría.

El primer sistema de numeración utilizado por los griegos se llamó Ático y fue desarrollado hacia el año 600 A.C., era de carácter aditivo en base diez. Para representar la unidad y los números hasta el 4, empleaban trazos verticales repetitivos; para el 5, 10 y 1 000, su representación la hacían con la letra inicial del nombre de la cifra o cantidad en ese idioma, como en los casos del 5 (Γ – forma más antigua de la letra inicial ∏ de “pente”, ”, debido a una simple consecuencia de los cambios que sufrió el alfabeto griego después de que se habían ya fijado los símbolos para las cifras), 10 (Δ - de deka), 1 000 (M - khiloi) (Magaña, 1997).

FIGURA No. 5 - Sistemas de numeración griego (ático)

Ya se ha visto que los números acrofónicos griegos, como plantean los autores O´Connor y Robertson (2001), tenían un símbolo especial para el 5. Esto no es sorprendente ya que disminuye la cantidad de caracteres que se requiere y también surge, presumiblemente, de contar con los dedos; se tiene 10 pero hay 5 en cada mano. Lo que es un poco más sorprendente es que el sistema tenía símbolos intermedios para 50, 500, 5 000 y 50 000 pero no eran caracteres nuevos sino símbolos compuestos conformados por un 5 y los símbolos para 10, 100, 1 000 ó 10 000 respectivamente. La siguiente figura muestra cómo se formaban los símbolos compuestos.

10	50	100	500	1000	5000	10000	50000

FIGURA No. 6 – Representación de los números 50, 500, 5 000 y 50 000

O´Connor y Robertson (2001) consideran que es de notar que ya que el sistema no es posicional, no había necesidad para un cero que señalara un espacio vacío, aunque con la presencia de este los griegos hubieran podido elevar a mayor grado la matemática de la época. Por ejemplo el símbolo *H* representaba 100 ya que no se crea un problema en la representación cuando el número no tiene decenas o unidades.

El sistema de numeración griego también manejó las cifras fraccionarias, estas se representaban en la parte superior derecha (a modo de exponente) con una comilla para el numerador y dos comillas para el denominador, las cifras se colocaban seguidas. Un ejemplo para este tipo de operación es 125,875.

Esta cifra se expresa en número mixto = > 125 7/8

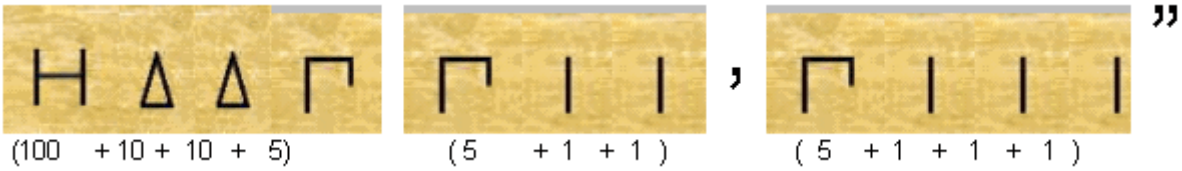


FIGURA No. 7 - Ejemplo de representación del número 125, 875 en el sistema de numeración griego

Casado (2005) considera que progresivamente este sistema ático fue reemplazado por el Jónico o Alejandrino, que empleaba las 24 letras del alfabeto griego además de tres más pertenecientes al alfabeto fenicio, como guarismos.

FIGURA No. 8 - Sistemas de numeración griego (Jónico o Alejandrino)

Vale la pena hacer notar que los griegos fueron uno de los primeros pueblos en adoptar un sistema de escritura basado en un alfabeto. No fueron los inventores de este tipo de escritura; ya los fenicios tenían un sistema así anteriormente. El alfabeto griego usado para escribir palabras fue tomado del sistema fenicio y era muy similar a él. Aquí no se examinarán las formas de las letras griegas pero hay que enfatizar qué tan importante fue esta forma de escribir para el avance del conocimiento. Es fundamental para la manera de comunicarse en la mayoría de los países hoy en día, aunque algunos pueblos prefieren otras formas de escribir (O´Connor y Robertson, 2001).

Las primeras de estas nueve letras fueron tomadas como los símbolos para 1, 2,……, 9, el 6 está representado por el símbolo de la letra obsoleta ***digamma***. Las siguientes nueve letras se tomaron como símbolos para 10, 20,…., 90; el 90 se representaba mediante la letra obsoleta ***copa***. Las nueve letras restantes se usaron como símbolos para 100, 200,….., 900; el 900 se representa usando el símbolo de la letra obsoleta ***san***.

Este sistema de numeración es compacto pero sin modificaciones tiene el gran inconveniente de que no permite expresar números mayores a 999. Símbolos compuestos fueron creados para solucionar este problema. Los números entre 1 000 y 9 000 estaban formados añadiendo un subíndice o un superíndice ***iota*** a los símbolos del 1 al 9 (O´Connor y Robertson, 2001).

ʹΑ	ʹΒ	ʹΓ	ʹΔ	ʹΕ	ʹϜ	ʹΖ	ʹΗ	ʹΘ
1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000

FIGURA No. 9 - Ejemplo de la primera forma de escribir los millares en el sistema de numeración griego

͵Α	͵Β	͵Γ	͵Δ	͵Ε	͵Ϝ	͵Ζ	͵Η	͵Θ
1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000

FIGURA No. 10 - Ejemplo de la segunda forma de escribir los millares en el sistema de numeración griego

O´Connor y Robertson (2001) afirman que los griegos para representar los números mayores a 9 999 basaban los mayores a este en la miríada, que valía 10 000. El símbolo *M* con guarismos pequeños para

cifras hasta 9 999 escrito sobre él significaba que el número en pequeño estaba multiplicado por 10 000. Por lo tanto, escribir β sobre la *M* representaba 20 000.

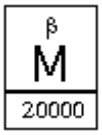


FIGURA No. 11 - Ejemplo de cómo se representa número 20 000 en el sistema de numeración griego

Este sistema de numeración tenía como ventaja la representación de números grandes con pocos símbolos, aunque poseía el inconveniente de que debía de saberse de memoria los veintisiete símbolos.

De esta forma los números parecen palabras, ya que están compuestos por letras, y a su vez las palabras tienen un valor numérico, basta sumar las cifras que corresponden a las letras que las componen (Casado, 2005).

1.2.3- Sistema de numeración Romano

El sistema de numeración romano se desarrolló en la antigua Roma y se utilizó en todo su imperio. Para construir un sistema más fácil de manejar utilizaron letras mayúsculas a las que asignaron un valor numérico. En este sistema el valor de los símbolos siempre es el mismo, por lo que puede decirse que es un sistema de numeración no posicional. Los romanos desconocían el cero, por lo que no disponían de forma alguna para la representación de este valor. Su sistema empleaba los siete símbolos siguientes para representar los números, escogidos de su propio alfabeto.

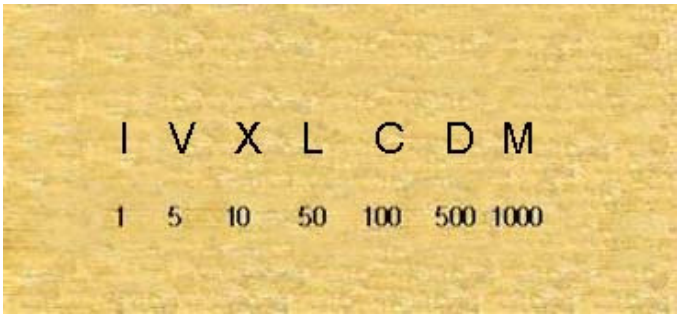


FIGURA No. 12 - Sistemas de numeración romano

Estos símbolos se clasifican en:

- Primarios: I, X, C, M, los cuales se pueden repetir hasta tres veces.
- Secundarios: V, L, D, los cuales no pueden repetirse.

Este sistema de numeración tenía los siguientes recursos o reglas de representación:

- Los números romanos se leen de izquierda a derecha. Se forman en base a los principios de adición, sustracción y multiplicación. Las letras que representan las cantidades mayores se colocan a la izquierda, a continuación se colocan las letras que representan las siguientes cantidades y así sucesivamente.
- Si a la derecha de una cifra romana se escribe otra igual o menor, el valor de ésta se suma a la anterior.

  Ejemplos: VI = 6; XXI = 21; LXVII = 67
- Si un símbolo primario está a la izquierda de otro de mayor valor, se resta al valor del segundo el valor del primero. En este caso no se debe repetir el símbolo que resta, salvo las excepciones que se indican a continuación:

  Sólo se admite la resta de un símbolo primario sobre el inmediato mayor primario o secundario. En este caso está permitida la repetición del mismo símbolo sumando y restando.

  Ejemplos: El símbolo I sólo puede restar a V y a X

  El símbolo X sólo resta a L y a C

  El símbolo C sólo resta a D y a M

  Ejemplos: IV = 4; IX = 9; XL = 40; XC = 90; CD = 400; CM = 900

- En ningún número se puede poner una misma letra más de tres veces seguidas. En la antigüedad se ve a veces la "I" o la "X" hasta cuatro veces seguidas.

  Ejemplos: XIII = 13; XIV = 14; XXXIII = 33; XXXIV = 34

- Los símbolos secundarios "V", "L" y "D" no pueden duplicarse porque otros símbolos primarios ("X","C","M") representan su valor duplicado.

  Ejemplos: X = 10; C = 100; M = 1 000

- El valor de los números romanos queda multiplicado por mil tantas veces como rayas horizontales se coloquen encima de los mismos, así dos rayas se multiplica por un millón.

$$\overline{\overline{\text{XLVIII}}} = 48000000$$

FIGURA No. 13 - Ejemplo de cómo se representa número 48 000 000 en el sistema de numeración romano

1.3- Sistemas de numeración Híbridos

Por otra parte el autor de "Sistemas de numeración a lo largo de la Historia" Casado (2005), plantea que los sistemas de numeración híbridos son aquellos que combinan el principio aditivo con el multiplicativo, pero siguen acumulando combinaciones de signos para los números más complejos, por lo que aún es innecesario un símbolo para representar el 0.

En este sistema el orden en la escritura de las cifras es fundamental para evitar confusiones en su interpretación, van surgiendo así pasos para llegar al sistema de numeración posicional.

1.3.1- Sistema de numeración Chino

El pueblo chino también inventó su propio sistema de numeración hacia el año 1500 A.C. aproximadamente, era muy semejante al sistema decimal usado actualmente, propiedad que les ayudó a

ser muy buenos y rápidos en los cálculos. Es un sistema decimal estricto que usa las unidades y las distintas potencias de 10. Además se debía tener en cuenta el orden de escritura, ya fuera vertical (abajo hacia arriba) u horizontal (de izquierda a derecha) (Magaña, 1997).

Este sistema nació de la necesidad estatal para organizar los trabajos sociales en irrigación, transporte u obras defensivas. Este origen práctico, centrado en resolver problemas de la realidad social, puede haber propiciado el carácter lento de su evolución. La idea de dividir su imperio decimalmente: diez ciudades eran un distrito, diez distritos formaban un departamento, diez departamentos una provincia y diez provincias el imperio, reafirmaban su sistema decimal. También se establecieron pesos y medidas basados en el mismo principio.

El sistema de numeración chino emplea una serie de ideogramas y usa la combinación de los números hasta el 10 con la decena, centena, millar y decena de millar, para representar la cifra deseada siguiendo el principio multiplicativo. No necesitaba un símbolo para el cero siempre y cuando se pusieran todos los ideogramas que representaban el número o cifra.

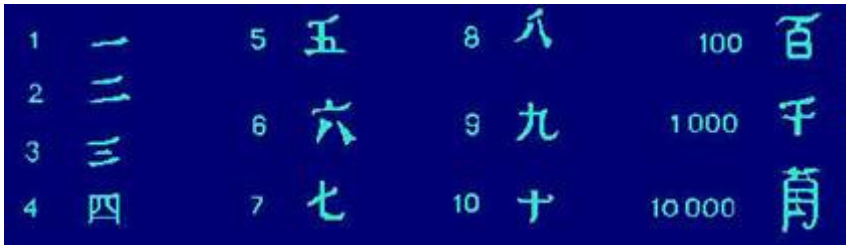


FIGURA No. 14 - Sistemas de numeración chino

FIGURA No. 15 – Ejemplo de representación del número 5 789 en el sistema de numeración chino

En la figura No. 15 aparece el 5 789 = 5*1 000+ 7*100 + 8*10 + 9, por ello, en su representación jeroglífica se coloca el signo del 5 seguido por el del 1 000, después el del 7 seguido por el del 100, después el del 8 seguido por el del 10 y por último el del 9.

Casado (2005) considera que aparte de la forma clásica de escritura china de los números, se puede encontrar cifras en forma de bastoncillos que proceden de formas de cálculo manual. Los chinos se servían de bastoncillos o junquillos para los cómputos; se empleaban para escribir un número colocando éstos en una mesa reglada o en un enrejado. Bajo la forma decimal del sistema, no había más que colocar el número de junquillos correspondientes a las unidades en la columna de más a la derecha; el correspondiente a las decenas, en la columna contigua de la izquierda; el correspondiente a las centenas, en la columna siguiente, y así sucesivamente. De este modo se generaba un sistema de numeración posicional análogo al decimal, con la diferencia de que los guarismos se denotaban de modo aditivo.

Para evitar errores, los bastoncillos se colocaban verticales en las columnas impares (comenzando por las unidades) y horizontales en las pares. De este modo se utilizan solamente dos signos: uno vertical para denotar las potencias pares de diez (unidades, centenas, miríadas, etc.); y otro horizontal para las potencias impares de diez (decenas, unidades de millar, etc.).

Con estos números era fácil operar, y se solía hacer manualmente; bastaba poner o sustraer los junquillos pertinentes, columna por columna, de modo similar a como actúan los algoritmos de suma y resta. En cuanto a la multiplicación, se colocaba el multiplicando en la parte baja del tablero, y el multiplicador arriba. Los productos parciales se iban colocando en la línea intermedia y se añadían automáticamente a medida que se iban extrayendo. La división se hacía de modo parecido: divisor abajo y dividendo en la línea intermedia. El cociente se colocaba arriba, y, paulatinamente, se quitaban del dividendo los junquillos equivalentes a los productos parciales.

1.4- Sistemas de numeración Posicionales

Según Casado (2005), los sistemas de numeración más efectivos son los posicionales. En este sistema es de gran importancia la posición de las cifras, ya que el valor de un dígito depende tanto del símbolo utilizado, como de la posición que ése símbolo ocupa en el número.

En distintas épocas, el sistema chino (300 A. C.) que no disponía de cero (0), el sistema babilónico (2000 A.C.) con dos símbolos, de base 10 aditivo hasta el 60 y posicional (de base 60) en adelante, sin "0" hasta el año 300 A.C. y el sistema Maya (400 – 300 A.C) de base 20, que se representaba mediante el uso de 3 símbolos, el "1", el "5" y el "0", representados por el punto, la barra y una concha de caracol vacía, respectivamente; llegaron al mismo principio. Sólo estas tres culturas, además de la India lograron desarrollar un sistema de este tipo.

El sistema que hoy se conoce fue ideado por los indios antes del siglo VII, aunque con frecuencia las personas se refieren al sistema de numeración actual como árabe. Para visualizar la notación posicional en la cultura india primeramente se debe recordar que ésta no se presentó al inicio del desarrollo de sus numerales, sino que apareció posteriormente. Los numerales más antiguos que se han encontrado usando el valor de posición y el cero proceden del año 876 D.C., aunque existen inscripciones árabes del año 873 D.C. y una inscripción indochina del año 604 D.C. (Garcés, 1982).

Los sistemas de numeración posicionales aparecieron mucho antes de la invención del cero ya que en opinión de Larios (2000) los monumentos de *el Séptimo Baktún* echan mano del uso de la posición en los numerales, siendo por tanto los más antiguos con esta característica de América. Entre estos monumentos existen la estela 2 de Ciapa de Corzo y la estela C de Tres Zapotes, que al ser fechadas en los años 35 A.C. y 31 A.C., respectivamente, anteceden 911 y 907 años a las más antiguas inscripciones indias que usan numerales con valor posicional, y con 639 y 635 años, respectivamente a las más antiguas de Indochina. Si, consecuentemente se considera que en Europa estos tipos de numerales no son introducidos hasta el año 976 D.C. (Willerding, 1991), entonces se tiene una diferencia de un milenio con la inscripción posicional más antigua mesoamericana.

Todos los conocedores de la Aritmética saben que sin el símbolo del cero un sistema de notación posicional no puede sobrevivir correctamente, para lo cual hay que anotar que los ceros más antiguos escritos de los que se tiene conocimiento son los ceros esculpidos en la estela 18 de Vaxactún (perteneciente al grupo de inscripciones de *el Petén*), fechada en 357 D.C., que anteceden por 519 y 247 años a los ceros más antiguos indios e indochinos, respectivamente.

En el sistema de numeración posicional:

- Cada símbolo posee dos valores: uno absoluto, que es el valor que tiene por sí mismo, por ejemplo, en el sistema de numeración decimal el 5 vale 5 unidades y otro, posicional o relativo, que es el valor que tiene de acuerdo con la posición o lugar que ocupa en la cifra, por ejemplo, el número 500, vale 500 unidades o 5 centenas.
- Un mismo número puede usarse un número infinito de veces.

  Ejemplo: El sistema de numeración decimal que se utiliza habitualmente es un ejemplo de sistema posicional: un 3 en la posición de las unidades (la de más a la derecha) vale tres, mientras que el mismo 3 en la posición de las centenas (la tercera empezando por la derecha) vale trescientos.

En esta investigación se afirma que los sistemas posicionales son mucho más efectivos que los que lo antecedieron, debido a que podemos escribir cualquier número sin importar qué tan grande sea, ya que se comportan como un cuentakilómetros: van sumando 1 a la columna de la derecha y, cuando la rueda de esa columna ha dado una vuelta (se *agotan* los símbolos), se pone a cero y se añade una unidad a la siguiente columna de la izquierda.

Sin esta forma de numerar y efectuar cálculos, difícilmente la ciencia hubiese podido llegar hasta la actualidad.

1.4.1- Sistema de numeración Babilónico

Según O´Connor y Robertson (2000) en su artículo "La numeración babilonia" la civilización babilonia de Mesopotamia reemplazó a las civilizaciones sumeria y acadia. Los babilonios empleaban un sistema sexagesimal posicional. De los sistemas numerales de los sumerios y de los acadios heredaron la base 60, es decir, el sistema sexagesimal, sin embrago, ninguno de los dos eran posicionales, y este avance de los babilonios fue indudablemente su mayor logro en el desarrollo del sistema de numeración, incluso, algunos dirían que fue su mayor logro en matemáticas. Este sistema apareció por primera vez alrededor de 1900 – 1800 A.C.

Los babilonios fueron grandes astrónomos y astrólogos, el desarrollo alcanzado por su sistema de numeración debe mucho a la necesidad que sintieron de ordenar el calendario y a la fascinación por las artes mágicas y adivinatorias que asociaron con los cuerpos celestes. El calendario tuvo casi la misma importancia en la vecina civilización egipcia y, por tanto, la astronomía y los cálculos numéricos asociados.

Los símbolos se escribían en tablas de arcilla blanda con el afilado ángulo de una aguja y por esto tienen una forma de cuña. Sobrevivieron muchas tablas alrededor del año 1700 A.C y se puede leer los textos originales. Por supuesto su notación numérica era bastante distinta de la que se utiliza en la actualidad (y no en base 10 sino en base 60) pero la traducción al sistema de notación decimal no distinguiría entre el 2 106 y el 216 (el contexto tendría que mostrar a que nos referimos). No fue hasta alrededor del 400 A.C que los babilonios colocaron dos símbolos de cuña en el lugar dónde se pondría el cero para indicar si significa 216 o 2 106. Las dos cuñas no fue la única notación que usaron, de hecho, en una tabla encontrada en Kish, una antigua ciudad de Mesopotamia situada al este de Babilonia en lo que hoy sería la parte centro-sur de Irak, se usó una notación distinta. Esta tabla, que se piensa que data del 700 A.C, usa tres ganchos para denotar un espacio vacío en la notación posicional. Otras tablas que datan más o menos de la misma época usan un solo gancho para un lugar vacío. Esta es una característica común a la hora de denotar una posición vacía. Es un hecho que nunca tuvo lugar al final de los dígitos sino siempre entre dos de ellos. Por lo que aunque encontramos 21"6 nunca encontramos 216"'. Se debe asumir que los antiguos sentían que el contexto era suficiente para indicar lo que se pretendía aún en estos casos (O´Connor y Robertson, 2006).

Para la unidad se usaba la marca vertical que se hacía con el punzón en forma de cuña. Se ponían tantos como fuera preciso hasta llegar a 10, que tenía su propio signo. De este se usaban los que fueran necesarios completando con las unidades hasta llegar a 60 (Casado, 2005).

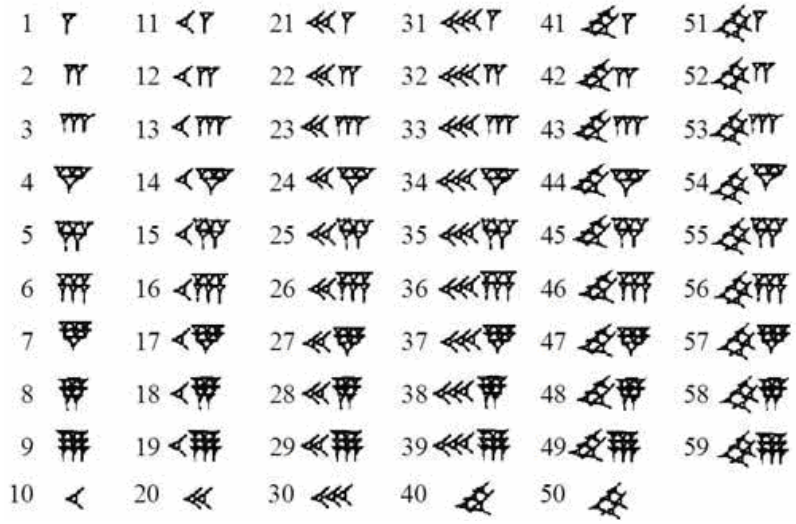


FIGURA No. 16 - Sistema de numeración babilónico

Según Casado (2005), a partir de ahí se usaba un sistema en el que los grupos de signos iban representando sucesivamente el número de unidades, 60, 60x60, 60x60x60 y así sucesivamente.

1.4.2- Sistema de numeración Maya

Los mayas habían desarrollado una floreciente civilización en América central, practicaban el comercio y la agricultura por medio de las observaciones solares, teniendo un avanzado sistema de numeración en uso por los años 400 – 300 A.C. Su sistema tiene alguna semejanza con el romano aunque en algunos aspectos es superior. Conocieron el cero y su sistema de numeración es de base veinte o vigesimal aunque a diferencia del romano era posicional, utilizaban el cinco como base auxiliar (Magaña, 1997).

Los mayas convirtieron en religión la medida del tiempo y su transcurrir; quizá porque ese transcurrir permite la continuidad y el suceder de la vida. Probablemente fuera la agricultura, en este caso del maíz, la impulsora de esa pasión por medir el tiempo, tan determinada y hasta contaminada por influjos religiosos.

Para el estudio y la predicción astronómica, los mayas necesitaron de los números. Desarrollaron de hecho varios sistemas de numeración, uno más primitivo basado en el principio aditivo y otro mucho más actualizado, similar al usado actualmente aunque con base 20. En este caso los números se representaban por glifos, en su mayor parte rostros humanos o humanoides, algunos de inusitada fiereza, otros más dulces y relajados. Estos símbolos para los números conforman una singular galería de dioses que recuerda, una vez más, el carácter religioso de la escritura y los cómputos mayas.

Los numerales mayas tenían dos variantes: los numerales geométricos o normales, y los numerales en forma humana, que por lo general se presentaban como una cara antropomorfa aunque existen casos especiales donde se presenta todo el cuerpo (Garcés, 1982).

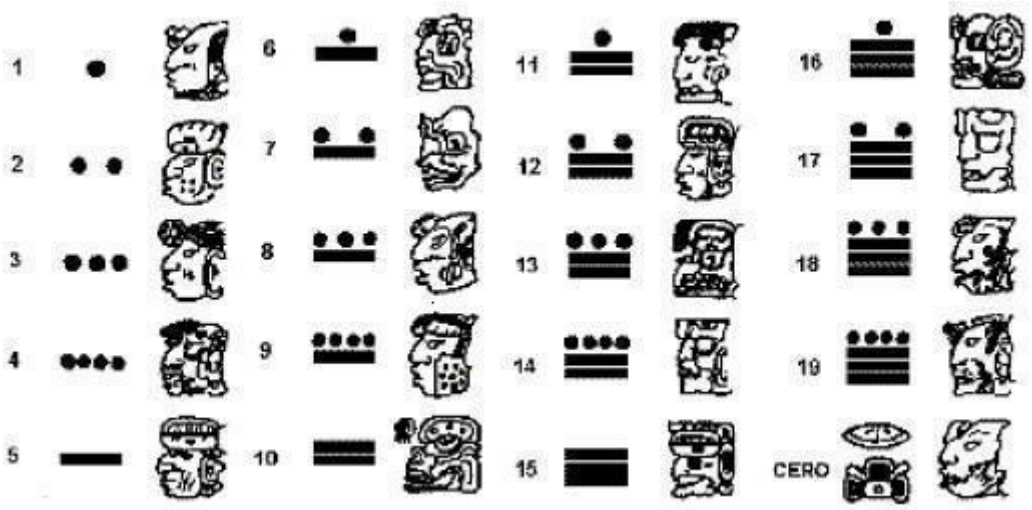


FIGURA No. 17 - Sistemas de numeración maya

La primera notación, la geométrica, está constituida por puntos, rayas y el símbolo de la concha. Esta es la que comúnmente se le conoce y difunde como la notación maya. Su utilización es simple: los puntos representan unidades y las rayas cinco unidades; se pueden formar agrupaciones de puntos con un

número máximo de cuatro y las rayas tienen como máximo el de tres por cada agrupación, todo esto utilizando un principio de adición. Se manejan de este modo representaciones del cero al diecinueve, pues cada posición en el sistema es de veintenas (Sotelo, 1997).

Hasta aquí parece ser un sistema de base 5 aditivo, pero en realidad, considerados cada uno un solo signo, estos símbolos constituyen las cifras de un sistema posicional de base 20, en el que hay que multiplicar el valor de cada cifra por 1, 20, 20x20, 20x20x20 ... según el lugar que ocupe, y sumar el resultado. Este sistema de numeración se interpreta de abajo hacia arriba (Casado, 2005).

En el primer orden se escriben las unidades (del 0 al 19), en el segundo se representan grupos de 20 elementos, por esto se dice que el sistema de numeración maya es vigesimal.

En el segundo orden cada punto vale 20 unidades y cada raya vale 100 unidades. Por la tanto, el 8 del segundo orden vale 8 x 20 = 160. Esas 160 unidades se suman con las 6 del primer orden y se obtiene el número 166.

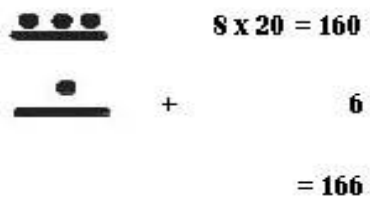


FIGURA No. 18 – Ejemplo de cómo se representa el número 166 en el sistema de numeración Maya

En el tercer orden tendría que estar formado por grupos de 20 unidades (20 x 20 x 1), o sea cada punto tendría que valer 400 unidades. Sin embargo, el sistema de numeración maya tiene una irregularidad. Los símbolos que se escriben en este orden valen 18 x 20 x 1. Esto quiere decir que cada punto vale 360 unidades. Así, el 6 del tercer orden vale 6 x 20 x 18 = 2 160. Esas 2 160 unidades se suman con las 160 del segundo orden (8 x 20 = 160) y con las 8 unidades del primer orden obteniéndose el número 2 328.

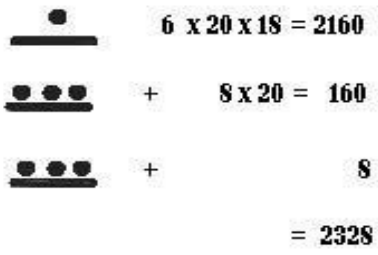


FIGURA No. 19 – Ejemplo de cómo se representa el número 2 328 en el sistema de numeración Maya

Esta irregularidad tiene que ver con que los años mayas (*tunes*), están formados por 360 días. Los mayas vinculaban los números del primer orden con los días (*kines*), los del segundo orden con los meses (*uinales*) y los del tercer orden con los años (*tunes*).

La segunda notación, la variante de perfil, es una colección de 20 glifos que representan caras mostradas en perfil. Con está notación los numerales mayas alcanzaban la madurez de los numerales indios, ya que no se utilizaba el principio de adición sino que cada número estaba representado por un guarismo, aunque con el pequeño problema de su complejidad. Las variantes de caras se utilizaban casi exclusivamente en los fechamientos y numerales monumentales, en los cuales iban acompañados, por lo general, por los mismos numerales pero en la notación geométrica (Larios, 2000).

Los numerales en su notación de cabeza tiene como base los guarismos del 0 al 12, que correspondían a las trece deidades del *oxlahuntikú* o *mundo superior,* mientras que la mandíbula descarnada del guarismo del 10 se convierte en el elemento base para formar los numerales del 13 al 19 al añadir dicha parte a los guarismos correspondientes del 3 al 9 (Morley, 1983). Los guarismos iniciales tienen siempre las mismas características en los diferentes monumentos, de esta suerte se tiene que el numeral 1 es identificable por el mechón de cabello, vinculado con la diosa de la Luna; el numeral 2 muestra una mano abierta arriba de la cabeza y simboliza la muerte y el sacrificio; el 3, con un tocado a modo de turbante, simboliza el viento y la lluvia; el 4 tiene un signo del Sol a la derecha; el 5 es el rostro de un anciano; el 6 se reconoce fácilmente por el símbolo de hacha que se presenta en su ojo, significando lluvias y tormenta; el 7 simboliza al sol nocturno; el 8 simboliza al dios del maíz con una planta de este tipo visible en su tocado; el 9 lleva puntos en la mandíbula y representa a una serpiente; el 10, como ya se dijo, presenta la

mandíbula descarnada, símbolo de muerte; el 11 muestra el símbolo de montaña-tierra y el 12, que simboliza a Venus, lleva un "signo de cielo" sobre su cabeza (Aveni,1993).

Con su sistema de numeración los mayas podían ejecutar las cuatro operaciones de la aritmética, como se hace con el sistema decimal, ayudándose para ello con la construcción de tablas de multiplicar y con la utilización de un especie de ábaco constituido por una cuadrícula o tablero matemático, el cual estaba hecho con varas, o pintado en el piso, y se utilizaban semillas o pequeños trozos de varas para representar los números. Al tipo de cuadrícula que utilizó esta cultura se le puede llamar *esquema matricial* y con éste se pueden llevar a cabo todas las operaciones básicas (suma, resta, multiplicación y división) y algunas otras, como la obtención de raíces. De esta manera las bases del álgebra matricial, comenzada a desarrollar en occidente a finales del siglo pasado, fueron utilizadas por los mayas hace ya muchos siglos (Garcés, 1982).

Casado (2005) considera, que al romperse la unidad del sistema éste se hace poco práctico para el cálculo y aunque los conocimientos astronómicos y de otro tipo fueron notables los mayas no desarrollaron una matemática más allá del calendario.

1.4.3- Sistemas de numeración Hindú

Los primeros indicios matemáticos de la civilización india se calculan hacia los siglos VIII-XII A.C., centrándose en aplicaciones geométricas para la construcción de edificios religiosos y también parece evidente que desde tiempos remotos utilizaron un sistema de numeración posicional y decimal. Fue, sin embargo, entre los siglos V-XII D.C. cuando la contribución a la evolución de las matemáticas se hizo especialmente interesante, destacando cuatro nombres propios: Aryabhata (siglo VI), Brahmagupta (siglo VI), Mahavira (siglo IX) y Bhaskara Akaria (siglo XII).

El sistema de numeración hindú formaba parte de esta cultura desde tiempos inmemoriales y predominaban los métodos calculístico-aritméticos, aunque, al principio, sin la necesidad de contar o de poseer un sistema deductivo, ya que esta cultura se guiaba por un sentido eminentemente práctico. El

Imperio de los *Gupta* promovió una fuerte expansión comercial, tanto con el Oriente próximo, como con el Imperio Romano de Oriente (Bizancio), realizado este por vía marítima. No por casualidad se inició y desarrolló en esa época la gran astronomía trigonométrica hindú de clara influencia griega.

O´Connor y Robertson (2006) consideran que alrededor del año 650 D.C. el uso del cero entró en la matemática india. Los indios usaron también un sistema de valor por posición y el cero se usaba para denotar un lugar vacío. De hecho, hay evidencias de un parámetro de lugar vacío en números posicionales desde tan pronto como el 200 D.C. en la India, pero algunos historiadores rechazan estas como falsificaciones posteriores.

Sin duda alguna, la cifra o guarismo más significativo y escurridizo es el cero (0). Aparentemente parece un sinsentido tener un símbolo para representar la nada, pero esa idea es precisamente la que hace funcionar mucho mejor y con mucho mayor potencial al sistema de numeración posicional.

Este sistema tiene base 10, por lo que además del cero se usan otras 9 cifras más. El valor de cada una de estas cifras o dígitos depende del lugar que ocupa en el número o cantidad.

Establecieron que un número multiplicado por cero da como resultado cero, mientras que un número menos cero es igual al mismo número y, por último, que un número dividido por cero es igual a infinito. También usaron los números negativos, que los griegos habían evitado y que luego llevaría muchos siglos introducir y hacerlos de uso común en Europa.

El sistema de numeración hindú permite escribir cualquier número, por grande que sea, usando solamente diez símbolos, esto es un logro intelectual realmente prodigioso debido a que existen infinitos números.

Para escribir estas diez cifras a partir de las cuales se puede representar cualquier número, los hindúes tuvieron la buena idea de no usar letras de su alfabeto. Usaron símbolos que derivaban de la escritura *brahmi*, surgida en el sigo III A.C. para escribir el sánscrito. Las cifras o dígitos *brahmi* evolucionaron y se diversificaron dando lugar en el sigo IV y V a las cifras *Gupta* y a partir del siglo VII a las *nagari*, que fueron las que tomaron inicialmente los árabes.

En la historia de la India se encuentran suficientes hechos que ponen en evidencia la existencia de relaciones políticas y económicas con los estados griegos, egipcios, árabes y con China. Matemáticamente se considera indiscutible la procedencia india del sistema de numeración decimal y las reglas de cálculo.

CAPÍTULO 2: LOS SISTEMAS DE NUMERACIÓN COMPUTACIONALES: FUNDAMENTACIÓN MATEMÁTICA.

En lo adelante se designarán como sistemas numéricos o sistemas de numeración computacionales a los que en el capítulo anterior se definieron y analizaron como sistemas posicionales. Elizalde (2000) señala que los sistemas de numeración posicionales son conjuntos de reglas y de dígitos, guarismos o caracteres usados para representar cantidades, entre los que pueden mencionarse a los sistemas decimal, binario, octal, hexadecimal y otros. Se caracterizan por su ***base***, la que a su vez define la cantidad de dígitos o guarismos diferentes que requiere para representar una cantidad o número cualquiera. Las ***bases*** de los casos antes citados son: ***diez, dos, ocho*** y ***dieciséis*** respectivamente.

Las cantidades o números posibles de representación con cualquiera de los sistemas posicionales son infinitas en el sentido abstracto, apareciendo limitaciones solo con su magnitud y precisión cuando estos se escriben, "graban" o "almacenan" en soportes o medios físicos finitos, especialmente cuando se refieren a soportes de los llamados informáticos o de las tecnologías de la información.

El sistema de numeración posicional binario ha sido la base fundamental y común del diseño, construcción y funcionamiento lógico y aritmético de las computadoras digitales automáticas, desde su invención en la década de los años cuarenta del siglo XX, hasta las modernas del presente y de las perspectivas a no corto plazo, con independencia de que durante mucho tiempo se hablara y se hable del posible uso de otras bases diferentes al sistema binario en el futuro. La razón fundamental para la generalización del uso de este sistema ha radicado en la viabilidad, fiabilidad y adecuada relación costo/beneficio de los componentes eléctricos, electrónicos, magnéticos y mecánicos, al necesitar identificar o distinguir solamente entre dos estados físicos de forma segura y fiable, estados estos que se han hecho corresponder con los dos dígitos del sistema binario respectivamente: ***el cero*** y ***el uno***.

Recapitulando, en un sistema de numeración posicional se contemplan varios elementos fundamentales:

- La ***base*** del sistema, la que a su vez define la cantidad de cifras o dígitos diferentes que necesita. Por ejemplo, para el sistema decimal, cuya base es el 10, solo utiliza los diez dígitos: 0, 1, 2, 3, 4,

5, 6, 7, 8 y 9, mientras que el binario, cuya base es el 2, solo necesita los dígitos 0 y 1. Hay autores que a estos dígitos los designan como numerales del sistema.

- Las normas de combinación de los dígitos o numerales para formar las cantidades o números. Según ello, a cada cifra se le asocian dos propiedades: su valor absoluto intrínseco y su valor posicional o relativo, que depende de la posición que ocupa en la cantidad numérica.

Otra manera de definir los sistemas numéricos o de notación posicionales para representar los números o cantidades es que posicional en este caso significa que el ***valor o peso*** de un dígito o símbolo dentro de la cantidad o número, depende de su localización o posición dentro de dicha cantidad o número. Si el sistema fuera el decimal, cuando un dígito se mueve un lugar o posición a la izquierda, este se multiplica por 10, (la base y el dígito de la posición en que se encontraba), por lo que, el 7 en 75 es diez veces mayor que el 7 en el 27.

Según demostraciones de Elizalde (2000), los sistemas de numeración que poseen una base tienen la característica de cumplir con la notación posicional, es decir, la posición de cada número le da un valor o peso, así el primer dígito de derecha a izquierda después del punto decimal, tiene un valor igual a b veces el valor del dígito, y así el dígito tiene en la posición n un valor igual a: $(b^n) * A$
donde:
b = valor de la base del sistema
n = número del dígito o posición del mismo
A = dígito

Fórmula fundamental de los sistemas de numeración posicionales

A continuación se ofrece una variante de la fórmula general para la construcción de los números o cantidades de un sistema numérico posicional cualquiera.

$$N = d_n \ldots d_1 d_0, d_{-1} \ldots d_{-k} =$$

$$d_n \cdot b^n + \ldots + d_1 \cdot b^1 + d_0 \cdot b^0, + d_{-1} \cdot b^{-1} + \ldots + d_{-k} \cdot b^{-k} =$$

$$N = \sum_{i=-k}^{n} d_i \cdot b^i$$

Donde:

- ***N**: Sistema de numeración.*
- ***b**: Base del sistema de numeración. Determina a su vez la cantidad de dígitos o símbolos que requiere y permite el sistema para la representación de sus cantidades.*
- ***d**: Un símbolo o dígito cualquiera de los permitidos en el sistema de numeración en cuestión.*
- ***n**: número de dígitos de la parte entera.*
- ***,**: Símbolo utilizado para separar la parte entera de un número de su parte fraccionaria.*
- ***k**: número de dígitos de la parte fraccionaria.*

El valor total del número será la suma de cada dígito multiplicado por la potencia de la base correspondiente a la posición que ocupa en el número. Otro aspecto a notar es que la parte entera de la cantidad o número se interpreta y crece de derecha a izquierda, partiendo del punto o símbolo que se utilice para separar a las dos partes de la misma, mientras que la fraccionaria decrece y se representa de izquierda a derecha respecto a dicho símbolo. Esta representación posibilita la realización de sencillos algoritmos para la ejecución de operaciones aritméticas.

2.1- Sistema de Numeración Decimal

2.1.1- Características principales del Sistema de Numeración Decimal

En opinión de Elizalde (2000), el sistema de numeración decimal es el más usado, tiene como base el número 10, o sea que posee 10 dígitos (o símbolos) diferentes (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). El sistema de numeración decimal fue desarrollado por los hindúes, posteriormente lo introducen los árabes en Europa, donde recibe el nombre de sistema de numeración decimal o arábigo.

Cada dígito a la izquierda del punto decimal representa un valor entre cero y nueve veces una potencia incrementada de diez. Los dígitos a la derecha del punto decimal por su parte representan un valor entre cero y nueve veces una potencia decrementada de diez.

En un numeral, cada dígito tiene un valor relativo y un valor posicional y cada posición es diez veces mayor que la que está inmediatamente a su derecha.

2.1.2- Operaciones aritméticas

2.1.2.1- Suma decimal

Un procedimiento o algoritmo para sumar dos o más números decimales pudiera ser el de colocarlos en columna haciendo coincidir las comas, después se suman como si fuesen números naturales y en el resultado se mantiene o coloca la coma bajo la columna de las comas.
Ejemplo:

$$57,52 + 35,1 + 46,29 = 138,91$$

$$\begin{array}{r} 57,52 \\ +35,10 \\ \underline{46,29} \\ 138,91 \end{array}$$

2.1.2.2- Resta decimal

Inicialmente se procede de forma similar al caso de la suma. Si los números no tienen igual cantidad de cifras o dígitos en la parte fraccionaria, se completan con ceros las cifras que faltan, lo que equivale también a dejarlas “en blanco”. Después, se restan como si fuesen números naturales y se pone en el resultado la coma bajo la columna de las comas.
Ejemplo:

$$65,32 - 43,2 = 22,12$$

$$\begin{array}{r} 65,32 \\ \underline{-\,43,20} \\ 22,12 \end{array}$$

2.1.2.3- Multiplicación decimal

Para multiplicar dos números decimales, se realiza la multiplicación de ambos como si fueran números naturales. Luego se coloca la coma en el resultado, separando tantas cifras como decimales tengan en conjunto los dos factores.

Multiplicación de números decimales por la unidad seguida de ceros

Para multiplicar un número decimal por la unidad seguida de ceros: 10, 100, 1 000, se desplaza la coma a la derecha tantos lugares como ceros tenga la unidad.

Ejemplo:
3,2 x 10 = 32
3,2 x 100 = 320
3,2 x 1 000 = 3 200

Multiplicación de dos números reales

Para multiplicar dos números decimales se efectúa la operación como si fuesen números naturales y en el producto o resultado se separan de derecha a izquierda tantas posiciones decimales como cifras fraccionarias tengan entre los dos factores.

Ejemplo:

$$23{,}48 \times 1{,}2 = 28{,}176$$

$$\begin{array}{r} 23{,}48 \\ \times \quad 1{,}2 \\ \hline 4696 \\ 2348 \\ \hline 28{,}176 \end{array}$$

2.1.2.4- División decimal

Para dividir decimales el dividendo y el divisor deben multiplicarse por 10, 100, 1000, etc. con la finalidad que el divisor se convierta en entero si no lo es. Además, debe cuidarse ubicarse correctamente la coma decimal en el cociente.

División de números reales por la unidad seguida de ceros

Para dividir un número decimal por la unidad seguida de ceros: 10, 100, 1 000, se desplaza la coma a la izquierda tantos lugares como ceros tenga la unidad.

Ejemplo:
24,2: 10 = 2,42
24,2: 100 = 0,242
24,2: 1 000 = 0,0242

División de un número real por uno natural

Para dividir un número real por un número natural se hace la división como si fuesen números naturales, pero se pone una coma en el cociente al bajar la primera cifra fraccionaria del dividendo.

División de un número natural por uno real

Para dividir un número natural por un número real se suprime la coma del divisor y a la derecha del dividendo se ponen tantos ceros como cifras decimales tenga el divisor. Después se hace la división como si fuesen números naturales.

División de dos números reales

Para dividir dos números reales se suprime la coma del divisor y se desplaza la coma del dividendo tantos lugares a la derecha como cifras decimales tenga el divisor; si es necesario, se añaden ceros.

2.1.3- Conversiones

Algoritmo de las multiplicaciones y divisiones

A continuación se ofrece coloquialmente dos algoritmos para convertir números en notación decimal a números en cualquier otra base.

Para convertir la parte entera de un número expresado en el sistema de base diez o decimal a cualquier otra base, se divide dicha parte del número en cuestión por la base del sistema al que se quiere cambiar. Los resultados que se obtengan en el cociente deben seguir dividiéndose hasta que este resultado sea menor que la nueva base a la que se está realizando la conversión. Los residuos que resulten de todas las divisiones en orden progresivo se irán apuntando de derecha a izquierda, quedando formado así el número expresado en la base deseada.

Para convertir la parte fraccionaria de un número decimal en su equivalente en otra base, se multiplica dicha parte fraccionaria original por la base del sistema a que se desea convertir y sucesivamente se procede así con la parte fraccionaria del nuevo producto, hasta la cantidad de dígitos fraccionarios que se deseen obtener. La sucesión de dígitos partes enteras de arriba hacia debajo de la sucesión de productos obtenidos, da el equivalente requerido de la parte fraccionaria en la nueva base.

2.1.3.1- Convertir de decimal a binario

Según Tersek (2005) los métodos más conocidos son:

1. Divisiones sucesivas entre 2: Consiste en dividir sucesivamente el número decimal y los cocientes que se van obteniendo entre 2, siempre con números enteros, hasta que una de las divisiones se haga 0. La unión de todos los restos obtenidos escritos en orden inverso, nos proporcionan el número inicial expresado en el sistema binario.

Ejemplo $52_{(10)}$:

División	Cociente	Resto
52 / 2	26	**0**
26 / 2	13	**0**
13 / 2	6	**1**
6 / 2	3	**0**
3 / 2	1	**1**
1		**1**

Por tanto $52_{(10)} = 110100_{(2)}$

2. Multiplicación sucesiva por 2: Se utiliza para convertir una fracción decimal a binario, consiste en multiplicar dicha fracción por 2, obteniendo en la parte entera del resultado el primero de los dígitos binarios de la fracción binaria que buscamos. A continuación repetimos el mismo proceso con la parte fraccionaria del resultado anterior, obteniendo en la parte entera del nuevo resultado el segundo de los dígitos buscados. Iteramos sucesivamente de esta forma, hasta que desaparezca la parte fraccionaria o hasta que tengamos los suficientes dígitos binarios que nos permitan no sobrepasar un determinado error.

Ejemplo:

Convertir la fracción decimal 0.0828125 en fracciones binarias

0.828125	x	2	=	**1**.656250
0.656250	x	2	=	**1**.31250
0.31250	x	2	=	**0**.6250
0.6250	x	2	=	**1**.250
0.250	x	2	=	**0**.50
0.50	x	2	=	**1**.0

$0.828125_{(10)} = 0.110101_{(2)}$

3. Métodos de las restas sucesivas de las potencias de 2: Consiste en tomar el número a convertir y buscar la potencia de 2 más grande que se pueda restar de dicho número, tomando como nuevo número para seguir el proceso el resultado de la resta. Se repiten las mismas operaciones hasta que el número resultante en una de las restas es 0 o inferior al error que deseamos cometer en la conversión. El número binario resultante será un uno (1) en las posiciones correspondientes a las potencias restadas y un cero (0) en las que no se han podido restar.

Ejemplo: Convertir el número $540,25_{(10)}$ a binario

potencia	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	0,5	0,25
posición	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2
dígito	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**

$540,25 - 512 = 284,25$ (2^9)

$284,25 - 256 = 28,25$ (2^8)

$28,25 - 16 = 12,25$ (2^4)

$12,25 - 8 = 4,25$ (2^3)

$4,25 - 4 = 0,25$ (2^2)

$0,25 - 0,25 = 0$ (2^{-2})

Por lo tanto $540,25_{(10)} = 1100011100,01$

2.1.3.2- Convertir de decimal a octal

Consiste en dividir un número y sus sucesivos cocientes obtenidos por ocho hasta llegar a una división cuyo cociente sea 0. El número octal buscado es el compuesto por todos los restos obtenidos escritos en orden inverso a su obtención (Tersek, 2005).

Ejemplo:

1992	8		
39	249	8	
72	09	31	8
0	1	7	3

$1000_{(10)}=3710_{(8)}$

Conversión de una fracción decimal a una octal: Tersek (2005) considera que se toma la fracción decimal y se multiplica por 8, obteniendo en la parte entera del resultado el primer dígito de la fracción octal resultante y se repite el proceso con la parte decimal del resultado para obtener el segundo dígito y sucesivos. El proceso termina cuando desaparece la parte fraccionaria del resultado o dicha parte fraccionaria es inferior al error máximo que deseamos obtener.

Ejemplo:

0.140625*8=1.125
0.125*8=1.0
$0.140625_{(10)}=0.11_{(8)}$

2.1.3.3- Convertir de decimal a hexadecimal.

Conversión decimal – hexadecimal: Se divide el número decimal y los cocientes sucesivos por 16 hasta obtener un cociente igual a 0. El número hexadecimal buscado será compuesto por todos los restos obtenidos en orden inverso a su obtención (Tersek, 2005).

Ejemplo

1000	**16**	
40	**62**	**16**
8	**14**	**3**

$1000_{(10)}=3E8_{(16)}$

Conversión de una fracción decimal a hexadecimal: Tersek (2005) considera que la fracción decimal se multiplica por 16, obteniendo en la parte entera del resultado el primer dígito de la fracción hexadecimal buscada, y se repite el proceso con la parte fraccionaria de este resultado. El proceso se acaba cuando la parte fraccionaria desaparece o hemos obtenido un número de dígitos que nos permita no sobrepasar el máximo error que deseemos obtener.

Ejemplo: Pasar a hexadecimal la fracción decimal 0.06640625

0.06640625*16=1.0625

0.0625*16 = 1.0

Luego $0.06640625_{(10)}=0.11_{(16)}$

2.2- Sistema de Numeración Binario

2.2.1- Características principales del Sistema de Numeración Binario

El antiguo matemático Indio Pingala presentó la primera descripción que se conoce de un sistema de numeración binario en el siglo tercero antes de Cristo, lo cual coincidió con su descubrimiento del concepto del número cero.

Una serie completa de 8 trigrams y 64 hexagramas, análogos a 3 bit y números binarios de 6 bit, eran conocidos en la antigua china en el texto clásico del I Ching. Series similares de combinaciones binarias también han sido utilizados en sistemas de adivinación tradicionales africanos como el Ifá, así como en la geomancia medieval Occidental.

Un arreglo binario ordenado de los hexagramas del I Ching, representando la secuencia decimal de 0 a 63, y un método para generar el mismo, fue desarrollado por el erudito y filósofo Chino Shao Yong en el siglo XI. Sin embargo, no hay ningunas pruebas que Shao entendió el cómputo binario.

En 1605 Francis Bacon habló de un sistema por el cual las letras del alfabeto podrían reducirse a secuencias de dígitos binarios, la cuales podrían ser codificados como variaciones apenas visibles en la fuente de cualquier texto arbitrario.

En gran medida para la teoría general de codificación de binario, él añadió que este método podría ser usado con cualquier objeto en absoluto: "siempre que aquellos objetos sean capaces de solo una diferencia doble; como por Campanas, por Trompetas, por Luces y Antorchas, según el informe de Mosquetes, y cualquier instrumento de naturaleza parecida."

El sistema binario moderno fue documentado en su totalidad por Leibnitz, en el siglo diecisiete, en su artículo "*Explication de l'Arithmétique Binaire*". Leibnitz usó el 0 y el 1, al igual que el sistema de numeración binario actual, construyendo una máquina que podía multiplicar, en incluso teóricamente,

realizar las cuatro operaciones aritméticas. Sin embargo, la tecnología disponible le imposibilita la realización de las operaciones con exactitud.

El sistema de numeración más simple que usa la notación posicional es el sistema de numeración binario. Este sistema, como su nombre lo indica, usa solamente dos dígitos (0,1). Por su simplicidad y por poseer únicamente dos dígitos diferentes, el sistema de numeración binario se usa en computación para el manejo de datos e información. Normalmente al dígito cero se le asocia con cero voltios, apagado, desenergizado, inhibido (de la computadora) y el dígito 1 se asocia con +5, +12 volts, encendido, energizado (de la computadora) con el cual se forma la lógica positiva. Si la asociación es inversa, o sea el número cero se asocia con +5 volts o encendido y al número 1 se asocia con cero volts o apagado, entonces se genera la lógica negativa Elizalde (2000).

2.2.2- Operaciones aritméticas

2.2.2.1- Suma binaria

Álvarez (1998) plantea que para sumar números binarios, seguimos las reglas utilizadas para la suma de números decimales. La única diferencia es que, como el sistema binario consta de dos caracteres, la reagrupación de los números es más corta. Existen cuatro posibles combinaciones en la suma de binarios:

- 0 + 0 = 0
- 0 + 1 = 1
- 1 + 0 = 1
- 1 + 1 = 10 *

En nuestro ejemplo, 1 + 1 = 10, entonces escribimos 0 y "llevamos" 1 (Esto es lo que se llama el *arrastre*). Se suma este 1 a la siguiente columna: 1 + 0 + 0 = 1, y seguimos hasta terminar todas la columnas (exactamente como en decimal).

Ejemplo:

100110101
+ 11010101
1000001010

2.2.2.2- Resta binaria

González (2007) plantea que el algoritmo de la resta, en binario, es el mismo que en el sistema decimal. Pero conviene repasar la operación de restar en decimal para comprender la operación binaria, que es más sencilla. Los términos que intervienen en la resta se llaman minuendo, sustraendo y diferencia.
Las restas básicas 0-0, 1-0 y 1-1 son evidentes:

- 0 – 0 = 0
- 1 – 0 = 1
- 1 – 1 = 0

La resta 0 - 1 se resuelve, igual que en el sistema decimal, tomando una unidad prestada de la posición siguiente: 10 - 1 = 1 y me llevo 1, lo que equivale a decir en decimal, 2 – 1 = 1. Esa unidad prestada debe devolverse, sumándola, a la posición siguiente.

Ejemplo:

```
    0 10     0 10
    1 0 1 1 1 0 0 1 1
- 0 1 0 1 0 1 0 1 0
  0 1 1 0 0 1 0 0 1
```

2.2.2.3- Multiplicación binaria

En opinión de González (2007) la multiplicación en binario es más fácil que en cualquier otro sistema de numeración. Como los factores de la multiplicación sólo pueden ser CEROS o UNOS, el producto sólo puede ser CERO o UNO. En otras palabras, las tablas de multiplicar del cero y del uno son muy fáciles de aprender:

Tabla de multiplicar del sistema binario.

*	0	1
0	0	0
1	0	1

Ejemplo:

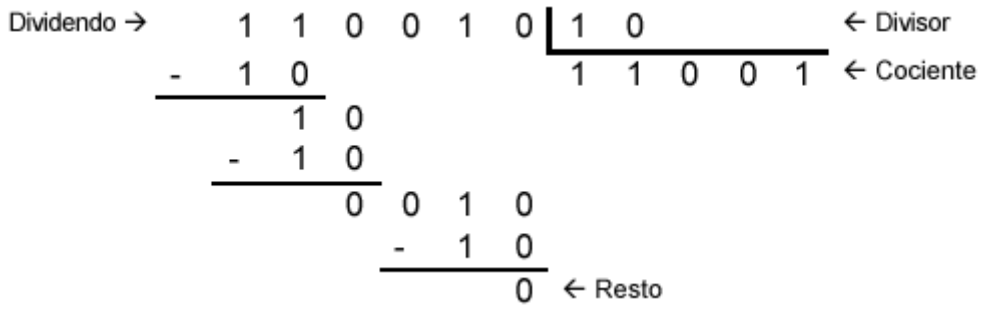
```
      1 0 1 1 1
    x     1 0 1
-------------------
      1 0 1 1 1
    0 0 0 0 0 -
+ 1 0 1 1 1 - -
-------------------
  1 1 1 0 0 1 1
```

2.2.2.4- División binaria

Igual que en el producto, la división es muy fácil de realizar, porque no son posibles en el cociente otras cifras que UNOS y CEROS, señala González (2007). La división en binario es similar a la decimal, la única diferencia es que a la hora de hacer las restas, dentro de la división, estas deben ser realizadas en binario.

Ejemplo:

Para dividir **110010_2** entre **10_2** los cálculos son:



2.2.3- Conversiones

2.3.3.1- Convertir de binario a decimal

Guerra (2005) plantea que para realizar la conversión de Binario a Decimal se realizan los siguientes pasos:

1) Inicie por el lado derecho del número Binario, cada número multiplíquelo por (2) y elevarlo a la potencia consecutiva (iniciando por la potencia 0).

2) Después de realizar cada una de las multiplicaciones, sume todas y él número resultante será el equivalente al Sistema Decimal.

Ejemplos:

Binario Decimal

110101 = 53

Proceso:

1*(2) elevado a (0)=1

0*(2) elevado a (1)=0

1*(2) elevado a (2)=4

0*(2) elevado a (3)=0
1*(2) elevado a (4)=16
1*(2) elevado a (5)=32
La suma es: 53

2.2.3.2- Convertir de binario a octal

Guerra (2005) plantea que para realizar la conversión de Binario a Octal se realizan los siguientes pasos:
1) Agrupe la cantidad binaria en grupos de 3 en 3, iniciando por el lado derecho, si al terminar de agrupar no completa 3 dígitos, entonces agregue ceros a la izquierda.
2) Posteriormente vea el valor que corresponde de acuerdo a la tabla para convertir de binario a octal. Ver anexo 11.
3) La cantidad correspondiente en Octal se agrupa de izquierda a derecha.

Ejemplos:

Binario Octal
110111 = 67

Proceso:
111 = 7
110 = 6
Agrupe de Izquierda-Derecha: 67

2.2.3.3- Convertir de binario a hexadecimal

Guerra (2005) plantea que para realizar la conversión de Binario a Hexadecimales realizan los siguientes pasos:

1) Agrupe la cantidad binaria en grupos de 4 en 4, iniciando por el lado derecho, si al terminar de agrupar no completa 4 dígitos, entonces agregue ceros a la izquierda.
2) Posteriormente vea el valor que corresponde de acuerdo a la tabla para convertir de binario a hexadecimal. Ver anexo 17.
3) La cantidad correspondiente en Hexadecimal se agrupa de izquierda a derecha.

Ejemplos:

Binario Hexadecimal
110111010 = 1BA
Proceso:
1010 = A
1011 = B
1 entonces agregue 0001 = 1

Analizando las conversiones anteriores se demuestra que entre sistemas de numeración posicionales cuyas bases son potencias enteras de (2), se cumple que si se agrupa el número representado en binario de derecha a izquierda en grupos cuya cantidad de bit es igual a lo que se necesita para representar a la base, se puede codificar directa o inversamente sobre la agrupación.

2.3- Sistema de Numeración Octal

2.3.1- Características principales del Sistema de Numeración Octal

El sistema de numeración octal es también muy usado en la computación por tener una base que es potencia exacta de 2 o de la numeración binaria. Esta característica hace que la conversión a binario o viceversa sea bastante simple. El sistema octal usa 8 dígitos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) y tienen el mismo valor que en el sistema de numeración decimal. Como el sistema de numeración octal usa la notación

posicional. El subíndice que indica número octal, se usa la letra q para evitar confusión entre la letra o y el número 0 Elizalde (2000).

2.3.2- Operaciones aritméticas

2.3.2.1- Suma octal

Se debe restar o dividir la semisuma de cada columna, cuando la misma exceda la base del sistema, y colocar en la columna inmediata del lado izquierdo, el valor del acarreo tantas veces se haya superado la base del sistema. De esta misma forma cada unidad que se acarree equivale a ocho unidades de la columna anterior (Tersek, 2005). Ver anexo 1.

2.3.2.2- Resta octal

La resta en octal se realiza de la misma forma que la resta decimal, teniendo en cuenta que cuando el minuendo es mayor que el sustraendo se debe pedir un préstamo. Ver anexo 2.

2.3.2.3- Multiplicación octal

Para realizar las multiplicaciones en el sistema octal se deben considerar las tablas de multiplicar en octal. Ver anexo 3 y 4.

2.3.2.4- División octal

Según Tersek (2005) la división se efectúa del mismo modo que en el sistema decimal y se realiza directamente en la misma base del sistema octal. Ver anexo 5.

2.3.3- Conversiones

Para realizar las conversiones entre sistemas se utiliza el mismo procedimiento usado en el sistema de numeración binario.

2.3.3.1- Convertir de octal a decimal

En opinión de Tersek (2005) para convertir un número de octal a decimal existen varios métodos siendo el más generalizado el indicado por la fórmula fundamental de los sistemas de numeración que hace la conversión de forma directa. Ver anexo 10.

2.3.3.2- Convertir de octal a binario

González (2007) señala que la ventaja principal del sistema de numeración octal es la facilidad con que se puede realizar la conversión entre números binarios y octales. La conversión de octal a binario se lleva a cabo convirtiendo cada dígito octal en su equivalente binario de 3 bits, utilizando la tabla de conversión. Ver anexo 11 y 12.

2.3.3.3- Convertir de octal a hexadecimal

Se sustituye cada número octal por sus correspondientes a 3 dígitos binarios. Posteriormente se convierte de binario ha hexadecimal agrupando la cantidad binaria en grupos de 4 en 4, iniciando por el lado derecho, si al terminar no completa 4 dígitos, entonces agregue ceros a la izquierda. Por último debe sustituir el valor hexadecimal por cada grupo de 4 Guerra (2005). Ver anexo 13.

2.4- Sistema de Numeración Hexadecimal

2.4.1- Características principales del Sistema de Numeración Hexadecimal

Elizalde (2000) concluye que un gran problema con el sistema binario es la verbosidad. Para representar el valor 20 210 se requieren ocho dígitos binarios, la versión decimal sólo requiere de tres dígitos y por lo tanto los números se representan en forma mucho más compacta con respecto al sistema de numeración binario. Desafortunadamente las computadoras trabajan en sistema binario y aunque es posible hacer la conversión entre decimal y binario, ya vimos que no es precisamente una tarea cómoda. El sistema de numeración hexadecimal, o sea de base 16, resuelve este problema (es común abreviar hexadecimal como hex aunque hex significa base seis y no base dieciséis). El sistema hexadecimal es compacto y nos proporciona un mecanismo sencillo de conversión hacia el formato binario, debido a esto, la mayoría del equipo de cómputo actual utiliza el sistema de numeración hexadecimal.

Como la base del sistema hexadecimal es 16, cada dígito a la izquierda del punto hexadecimal representa tantas veces un valor sucesivo potencia de 16. Cada dígito hexadecimal puede representar uno de dieciséis valores entre 0 y 1 510. Como sólo tenemos diez dígitos decimales, necesitamos inventar seis dígitos adicionales para representar los valores entre 1 010 y 1 510. En lugar de crear nuevos símbolos para estos dígitos, utilizamos las letras A a la F Elizalde (2000).

2.4.2- Operaciones aritméticas

2.4.2.1- Suma hexadecimal

Se debe restar o dividir la semisuma de cada columna, cuando la misma exceda la base del sistema, y colocar en la columna inmediata del lado izquierdo, el valor del acarreo tantas veces se haya superado la base del sistema. Cada unidad que se acarree equivale a dieciséis unidades de la columna anterior. Ver anexo 6.

2.4.2.2- Resta hexadecimal

La resta hexadecimal sigue las mismas reglas que la resta decimal y binaria, con la salvedad que un pedido de 1 en la notación hexadecimal representa el número decimal 16. Ver anexo 7.

2.4.2.3- Multiplicación hexadecimal

Para la realización de la multiplicación en hexadecimal es necesario considerar las tablas de multiplicar en el sistema hexadecimal. Ver anexo 8 y 9.

2.4.2.4- División hexadecimal

La división se efectúa del mismo modo que en el sistema decimal y se realiza directamente en la misma base del sistema hexadecimal. Sin embargo, también se puede obtener previamente la conversión en binario y proceder, y después el resultado transformarlo de nuevo al sistema de numeración original (Tersek, 2005).

2.4.3- Conversiones

2.4.3.1- Convertir de hexadecimal a decimal

Tersek (2005) considera que al igual que en el sistema binario para convertir un número de octal a decimal existen varios métodos siendo el más generalizado el indicado por la fórmula fundamental de los sistemas de numeración que hace la conversión de forma directa. Ver anexo 14.

2.4.3.2- Convertir de hexadecimal a binario

Al igual que en el sistema octal para convertir un número hexadecimal a binario, se sustituye cada dígito hexadecimal por su representación binaria. Posteriormente se agrupa los dígitos de izquierda a derecha para formar la cantidad binaria (Guerra, 2005). Ver anexo 15.

2.4.3.3- Convertir de hexadecimal a octal

Se realiza la misma operación que en el sistema octal, pero ahora se sustituye cada número hexadecimal por sus correspondientes a 4 dígitos binarios. Posteriormente se convierte de binario ha octal agrupando la cantidad binaria en grupos de 3 en 3, iniciando por el lado derecho, si al terminar no completa 3 dígitos, entonces agregue ceros a la izquierda. Por último debe sustituir el valor hexadecimal por cada grupo de 4 Guerra (2005). Ver anexo 16.

2.5- Álgebra de Boole

A mediados del siglo XIX, el matemático George Boole realizó aportes extraordinarios a las matemáticas y en especial a la lógica matemática, que con el devenir del tiempo se integraron a las disciplinas del área computacional. En sus libros: "The Mathematical Analysis of Logic" (1847) y "An Investigation of te Laws of Thought" (1854)**,** desarrolló la idea de que las proposiciones lógicas podían ser tratadas mediante herramientas matemáticas. Las proposiciones lógicas (asertos, frases o predicados de la lógica clásica) son aquellas que únicamente pueden tomar valores Verdadero/Falso, o preguntas cuyas únicas respuestas posibles sean Sí/No. Según Boole, estas proposiciones pueden ser representadas mediante símbolos y la teoría que permite trabajar con estos símbolos, sus entradas (variables) y sus salidas (respuestas) es la Lógica Simbólica desarrollada por él. Dicha lógica simbólica cuenta con operaciones lógicas que siguen el comportamiento de reglas algebraicas. Por ello, al conjunto de reglas de la Lógica Simbólica se le denomina ÁLGEBRA DE BOOLE.

El Álgebra de Boole al llevar el análisis lógico a expresiones matemáticas y valerse con que la variable tome uno de dos estados (verdadero o falso) le vino muy bien que existiera el sistema binario con dos dígitos, cuyas operaciones lógicas tienen mucha coincidencia con el Álgebra Booleana.

Moreno (2002) considera que el Álgebra de Boole es un modelo matemático que es la base del Álgebra de conmutación, o aquél en que todos los elementos que la forman tienen dos estados válidos posibles y que son opuestos entre sí. Este tipo de Álgebra se empezó usando con réles y se ha continuado con los circuitos digitales basados en la electrónica de conmutación o electrónica digital.

Todas las variables y constantes del Álgebra booleana, admiten sólo uno de dos valores en sus entradas y salidas: Sí/No, 0/1 o Verdadero/Falso. Estos valores bivalentes y opuestos pueden ser representados por números binarios de un dígito (bits), por lo cual el Álgebra booleana se puede entender cómo el Álgebra del Sistema Binario. Al igual que en álgebra clásica, también se trabaja con letras del alfabeto para denominar variables y constantes para formar ecuaciones lógicas para obtener el resultado de ciertas operaciones mediante una ecuación o expresión booleana. Evidentemente los resultados de las correspondientes operaciones también serán binarios.

Según Mocoso (2007) a mediados del siglo XX el álgebra Booleana resultó de una gran importancia práctica, importancia que se ha ido incrementando hasta nuestros días, en el manejo de información digital (por eso hablamos de Lógica Digital). Gracias a ella, Shannon (1930) pudo formular su teoría de la codificación y según diferentes autores John Von Neumann pudo enunciar el modelo de arquitectura que define la estructura interna de las computadoras digitales automáticas desde la primera generación. Con la lógica digital o booleana se desarrollaron módulos combinacionales y secuenciales, lo que permitió concebir y diseñar como un todo a los bloques aritméticos y lógicos en las máquinas computadoras digitales automáticas a partir de la década de 1940. Por consiguiente, los registros internos de las distintas partes de la unidad central de procesamiento, así como de todos los medios y dispositivos de almacenamiento y manipulación de la información son binarios, representan la información en el sistema binario o de base dos.

Pueden argumentarse numerosas razones que justificaron o fundamentaron la elección del sistema binario como base universal de las computadoras automáticas y todo lo relativo a sus correspondientes capas o niveles básicos del software que trabajan en ese nivel inferior, pero los esenciales son los siguientes:

- La sustentación ofrecida por el Algebra Booleana o Algebra Lógica analizada anteriormente, junto con todo el desarrollo ulterior de las matemáticas computacionales.
- El adecuado compromiso de ingeniería entre la factibilidad, fiabilidad, la relación costo/prestaciones y costo/beneficio mediante la utilización de dispositivos físicos que solo necesiten distinguir y conmutar entre dos estados: abierto/cerrado, nivel bajo/nivel alto, etc., estableciendo el adecuado convenio de hacerlos corresponder con los únicos dos dígitos o guarismos que requiere el sistema binario: el cero (0) y el uno (1).

2.6- Punto o coma flotante

Antes de desarrollar el concepto de punto o coma flotante utilizado en la representación interna básica o de bajo nivel de todo tipo de sistema en los que se soportan las ciencias informáticas y sus aplicaciones, conviene refrescar los conceptos relativos a la ***notación científica, notación exponencial, notación índice estándar o notación flotante normalizada***, la que se estudia inicialmente en la educación general preuniversitaria, sobre la base del sistema de numeración decimal.

La **notación científica** es un modo conciso de representar números —ya sean enteros ó reales— mediante una técnica llamada coma flotante aplicada al sistema decimal, es decir, potencias de diez. También se aplica en cualquier otro sistema numérico posicional, por lo que se trabajaría con las potencias de la correspondiente base del sistema de que se trate. Esta notación es utilizada en números demasiado grandes o demasiado pequeños.
Por ejemplo, la distancia a los confines observables del universo es ~$4{,}6 \cdot 10^{26}$ **m** y la masa de un protón es ~$1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kilogramos. La mayoría de las calculadoras y muchos programas de computadora presentan resultados muy grandes y muy pequeños en notación científica; los números 10 (o de la base que se trate)

generalmente se omiten y se utiliza la letra E para el exponente; por ejemplo: 1,56234 E29. Nótese que esto no está relacionado con la base del logaritmo natural también denotado comúnmente con la letra ***e*.**

La notación científica es altamente útil para anotar cantidades físicas, pues pueden ser medidas solamente dentro de ciertos límites de error y al anotar sólo los dígitos significativos se da toda la información requerida sin malgastar espacio u otro tipo de recurso como el tiempo, etc. Igualmente las operaciones aritméticas con estas son mucho más fáciles y puede mantenerse el control sobre el error, de manera que se mantenga dentro de los límites admisibles para el problema o aplicación de que se trate. La notación científica también evita diferencias regionales de denominación, como es el caso del término inglés *billion* que puede dar lugar a equivocaciones, con respecto al billón generalmente utilizado en el español.

Para expresar un número en notación científica en el sistema decimal debe expresarse en forma tal que contenga un dígito (el más significativo) en el lugar de las unidades, todos los demás dígitos irán entonces después del punto (o la coma) decimal multiplicado por el exponente de 10 respectivo. Ej 238294360000 = 2,3829436E11 y 0,000312459 = 3,12459E-4

En el sistema decimal, cualquier número real puede expresarse mediante la referida ***notación científica normalizada***. Para expresar un número en notación científica normalizada se multiplica o divide por 10 tantas veces como sea necesario para que todos los dígitos aparezcan a la derecha del punto o coma decimal, de modo que el primer dígito después del punto no sea cero. Por ejemplo:

$$\begin{aligned} 732.5051 &= 0.7325051 \times 10^{3} \\ -0.005612 &= -0.5612 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

En general, un número real ***x*** distinto de cero, se representa en notación científica normalizada en la forma:

$$x = \pm r \times 10^{n} \tag{1}$$

En donde ***r*** es un número tal que **1/10 ≤ r < 1** y ***n*** es un entero (positivo, negativo o cero).

Exactamente del mismo modo puede utilizarse la notación científica en el sistema *binario*. En este caso, se tiene que:

$$x = \pm q \times 2^{m} \tag{2}$$

donde ***m*** es un entero. El número ***q*** se denomina **mantisa** y el entero ***m*** **exponente**. En una computadora binaria tanto ***q*** como ***m*** estarán representados como números en base 2. Puesto que la mantisa ***q*** está normalizada, en la representación binaria empleada se cumplirá que:

$$\frac{1}{2} \leq |q| < 1$$

Para que una computadora pueda manejar números naturales, enteros, racionales, reales o, incluso, complejos, es necesario representar estos números en memoria en un formato bien definido y suficientemente flexible.

Las computadoras necesariamente representan y procesan la información mediante registros y dispositivos de una cantidad finita de dígitos. Un número real tiene, salvo pocas excepciones, infinitos dígitos. Para representar esta cifra en una computadora tenemos que elegir un número finito de guarismos o dígitos, lo que introduce un error en la representación de dicho número. Tener en cuenta estos errores introducidos al llevar la información a las computadoras es muy importante, sobre todo en aplicaciones en las que se realizan muchas operaciones aritméticas y lógicas. Conforme realizamos estas operaciones el error se propaga, se acumula y en algunos casos puede llegar a crecer exponencialmente, provocando grandes errores en el resultado final.

Debe recordarse que los sistemas octal, hexadecimal y cualquiera otro cuya base sea un múltiplo entero de dos, tienen una correspondencia directa con el sistema binario si sus dígitos o guarismos se agrupan de derecha a izquierda haciéndoles corresponder una cantidad de bits igual al exponente al que hay que elevar el dos para obtener su base. La introducción y uso de estos sistemas en el desarrollo de las ciencias informáticas solo ha obedecido a razones de simplificación, analogía y reducción significativa de la cantidad de proceso humano y dígitos necesarios para su representación con fines de la manipulación humana directa, incluyendo la facilidad de la conversión directa e inversa entre sistemas de base dos y sus correspondientes múltiplos enteros.

2.6.1- Números reales en punto flotante

Dado que los números reales pueden tener un número infinito de dígitos, se representan en una computadora mediante un formato denominado de punto flotante, que utiliza sólo un número finito de dígitos.

Existen varios formatos para la representación de números flotantes en una computadora, aunque el estándar, y por ello el utilizado en la mayoría de los computadores, pero no en todos, es el formato ANSI/IEEE standard 754-1985 [1, 2]3, que se denomina IEEE-754 para abreviar.

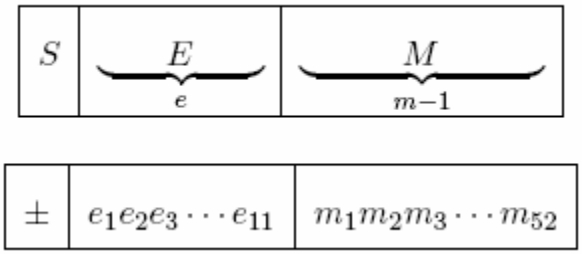


FIGURA No. 20 – Ejemplo de representación de un número flotante en binario con $e + m$ bits (arriba) y representación de un número en doble precisión o de $e + m = 64$ bits (abajo)

En este formato los números flotantes se representan en sistema binario, con *m* y *e* bits para la mantisa *M* y para el exponente *E*, respectivamente, como aparece en la figura 20. De esta forma la representación de un número flotante requiere de *m*+*e* bits, número que normalmente es un múltiplo par de 16 (2 *bytes*). Se pueden representar números en precisión simple (*float*), doble (*double*) y cuádruple (*quadruple*) que tienen 32 ($e = 8$), 64 ($e = 11$) y 128 ($e = 15$) bits de longitud, respectivamente.

Para concretar estudiaremos el formato de doble precisión, hoy en día el más utilizado, que tiene *m*=53 bits de mantisa y *e*=11 bits de exponente. Como el primer dígito de la mantisa, que está normalizada, debe ser necesariamente *d*1=1, se aprovecha este bit para almacenar en su lugar el signo de la mantisa. Este formato permite representar +0 y -0, lo que a veces puede ser ventajoso. Se reservan *e*=11 dígitos binarios para el exponente y su signo. Este número entero se representa en exceso a $2^{e-1}-1$=1 023, por lo

que se pueden representar sólo los números enteros en el rango $[-2^{e-1}+1; 2^{e-1}] = [-1\,022; 1\,024]$. El exponente máximo 1 024, se reserva para representar los números excepcionales ±∞ y NaN (*Not a Number*). Los primeros se representan cuando la mantisa es 0 y se producen cuando una operación aritmética genera un número más grande que el máximo representable, es decir, se produce un desbordamiento por exceso u *overflow*. NaN se genera en operaciones aritméticas de resultado no determinado, como 0=0, ∞-∞, ∞/∞, etc.

De esta forma, dados el bit de signo *S*, los 52 dígitos binarios de la mantisa *M* y el exponente *E* representado como decimal positivo, el número flotante resultante es: $(-1)^S \times (1.M)_2 \times 2^{E-1023}$.

2.6.2- Errores relativos de truncado y redondeo

Para representar un número real en una computadora hay que elegir un número en punto flotante en una clase o formato adecuado. A priori, se debería elegir el más pequeño o cercano a las exigencias del problema, sin embargo esto no es posible siempre salvo que conozcamos todos los dígitos de dicho número y eso no es posible en muchos casos. En la práctica necesitamos un procedimiento que sólo requiera, como mucho, un único dígito más de los necesarios para representar el número. Sin embargo es necesario conocer también cómo operan los algoritmos y procesos de cálculo internos de las computadoras para representar los números reales inicialmente o como resultados parciales de los procesos. Para ello se utilizan dos posibilidades, el truncado y el redondeo.

El truncado consiste en escoger los *m* dígitos más significativos de *x*. No se necesita conocer ningún dígito más del número real a representar. El redondeo, por otro lado, necesita conocer el dígito siguiente, el $(m + 1)$-ésimo, y según este dígito este en {0, 1, 2, 3, 4}, o en {5; 6; 7; 8; 9}, el resultado es diferente. En el primer caso se cogen los *m* primeros dígitos directamente, como en el truncado. En el segundo caso, se le suma una unidad al dígito menos significativo, el *m*-ésimo, a los *m* primeros dígitos, y el resultado es lo que se representa. El redondeo incurre en un error menor por lo que es la operación usada habitualmente.

Un punto importante a no olvidar es la diferencia entre precisión y exactitud que aparecen en el formato del punto flotante. Al representar un número real en una computadora la mayoría de las veces se comete

un error, como ya se dijo anteriormente. Este error se denomina ***error de precisión del número,*** el que dependerá de la cantidad de bits o posiciones binarias correspondientes a la mantisa y al exponente, o en otras palabras, a la naturaleza finita de los medios físicos empleados para representar los números o cantidades. Cuando se obtiene un resultado tras aplicar un método numérico, el error de este resultado nos da el rango de la exactitud con la que podrá obtenerse el mismo. ***El resultado puede, como número representado, tener una precisión alta aunque su exactitud sea baja***. La exactitud depende de los errores iniciales de representación de los números que intervendrán en los cálculos y de como se han propagado y acumulado dichos errores en el proceso de obtener los resultados. Además, se puede obtener un resultado de mayor exactitud que la precisión con la que se opera, por ejemplo, cuando se utiliza para simular aritmética de mayor precisión, o se utiliza aritmética de precisión infinita.

CAPÍTULO 3: IMPACTO DE LOS SISTEMAS NUMÉRICOS EN EL DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA INFORMÁTICA.

Los sistemas numéricos que desde tiempos remotos se han venido desarrollando por las más disímiles culturas y que con el paso de los tiempos han ido evolucionando debido a sus necesidades sociales específicas de cada época y a las relaciones cada vez menos fortuitas de los hombres, fueron el catalizador de procesos científicos tan complejos como lo que hoy se reconoce como ciencias de la computación o de la informática en el sentido más ampliamente aceptado, ciencias que en lo relativo a las máquinas que las soportan numerosos de los autores en sus obras la relacionan y reportan como asociadas y derivadas fundamentalmente a la aparición de la electricidad y a su ulterior desarrollo, especialmente a la electrónica, sin contribuir a la necesaria e histórica integración del conocimiento humano en su desarrollo universal.

3.1- De la prehistoria a las calculadoras

Las culturas que en la antigüedad concibieron por su desarrollo y características propias los primeros sistemas de numeración, no podían imaginar que la evolución de esos sistemas generara de manera indirecta o directa el origen de tecnologías tan modernas como las computadoras que hoy se conocen, o las ciencias informáticas de manera general.

Estas necesidades propias de cada una de las culturas, relacionadas intrínsicamente con la historia de los sistemas numéricos, se han venido conectando de manera coherente con la Historia de la Informática, una disciplina científica de desarrollo relativamente incipiente y, lamentablemente con enfoques diversos, que sin dudas en las periodizaciones realizadas por sus teóricos se magnifican determinados saltos generacionales promovidos no solo por el adelanto tecnológico proveniente de la electrónica, al cual los historiadores de la informática le prestan una atención especial e intentan explicarse todo el proceso desde una progresión lineal desde la válvula, el transistor y el circuito integrado hacia un menor volumen y peso, velocidad y fiabilidad de los ordenadores, sin prestar la necesaria importancia a uno de sus sustentos fundamentales como lo es el desarrollo y evolución de los sistemas numéricos. El tema del

desarrollo de dichos sistemas el que ha intentado explicar en los capítulos anteriores, desde el propio imaginario económico-social, y científico-técnico de cada una de las épocas y sociedades en que fueron desarrollados.

Muchos de los primeros sistemas numéricos no eran computacionales, es decir, no tenían características propias que les permitieran realizar operaciones de cálculo, hecho que sin dudas venía dado por las propias necesidades de esas culturas en particular, las cuales satisfacían sus necesidades con saber cuantos objetos poseían o tenían disponibles. Así, al principio los primeros dispositivos para contar fueron las manos humanas y sus dedos. Entonces para representar grandes cantidades que superaban los dedos de las manos se apoyaron en diversos objetos naturales como piedrecillas y ramitas, entre otros.

Las ciencias informáticas son relativamente recientes, conviniéndose implantar su nacimiento en 1946 como ciencias establecidas. Sin embargo, sus orígenes se remontan a hace muchos siglos, cuando los seres humanos comenzaron a utilizar instrumentos auxiliares para realizar cálculos. A medida en que la sociedad del hombre prehistórico evoluciona aparecen dos nuevas necesidades: la de realizar cálculos de manera más rápida y eficiente, y la de registrarlos. Para ello, el ingenio humano produjo diferentes dispositivos. El primer instrumento creado por el hombre para contar, y que está reconocido como la génesis de la informática, fue el Ábaco, aunque no fue el único (Padras, 2007). Es importante destacar que en la actualidad los estudios sobre estos temas no se han descuidado del todo. La Sociedad Científica de la IEEE mantiene y reconoce los análisis referentes a los Ábacos, ejemplo de ello es el Sitio Web que obtuvo el primer lugar en el concurso CHC60 del año anterior, referente al Ábaco ruso.

El ábaco, fue utilizado por distintos pueblos del mundo antiguo, y a su vez el ***quipu*** de los Incas dominó el área mesoamericana. El ábaco era una rudimentaria máquina de calcular cuya existencia se remonta a los tiempos prehistóricos. El ***quipu*** del imperio Inca era un dispositivo formado por cuerdas con nudos, que permitía registrar cualquier dato que el Estado requiriera.

El ábaco es el dispositivo de cálculo más antiguo que se conoce y su origen se pierde en la prehistoria. Puede que haya sido desarrollado por los hombres primitivos bajo la forma de varillas de madera con

muescas y pilas de guijarros o piedras para dejar vestigios de cantidades tan grandes como los dedos de las manos y de los pies.

Los primeros ábacos fueron construidos en material perecedero y debido a ello ninguno se ha preservado hasta la actualidad. Se sabe que los griegos empleaban tablas para contar en el siglo V antes de Cristo o tal vez antes. La palabra ábaco proviene del griego *abax* que significa una tabla o carpeta cubierta de polvo. El ábaco más antiguo es el hallado por el arqueólogo griego Rhangabés y está realizado sobre una placa de mármol blanco en la cual se hallan excavadas divisiones limitadas por trazos paralelos y equidistantes. Este ábaco originario del siglo V antes de Cristo se conserva en el Museo Epigráfico de Atenas, y está constituido por una gran plancha de mármol blanco de 149 cm. de largo por 75 cm. de ancho y 4,5 cm. de espesor; llamada *tablilla Salamis* por haber sido encontrada en la isla de Salamis en 1846.

El antepasado del ábaco consistía en unas piedras introducidas en unos surcos que se practicaban en la arena. Esas piedras móviles llevaron al desarrollo del ábaco, que ya se conocía en el año 500 A.C. en Egipto, según lo menciona el historiador griego Herodoto (aprox. 484 - 425 A.C.) y es probable que también fuera usado en Babilonia, gracias a los contactos comerciales de ambos pueblos.

El ábaco romano era de madera y las piedras se movían dentro de unas ranuras talladas en una tabla, y cada una de ellas tenia grabado en la parte superior uno de los numerales romanos I, V, X, L, C ó M. Posteriormente, a principio del segundo siglo después de Cristo, los chinos perfeccionaron este dispositivo, al cual le agregaron un soporte tipo bandeja. Esta versión de ábaco se ha utilizado en Oriente Medio y en Asia hasta nuestros días.

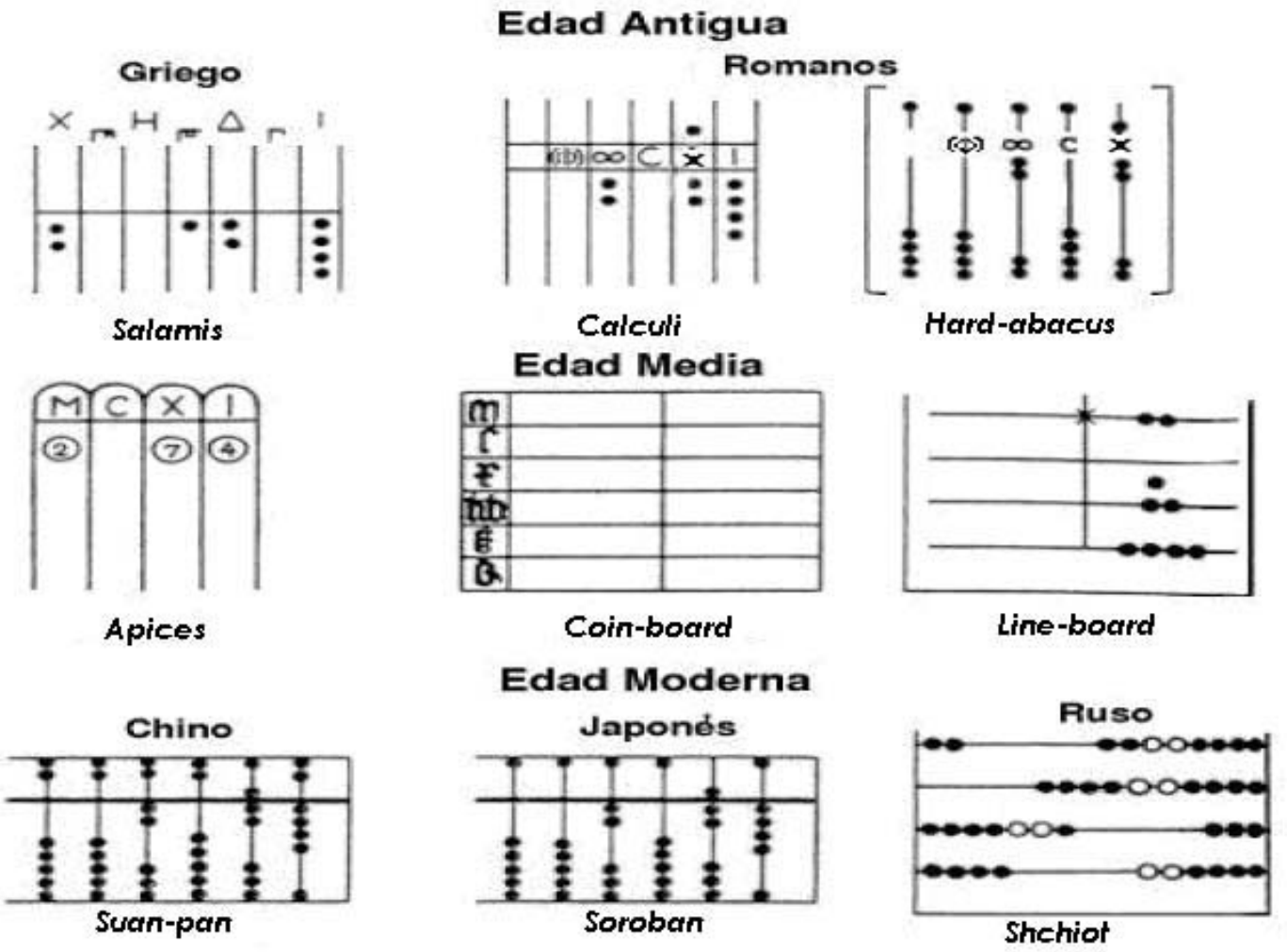


FIGURA No. 21 – Distintos ábacos.

Es importante destacar que aunque el ábaco dominó todo el mundo occidental desde la perspectiva de los aparatos de cálculo, muchos fueron los logros de la matemática antigua que permitieron en épocas posteriores el desarrollo no solo de los equipos computacionales que se conoce sino que incluso influyeron en la forma de implementar los mecanismos de funcionamiento y análisis de dichos aparatos.

En opinión de Baeza (2007) actualmente los algoritmos se usan para denominar a la secuencia de pasos a seguir para resolver un problema usando una computadora. Por esta razón, la algoritmia o ciencia de los algoritmos, es uno de los pilares de la informática.

Los problemas y necesidades de las culturas antiguas variaban con el tiempo, el intercambio cada vez menos fortuito de mercancías y el desarrollo de la arquitectura y de la navegación, posibilitó que en algunas sociedades fuera necesario comenzar a profundizar en determinados problemas matemáticos, y para su solución les fue inevitable la implementación de determinados algoritmos, conjunto ordenado de operaciones propias de un cálculo.

Un ejemplo claro de ellos son los primeros algoritmos conocidos, fechados entre los años 3000 y 1500 A.C. Fueron encontrados en la zona conocida como Mesopotamia (actualmente Irak) cerca de la ciudad de Babilonia. Estos algoritmos no tenían ni condicionales (los expresaban escribiendo varias veces el algoritmo) ni iteraciones (extendían el algoritmo con tantos pasos como fuera necesario). Probablemente el más conocido, es el del matemático griego Euclides, que hacia el año 300 A.C., definió un algoritmo para calcular el máximo común divisor de dos enteros positivos. Aunque en este algoritmo se incluía la iteración, presentaba pocas mejoras respecto a los anteriores.

Una muestra de lo significativo del ábaco, de su expansión y subsistencia a lo largo de la historia fue que en el siglo XIII se estandarizó una mesa de ábaco en Europa, consistiendo en una mesa cubierta de paño en la que se dibujaban unas líneas con tiza o tinta. Existieron dos intentos por reemplazar la mesa de ábaco por otros más modernos. El primero fue ideado por el filósofo romano Boethuis, quien escribió un libro sobre geometría dedicando un capítulo al uso del ábaco, describió como en lugar de emplear cuentas se podía representar el número con sólo una cuenta que tuviese los dígitos del 1 al 9 marcados. El segundo intento fue realizado por el monje Gerbert de Avrillac (945-1003), quien fue Papa con el nombre de Silvestre II. Tomó ideas del libro de Boethius, y describió el uso de una nueva forma de ábaco en el año 1000. Ninguno de estos dos ábacos fue popular.

Según Bernal (2007) la mesa de ábaco fue usada extensamente en Bretaña, al igual esta fue abandonada por la mayoría de las personas. Conforme los numerales indo-arábigos aparecieron en Europa, el uso de la mesa de ábaco desapareció por completo. Cuando los soldados de Napoleón invadieron Rusia en 1812, trajeron ábacos como trofeos o recuerdos del país.

Con el sistema de numeración arábigo estaban echadas las bases para máquinas de cálculo más desarrolladas. Definitivamente para que mecanismos de cómputo más evolucionados florecieran fue necesario, entre otras cosas, el desarrollo de un sistema de numeración apropiado. En efecto, los sistemas griego, hebreo y romano, posiblemente por la poca actividad de cálculo de esas civilizaciones, asociaban números a las letras del alfabeto y, a pesar de que ciertas combinaciones eran permitidas, las operaciones eran engorrosísimas (Portilla, 2007).

En opinión de Cardona (1996) tras el ábaco se pasa al siglo XVI. John Napier (1550-1617) fue un matemático escocés famoso por su invención de los logaritmos, funciones matemáticas que permiten convertir las multiplicaciones en sumas y las divisiones en restas. Napier inventó un dispositivo consistente en unos palillos o varillas con números impresos, los que merced a un ingenioso y complicado mecanismo le permitía realizar operaciones de multiplicación y división conocido como los rodillos de Napier, que fueron utilizados en Escocia durante más de un siglo para efectuar multiplicaciones. Esto se basó en un proceso equivalente a sumar (o restar) analógicamente las varillas, lo que sobre la base de las propiedades de los logaritmos, daba el resultado del producto o la división. En los tiempos más modernos fue la base de la conocida y muy utilizada “regla de cálculo”, que se usó mucho hasta al menos la década de los 70 del siglo pasado, auxiliar casi indispensable de muchos de los que diseñaban y construían las computadoras de la época.

Los rodillos de Napier consistían en 9 tablas de 9 posiciones cada una. En la intersección de cada fila con cada columna iba la multiplicación del número de fila por el número de columna. Así fila 9 por columna 9 era igual a 9 ´ 9 = 81. Pero el cuadro que contenía este número estaba dividido por una diagonal (/). El 8 de 81 se colocaba en el rectángulo superior izquierdo y el 1 en el inferior derecho. De ese modo, si se deseaba multiplicar 1572 ´ 9, se formaba ese número utilizando la tabla 1, la 5, la 7 y la 2, y se buscaba el resultado sumando los números entre las diagonales. Los números que se suman, respetando los pases de decenas son, de unidades a unidades de mil: 8, 3 + 1 = 4, 5 + 6 = 1 y acarrea 1, 9 + 4 + 1 de acarreo = 14. El número buscado era 14.148.

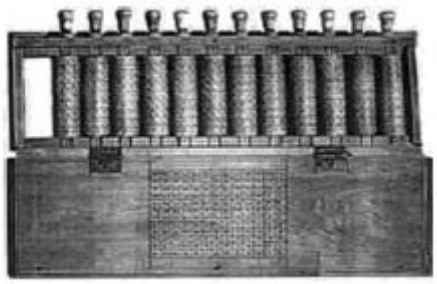


FIGURA No. 22 – Rodillos de Napier

3.2- Las calculadoras mecánicas

Las calculadoras aparecieron ante la necesidad del hombre de realizar cálculos básicos, que le permitían un mayor control sobre sus posesiones y sobre diferentes aspectos de la realidad que le rodeaba. La mecánica es una especie de ábaco, pero con ruedas dentadas en lugar de varillas y bolas, dotada de un mecanismo para el transporte de las unidades que se lleven, de una posición digital a la siguiente más significativa.

En 1642 el físico y matemático francés Blaise Pascal inventó la primera calculadora mecánica, la pascalina. A los 18 años de edad, deseando reducir el trabajo de cálculo de su padre, funcionario de impuestos, fabricó un dispositivo de 8 ruedas dentadas, distribuidas de la siguiente manera: seis ruedas para representar los números enteros, y dos ruedas más en el extremo derecho para indicar dos posiciones decimales (fraccionarias), basada en el sistema decimal de numeración, donde cada uno de los dientes representaba un dígito, secuencialmente del 0 al 9. Las ruedas estaban conectadas de tal manera que cada una hacía avanzar un paso a la siguiente cuando completaba una vuelta y así podían sumarse números hasta llegar al número de dientes correctos, con lo que podía manejar números entre 000000,01 y 999999,99. Giraban mediante una manivela, con lo que para sumar o restar había que darle el número de vueltas correspondiente en un sentido o en otro. En conjunto el engranaje proporcionaba un mecanismo de respuesta idéntico al resultado que se puede obtener empleando la aritmética.

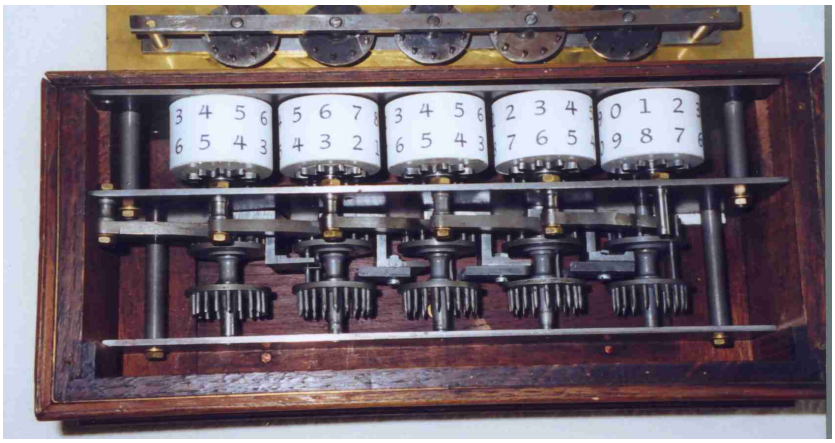


FIGURA No. 23 – Pascalina

El desarrollo de esta máquina evidenció las potencialidades del sistema de numeración decimal, el primero usado para la confección de equipos de cálculo mecánico. Es importante destacar que este sistema fue escogido por ser el comúnmente usado por los hombres en sus operaciones de la vida cotidiana, fenómeno que se ha venido haciendo más complejo en la medida que le fueron necesarios cálculos más expeditos propios del desarrollo de la modernidad y las consiguientes revoluciones industriales que necesitaron por consiguiente máquinas mucho más confiables. Este dispositivo estaba basado en un antiguo diseño de los griegos para calcular las distancias que recorrían los carruajes. El principio básico de esta máquina calculadora se usa todavía en la actualidad en los odómetros de muchos automóviles, contadores de número de impresiones en modernas impresoras y en muchas otras aplicaciones, hasta que la moderna electrónica los generalice.

La Pascalina, de la cual se construyeron alrededor de 50 ejemplares tenía varios inconvenientes, de los que el principal era que solo Pascal podía arreglarla, además de que solo sumaba y restaba. Otro elemento que impidió el acelerado desarrollo y puesta en funcionamiento de la Pascalina fue la negación de muchos de los matemáticos de la época a usarla para la solución de los problemas de cálculo a los cuales se enfrentaban.

En 1670, treinta años después del descubrimiento de la Pascalina, el filósofo y matemático Gottfried Leibnitz ideó una máquina de cálculo que se diferenciaba de la de Pascal en varios aspectos fundamentales, el más importante era que podía multiplicar, dividir y obtener raíces cuadradas, de hecho

construyó dos de estas máquinas. Sin embargo, la tecnología disponible le imposibilitaba la realización de las operaciones con exactitud, y por eso nunca llegaron a ser más que desarrollos teóricos.

Es importante destacar que Leibnitz es calificado por muchos autores como un verdadero genio. Su insaciable curiosidad le llevó a ocuparse por todos los campos del conocimiento humano, por muy recónditos que puedan parecer, plagados de sutiles conexiones con la cibercultura. Ello le llevó a interesarse por cuestiones herméticas y esotéricas y a leer atentamente a autores como Raimundo Llull, Athanasius Kircher y a John Dee.

De todos ellos extrajo ideas que luego extrapoló y modificó, dotándolas de un significado nuevo y adaptándolas a unos tiempos cambiantes en los que la ciencia progresivamente desterraba a la magia. Por ejemplo, Llull le llevó a reflexionar sobre el método filosófico-proselitista del 'ars combinatoria', convirtiéndolo en un sistema combinatorio puramente matemático.

Alonso y Arzoz plantean que su pasión por los aparatos y mecanismos le llevó a definir al ser humano de una curiosa y gráfica manera: *"como una máquina que Dios ha creado y que, a diferencia de las humanas, tiene un número de piezas infinito, y de ahí que nunca podamos reproducirla satisfactoriamente".* (Enfoque lamentable que consciente o inconscientemente ha afectado el desarrollo ulterior, subyace en el concepto de Inteligencia Artificial, y otros aspectos que de una forma u otra idealizan al ser humano).

Al descubrir la potencia y simplicidad del sistema binario, que podía simplificar el diseño de los circuitos electrónicos y aumentar su seguridad, Leibnitz propuso la idea de una máquina de cálculo en este sistema de numeración, el que junto con la Lógica Booleana, se han convertido en la base lógico-numérico-matemática desde las primeras computadoras digitales automáticas hasta las más modernas del presente y perspectivas. La inspiración para su primitiva máquina la obtuvo del libro tradicional taoista de combinatoria futurológica, el célebre 'I Ching', que en Leibnitz se articuló con su idea de una "mathesis universalis", una suerte de lenguaje universal que representaría la realidad mejor que los lenguajes convencionales y que haría desaparecer las barreras idiomáticas; así, ***discutir*** equivaldría a calcular y ***discurrir*** equivaldría a operar matemáticamente. Intentó descubrir propiedades ocultas en los números usando esta notación pero no lo consiguió. Defendió las grandes posibilidades en cuanto a ahorro de

cálculos que se podría conseguir gracias a las máquinas. La máquina de Leibnitz plenamente mecánica, incorporaba un dispositivo llamado “volante de Leibnitz” que se siguió utilizando en las máquinas registradoras hasta bien entrado el siglo XX.

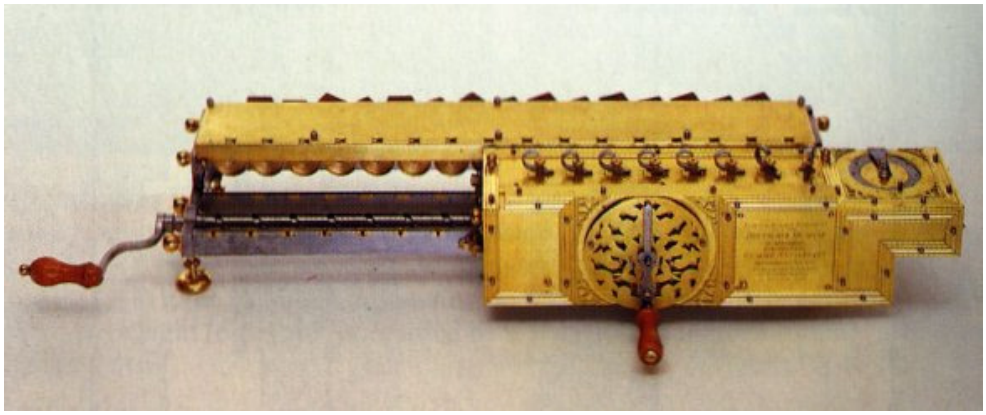


FIGURA No. 24 – Máquina de Leibnitz

Tanto la máquina de Pascal como la de Leibnitz se encontraron con un grave freno para su difusión: *la revolución industrial aún no había tenido lugar y sus máquinas eran demasiado complejas para ser realizadas a mano.* La civilización que habría podido producirlas en serie estaba todavía a más de 200 años de distancia. Estas no eran máquinas automáticas ya que requerían la intervención humana durante el proceso.

El sueño de Leibnitz, de construir máquinas que fueran capaces de realizar cálculos y dejar libre la mente humana, tenía tres componentes principales. La primera parte consistía en crear un compendio o enciclopedia que abarque la totalidad del conocimiento humano, porque pensaba que parte del saber acumulado se perdía con el tiempo. Una vez hecho esto se puede pasar a la siguiente fase, escoger los conceptos clave subyacentes y dotar a cada uno de ellos de los símbolos adecuados. Para terminar las manipulaciones de estos símbolos se podrían reducir a reglas de deducción, que es lo que Leibnitz denominó como ***Calculus Ratiocinator*** y que hoy en día se conoce como lógica simbólica. Como se puede ver, este fue un proyecto enorme el cual Leibnitz no pudo llevar a cabo en vida debido a sus ocupaciones extras a cargo del duque Ernesto Augusto. Pero lo importante es que sentó las bases de

unas ideas que guiarían a los matemáticos, ingenieros y a la ciencia en general durante los siglos venideros. Podría decirse que las computadoras actuales han hecho que se cumpla el sueño de Leibnitz.

Con el avance a saltos de la tecnología, a finales del siglo XVIII, las tablas matemáticas fueron adquiriendo creciente importancia como ayuda para el cálculo. Esas tablas solían estar plagadas de errores, imputables tanto a la ejecución de los cálculos como al proceso de impresión. El sistema empleado para el cálculo de esas tablas era el "método de las Diferencias", cuya característica era basar todo cálculo en la adición, sumando cantidades, por compleja que fuera la función. Esto simplificaba mucho la tarea de los "computadores", como se llamaba en aquellos tiempos a los calculistas, reduciendo el margen de error puesto que es más fácil sumar que multiplicar.

Para el año de 1812, el británico Charles Babbage concluía que muchos de los cálculos muy largos consistían en operaciones que había que repetir de manera regular, y desde este punto de vista especuló que debería ser posible diseñar una máquina calculadora que pudiera hacer estas operaciones de forma automática. Con este objetivo comenzó a construir un prototipo de Máquina Diferencial en 1821, con capacidad para resolver polinomios de segundo grado, varias dificultades en la fabricación de las piezas impidieron culminar con éxito el proyecto. Su trabajo *Observaciones en la aplicación de la Máquina al Cómputo de Tablas Matemáticas* fue recibido con gran aclamación y obtuvo el primer premio y medalla de oro en la Royal Society.

FIGURA No. 25 – Máquina diferencial

Babbage mismo calculó que el gobierno británico había perdido más de dos millones de libras esterlinas de aquellos días, debido a errores en las tablas que se usaban para calcular cuotas. En el desarrollo de su

Máquina Diferencial, como Babbage la llamó, estudió las invenciones matemáticas de varios predecesores, como el notable trabajo de Charles Mahon, Tercer Conde de Stanhope, quien en 1777 desarrolló una máquina aritmética de calcular, la cual es conocida como la primera máquina lógica del mundo, y que poseía un sistema de ruedas de engranaje con un dispositivo para arrastrar entre diez posiciones. Mientras que Babbage diseñó y dibujó arduamente, basándose en los principios de Mahon, lo que distinguió su diseño de todo trabajo previo fue lo siguiente: que se propuso calcular una serie de números siguiendo cualquier ley mediante la *ayuda de las diferencias* y que colocando unos pocos números en el inicio, una larga serie de números rápidamente eran producidos por una operación mecánica.

Básicamente era una máquina sumadora que estaba diseñada especialmente para el cálculo de polinomios, tales como X^2 x X + 41. El modelo de Babbage trabajaba con una precisión de seis cifras decimales y fue usado realmente en el cálculo de tablas.

Como paso siguiente, Babbage propuso hacer una ***Máquina de Diferencias*** mayor, que sería capaz de trabajar con una precisión de veinte cifras decimales; nada fácil, incluso con los estándares modernos de principios del presente siglo XXI. El gobierno inglés contribuyó con unas diecisiete mil libras esterlinas en su construcción (una enorme cantidad para la época), pero nunca se terminó. Las técnicas de ingeniería en tiempos de Babbage no estaban tan avanzadas como su imaginación, y nadie podía hacer las palancas y ruedas dentadas con la precisión necesaria.

En 1833, Babbage ideó un nuevo dispositivo, la Máquina Analítica, que le ocupó el resto de su vida y que, igualmente, nunca consiguió construir. La nueva máquina representaba un profundo avance conceptual sobre la antigua. La Máquina de Diferencias estaba diseñada para ejecutar solamente el conjunto limitado de operaciones necesario para calcular polinomios sencillos; la Máquina Analítica estaba diseñada para realizar cualquier operación aritmética y enlazar tales operaciones entre sí para resolver, en principio, cualquier problema aritmético concebible.

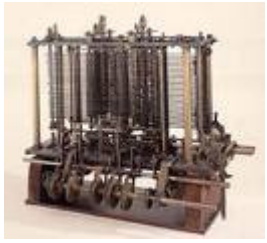


FIGURA No. 26 – Máquina analítica

Su máquina tendría cuatro partes básicas. Tendría lo que Babbage llamaba el «almacén» (la memoria según la arquitectura universal desde la década de 1940 hasta el día de hoy), en el que se colocarían los datos numéricos participantes en un cálculo. Consistiría en columnas de ruedas, cada una con diez dígitos grabados. Babbage quería que el almacén albergase mil números de 50 dígitos. Al tratar de construir su almacén, produjo miles de soberbios dibujos mecánicos y una gran variedad de técnicas de taller. La segunda parte básica de su calculadora iba a ser el «molino»: la parte en la que se llevarían a cabo las operaciones aritméticas, mediante la rotación de engranajes y ruedas. En tercer lugar, habría un dispositivo —esencialmente una colección de engranajes y palancas— que podrían transferir números de uno a otro entre el molino y el almacén. Y, finalmente, había un mecanismo para introducir y sacar los datos numéricos.

Una lección importante para los informáticos, que se infiere de la forma de actuar de Babbage, es que siempre debe tenerse en cuenta la factibilidad de lograr algo razonable en el tiempo, que pueda lograrse y utilizarse, con independencia de que se proyecten ideas de más alcance, a desarrollar ulteriormente por sus mismos creadores, por sus colaboradores y sus continuadores… como ocurre con lo mismo que le sirvió de base a él en su momento.

3.3- La era de las Computadoras

En 1890 Herman Hollerrith creó una máquina para realizar el censo en los Estados Unidos. Esta máquina utilizó un sistema electromecánico para la lectura de las tarjetas perforadas y un sistema mecánico para

calcular. En 1924 la compañía fundada por Hollerrith, cambió de nombre para denominarse Internacional Business Machines (IBM).

Por esa época los científicos se vieron impulsados por los problemas en cuanto a velocidad de cálculo, y estaban convencidos de que habría una forma de acelerar el proceso por medios electrónicos. La aparición de la tecnología eléctrica permite la incorporación de relés (relays, relevadores), que son interruptores o dispositivos de dos estados, encendido y apagado, por consiguiente ***"binarios"***.

Los primeros vestigios del uso del sistema binario habían sido descritos ya por Leibnitz en el siglo XVII, como se describió un poco antes. Este sistema consistía en utilizar dos dígitos para representar las cifras, comúnmente 1 y 0, así 0=Cero, 1=Uno, 10=Dos, 11=Tres, 100=Cuatro, 101=Cinco, y así sucesivamente, sistema que hasta hoy es usado por las computadoras modernas. Los códigos binarios forman parte inseparable de los sistemas tecnológicos. Los sistemas automáticos y robóticos se regulan mediante sensores que, muchas veces sólo tienen dos estados. La electrónica digital desarrolla miles de aplicaciones basadas en transistores que están conectados o no. Aunque parezca mentira, en las tecnologías de la información, todos los archivos, ya sean imágenes, textos, sonidos o instrucciones de un programa, se traducen a un mar de unos y ceros.

Para que las computadoras puedan manipular datos, deben recibirlos codificados. Aunque pueden utilizarse códigos muy diversos, todos los códigos empleados en computación tienen una característica común: sólo utilizan dos signos o estados primarios, los dígitos 0 y 1. La razón de utilizar sólo dos dígitos se debe a que todos los dispositivos de una computadora (el procesador, la memoria, etc.) están construidos con circuitos electrónicos basados en transistores, que de ellos solo se utiliza su capacidad de trabajar con lógica de conmutación, entre dos estados que son: Se asocia el "1" cuando el voltaje o tensión alto (cuando no conduce, equivalente a un circuito abierto) y el "0" cuando la tensión baja o conduce; en otras palabras "circuito abierto o circuito cerrado", pasa corriente o no pasa corriente, etc. Asociamos esos estados con los dígitos 1 y 0 y eso nos permite codificar la información. Esto es lo que nos lleva a afirmar que el código binario ha supuesto la esencia del desarrollo universal de la base lógico-numérico-matemática de las computadoras automáticas en su alrededor de 60 años de historia efectivas hasta el presente 2007.

Es aquí importante destacar la aportación del Álgebra Lógica de Boole, que reduce las operaciones lógicas y aritmético-matemáticas, a combinaciones de elementos binarios, Boole utilizaba Verdadero y Falso, a lo que se asoció el “1” y el “0” respectivamente del sistema numérico binario.

Como el álgebra de Boole maneja variables que solo pueden tener dos estados ("verdadero" y "falso"), es muy fácil representar y emular comportamientos y ecuaciones de esta álgebra mediante circuitos electrónicos que se correspondan con las necesarias funciones y operaciones lógicas del Algebra Booleana. Así, construir un circuito electrónico que responda (que proporcione como salida) el OR, AND, NOR, XNOR, etc. de ciertas variables de "entrada", es trivial desde el punto de vista de diseño de circuitos lógicos. Es relativamente fácil diseñar un circuito digital que responda a ecuaciones y sistemas de ecuaciones lógicas (de Boole) por complejas que sean.

Con la convergencia perfecta del sistema binario, el Álgebra Booleana, la electricidad y la electrónica, junto con el desarrollo de las matemáticas de la década de 1930 (Türing, Goedel, Shannon y otros) se llegó a la antesala en el tiempo que marca la aparición de las Ciencias Informáticas, surgiendo así las primeras computadoras digitales automáticas, máquinas que se diferencian de las calculadoras por la definición de su arquitectura, que incluye el concepto del “programa almacenado”, a la vez que intercambiable o modificable de acuerdo a la aplicación que deba ejecutarse, mientras que las calculadoras se limitaban a uno o varios propósitos, pero ya prefijados a la hora de su fabricación. Las computadoras inicialmente fueron máquinas de cálculo, pero su aplicación, por el desarrollo de las ciencias informáticas, se han convertido en máquinas prácticamente universales, deviniendo en sistemas meta-paradigmáticos.

Muchas personas consideran que los computadores y la tecnología digital son cosa de las últimas décadas. Otros, algo más informados, saben que las primeras computadoras electrónicas datan de principios de los años 40. Pero ellos también se quedan cortos, porque los antecedentes que dieron origen a toda esta revolución se remontan al siglo XVII, desde ciertos puntos de vistas, valiendo acotar que en el presente trabajo se aporta información que permite afirmar que los primeros antecedentes de su necesidad y lógica primaria es casi tan vieja como la historia de la humanidad misma.

La génesis inmediata de las computadoras modernas no reside en la electrónica, sino en la convergencia e integración de la lógica y el sistema numérico binario, lo que permite reducir cualquier algoritmo, números y códigos a un idioma o lenguaje común que solo necesita de ceros y unos para ser representado sin ambigüedad a partir de la arquitectura de diseño de las diferentes capas o niveles de un sistema informático. La posterior combinación de estos códigos con el desarrollo de la electrónica y el de las máquinas para calcular, que en un principio eran muy rudimentarias, pero que se fueron haciendo cada vez más complejas, fue, unos siglos más tarde, la clave que sentó las bases de esta revolución que aún no termina y se encuentra muy lejos de constituirse en una meta-ciencia indiscutible.

A principios del siglo XX no existía todavía ninguna máquina capaz de efectuar cálculos científicos. A lo largo de la década de 1930, los centros de investigación y las universidades intensificaron las investigaciones destinadas a construir máquinas de calcular científicas.

Durante el primer cuarto del siglo XX, mientras que las máquinas tabuladoras de tarjetas perforadas se utilizaban con mayor frecuencia tanto en oficinas públicas como en el mundo empresarial, los hombres de ciencia continuaban estudiando la forma de construir máquinas que fueran capaces de efectuar cálculos a mayor velocidad, lo que les permitiría resolver problemas como la previsión del tiempo, además de calcular las órbitas lunares y la trayectorias balísticas, por citar algunos casos. La tendencia en el mundo científico se encaminaba, por tanto, hacia el desarrollo de computadoras automáticas multiusos y digitales.

En 1937, el matemático Claude Shannon describió en su tesis doctoral, elaborada en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), la base teórica requerida para el uso de circuitos de cálculos en los procesadores electrónicos, recurriendo para ello a la lógica binaria, así, en vez de distinguir una señal eléctrica entre diez opciones —como se hacía antes— a partir de ahí solamente sería necesario emplear dos: cero y uno.

Esto resultaba ideal para almacenar, ordenar y transmitir información mediante impulsos eléctricos. El uno y el cero eran utilizados para representar, alternativamente, el estado de los interruptores (*on-off*, abierto o cerrado) dispuestos entre circuitos eléctricos. El procesador electrónico combinaba, por tanto, los impulsos

eléctricos, referidos de tal manera que respetaran las reglas binarias de la suma, de la multiplicación, etcétera. Las multiplicaciones se efectuaban como una serie de sumas sucesivas; las restas y las divisiones eran transformadas en sumas por medio de convenciones particulares; usando el sistema binario, la máquina nunca calculaba nada más complicado que 1 + 1. Gracias a la facultad de efectuar sustracciones, el procesador fue capaz de realizar la función lógica de la decisión, por lo que adquirió la capacidad de ser programado.

Se considera a Claude Shannon como el matemático más importante de la primera mitad del siglo XX, ya que sus investigaciones se centraron fundamentalmente en la transmisión de la información con el mayor grado de eficiencia posible. En 1948 fue capaz de formular las ideas fundamentales sobre el problema de la expresión de la información de manera cuantitativa. Los trabajos publicados a partir de 1949 sentaron las bases para el análisis de la cuantificación mediante el empleo de métodos matemáticos, lo que dio origen a una rama de las matemáticas conocida como *teoría de la información*, la misma que ha sido aplicada a campos tan diversos como el diseño de circuitos de computadoras, la biología y la semántica, entre otras disciplinas.

Casi al mismo tiempo que Howard Aiken construía en Harvard la Mark 1, en el Berlín de los años 30, un joven ingeniero aeronáutico de 26 años llamado Konrad Zuse construyó la primera computadora electromecánica binaria programable, la cual hacía uso de relés eléctricos, dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se accionaba un juego de uno o varios contactos que permitían abrir o cerrar otros circuitos eléctricos, para automatizar los procesos.

El requisito de alta velocidad condujo al uso del almacenaje electrónico, dado que los métodos mecánicos de las calculadoras existentes en aquella época eran centenares de veces más lentos que los métodos electrónicos. La alta precisión requerida eliminó el uso de los métodos analógicos, que se limitan a dos o tres dígitos decimales de exactitud. Atanasoff determinó que una máquina binaria sería más veloz, eficiente y simple que una máquina decimal que procurase imitar la aritmética académica en base diez. Fue el primero en reconocer el valor de las representaciones binarias de los números, a las que él llamaba ***"abacus elements"***. A pesar de algunas tentativas en el diseño de calculadoras numéricas electrónicas

no binarias, toda la historia de la computación se ha basado en el funcionamiento en modo binario en el nivel más bajo del hardware.

En opinión de Sanjuán (2005) Zuse tenía que realizar muchos cálculos rutinarios a mano, lo que encontró extremadamente aburrido. Esta experiencia lo llevó a soñar con una máquina que pudiera hacer cálculos. Las máquinas de la época eran principalmente calculadoras electromecánicas basadas en el sistema decimal y destinadas al uso comercial, por lo que se vio obligado como otros muchos ingenieros y matemáticos de la época a desarrollar sus propios computadores.

Según Sanjuán (2005) Zuse lo hizo desde dos puntos de vista:

- Lógico y matemático: programa de control, uso del sistema binario, aritmética de punto flotante.
- Diseño: Necesitaba una computadora que permitiese cálculos matemáticos completamente automáticos, una memoria de alta capacidad y módulos o relés que operaran bajo el principio de "sí" o "no".

En su tesis de maestría Ramírez (2001) plantea que en 1938 Zuse construyó un prototipo puramente mecánico para pruebas al cual llamó Z1, que puede considerarse como la primera computadora binaria de la historia. La Z1 tenía una memoria que podía almacenar hasta 16 números de 24 bits en punto flotante y tenía un juego de 90 microinstrucciones. Esta computadora nunca llegó a funcionar correctamente, debido a la falta de perfeccionamiento en sus elementos mecánicos. Parecía que los relés electromecánicos eran la mejor opción para mejorarla, pero antes de incluirlos crearía el Z2 en 1940 haciendo uso de la memoria del Z1 y un lector de tarjetas perforadas. El Z2 contaba con 200 relés y capacidad de operar con 16 bits. El Z2 fue más funcional, y además dotó a Zuse de la experiencia necesaria para que un año más tarde fabricara el Z3, definida por él mismo como *"la primera computadora completamente funcional del mundo"*, esta vez sí, usando relés electromecánicos. Con una longitud de palabra de 22 bits (1 para el signo, 7 para el exponente y 14 para la mantisa), 2400 relés (1800 de ellos para la memoria) el Z3 era capaz de sumar, restar, multiplicar, dividir y hallar la raíz cuadrada entre otras funciones.

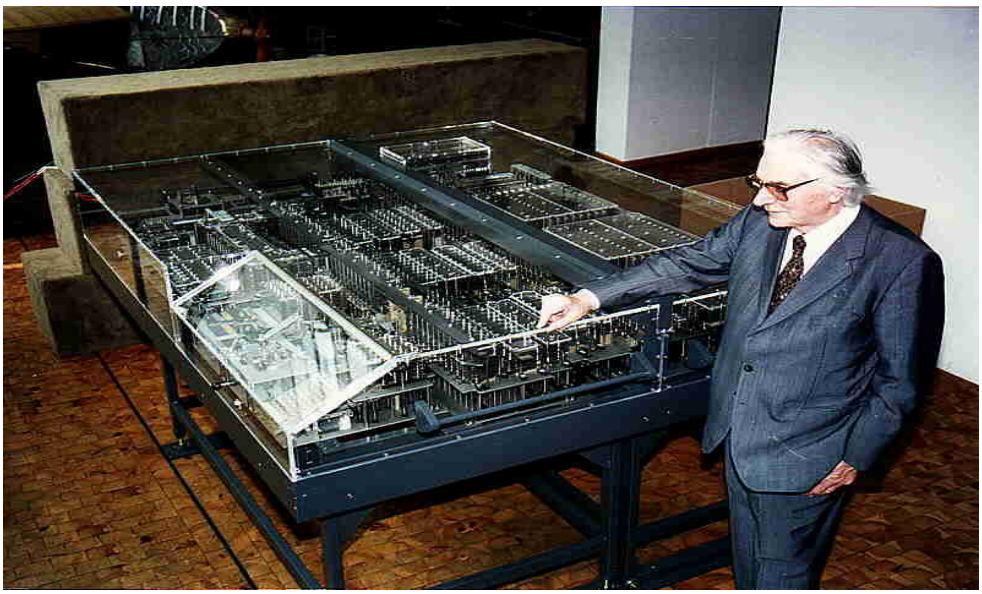


FIGURA No. 27 – Konrad Zuse y la Z1

El propio Zuse, citado por Castro (2001), escribía sobre su máquina:

"Comencé en 1934, trabajando en forma aislada, sin conocer los otros desarrollos que se estaban realizando simultáneamente en otras partes del mundo ni los antecedentes de la computación. De hecho, jamás había oído de Charles Babbage cuando inicié mis trabajos. En aquel tiempo, la industria de la computación se limitaba a las calculadoras mecánicas que empleaban el sistema decimal. Las tabuladoras de tarjetas perforadas se habían perfeccionado ligeramente y permitían realizar operaciones estadísticas y de contabilidad de relativa complejidad. Sin embargo, estas máquinas eran diseñadas con propósitos comerciales. Esto significaba que los matemáticos e ingenieros teníamos que desarrollar nuestras propias computadoras, trabajando cada quien por su parte." De esta propia nota de Zuse, que ya tiene más de sesenta y cinco años, se deduce una de las razones e importancia extraordinarias de la necesidad de estudiar y conocer la historia de su propia especialidad por parte de cualquier estudiante o profesional, para lo que sería preferible disponer de fuentes que partan de verdaderos valores y normas éticas universales en la dimensión humana más progresista posible.

No satisfecho con todo el trabajo realizado, Zuse decidió mejorar ciertos aspectos del Z3 y aumentar la capacidad de la memoria a 1,024 palabras, con varios lectores y perforadores de tarjetas así como

dispositivos que permitieran una programación flexible (traducción de direcciones y selección condicional). Tomaría el nombre de Z4. La construcción y desarrollo del Z4 fue bastante épica: sobrevivió diversos bombardeos y hubo que trasladarlo de lugar constantemente. Todos sus predecesores se perderían, aunque dada su importancia, el Z3 sería reconstruido 20 años más tarde para ocupar su lugar en un museo.

Las computadoras de Zuse aportaron dos elementos fundamentales en el diseño de computadores modernos: La representación de la información mediante el sistema binario y el control de programas mediante una cinta perforada. Otro elemento que aportó, muy avanzado y original, fue el de programa y programación, definiendo un procedimiento y lenguaje conocido como *"PLANKALKUL"*.

El duro trabajo de reemplazar el sistema decimal (utilizado en el primer diseño de Charles Babbage) por el sistema binario, más simple, significó que las máquinas de Zuse eran más fáciles de construir y potencialmente más fiables, dadas las tecnologías disponibles en ese momento. Esto es a veces visto como la principal razón por que Zuse tuvo éxito donde Babbage falló, sin embargo, la mayoría de las primeras máquinas computadoras de propósito general continuaron utilizando instrucciones y procedimientos basados en el sistema decimal, la aritmética decimal y el tratamiento alfanumérico en sus versiones previas a la generalización de los códigos de caracteres como el ASCII y su sistemática generalización o expansión, todo lo que ha sido esencial para aplicaciones comerciales y financieras, antes de que al hardware se adicionaran los componentes y aceleradores de punto flotante y los convertidores decimal-binario-decimal, con su correspondiente asimilación en las diferentes herramientas y plataformas del software más moderno, de todas maneras soportados en el sistema binario desde la capa básica del lenguaje de máquina hasta algunas inmediatas superiores del software.

A esta altura es importante destacar que si bien el sistema binario es útil para el manejo interno de la máquina, no es práctico en su manejo externo y da lugar a errores en su utilización por parte del ser humano. Tanto el sistema octal que se asemeja mucho al decimal, como el hexadecimal que supera a este en capacidad de representación son sistemas numéricos fuertemente ligados al binario dado que sus respectivas bases son la tercera y cuarta potencias exactas de dos. Por la gran influencia que tienen estos conceptos y por las sorpresas que pudieran producir a los profesionales y especialistas de las distintas

disciplinas de las ciencias informáticas, es fuertemente recomendable que tengan un adecuado conocimiento de estos fundamentos, porque es impredecible el momento en que su desconocimiento pudiera llevarlos a graves problemas o dificultades en su quehacer profesional.

Las computadoras que han ido apareciendo desde los años 1940 se han agrupado en cinco generaciones, que se diferencian por sus componentes. Sin embargo la verdadera revolución de la informática no llegó hasta la aparición de los microprocesadores.

La primera generación de computadoras tuvo sus inicios con la fabricación de la ENIAC, considerada como la primera computadora electrónica en la que el procesamiento de datos, el almacenamiento y el control de las operaciones se realizaba por medio de dispositivos electrónicos. Los tubos de vacío hicieron posible el salto tecnológico del cálculo eléctrico al electrónico, sustituyen a los relevadores en el manejo y almacenaje de datos, aumentando considerablemente la velocidad de procesamiento, además el mantenimiento de los equipos y el consumo de energía eléctrica disminuyeron. (Este enfoque es el más convencional que se encuentra en la mayoría de textos y publicaciones sobre la Historia de la Informática, con independencia de que ya está totalmente claro que las máquinas de Zuse, aún cuando electro-mecánicas, antecedieron a esta y otras así reportadas).

Fueron las necesidades militares de cálculo surgidas durante la Segunda Guerra Mundial las que llevaron directamente al ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) cuyo nombre recoge sin dudas el propósito para la que fue creada. La mecanización y automatización de los cálculos matemáticos experimentó un desarrollo vertiginoso, usualmente considerándose como una ayuda practica de la matemática aplicada para resolver ecuaciones diferenciales en problemas de balística, aerodinámica, explosiones, etc. Aunque en 1940 los Estados Unidos no habían entrado aún en la guerra, el Gobierno empezó a preparar planes para la preparación militar del país con vistas a una futura participación. En particular se dirigió a las diversas sociedades científicas para que iniciasen tareas preparatorias para la investigación militar. La comunidad matemática estadounidense estableció en 1940 un plan de preparación para la guerra en el que se destacaba la necesidad de complementar la formación de los matemáticos, tanto estudiantes como graduados, en materias de directa aplicación militar como balística,

aeronáutica, computación (haciéndose referencia a la numérica, mecánica y eléctrica"), criptografía, probabilidad y estadística (Perea, 1999).

Fueron los problemas de cálculo asociados a cuestiones balísticas durante la Segunda Guerra Mundial los que directamente llevaron a la aparición de la primera computadora electrónica. Históricamente el estudio del movimiento de los proyectiles ha gozado de una importante tradición matemática de la que forman parte personalidades tan destacadas como Galileo, Euler y Lagrange.

La elaboración de una tabla, solución existente en la época para el cálculo de trayectoria de proyectiles, requiere del cálculo de entre 2.000 y 4.000 trayectorias además de otros cálculos auxiliares y de verificación. Para efectuar los cálculos el Laboratorio de Investigaciones Balísticas disponía al inicio de la guerra de un grupo de empleados entrenados que utilizaban calculadoras de mesa. Se estimaba que el cálculo de una trayectoria consumía unas 20 horas de cálculo manual. Lo tedioso del trabajo y la necesidad de apuntar por escrito diversos resultados auxiliares para posteriormente ser reintroducidos en la calculadora, lo que era fuente constante de errores.

La ENIAC disponía de 20 dispositivos acumuladores (similares a los registros actuales). Cada uno de ellos almacenaba un número de 10 dígitos decimales (no binarios) más un signo. Pueden unirse dos acumuladores para almacenar un número de 20 dígitos. El mayor valor que puede almacenar un acumulador es naturalmente 1010 - 1. Cada acumulador puede sumar un número externo al contenido que tuviera almacenado y almacenar el resultado. Todos ellos podían funcionar en paralelo.

Físicamente el ordenador contaba de unos 40 paneles de tres metros de altura, 60 cm. de ancho y 30 cm. de fondo. Todo el conjunto pesaba unos 30.000 kgs. Y su consumo eléctrico variaba en función del número de tubos activos en cada momento pero en media era de unos 150 Kw. Se ha estimado que la ENIAC era 1.000 veces más rápida que el calculador electromecánico de Aiken.

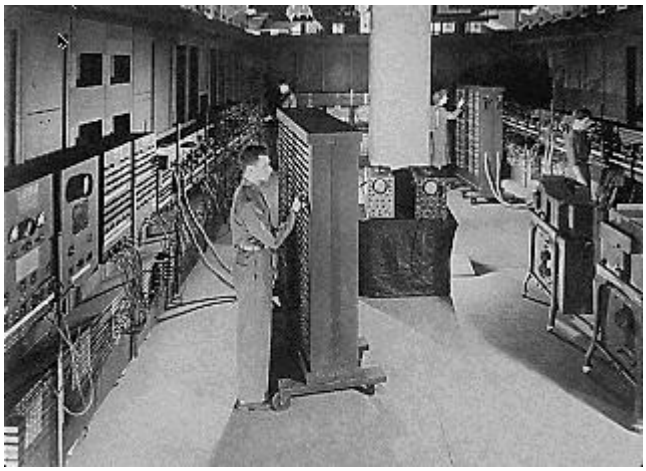


FIGURA No. 28 – ENIAC

Como casi todos los primeros ordenadores, ENIAC utilizaba un formato de punto fijo de manera que el punto decimal no se almacena como parte intrínseca de un número sino que su posición debe ser establecida, en principio en cualquier posición si bien lo usual es dejarlo lo mas a la izquierda del número de manera que considerando el signo todos los números almacenados en el ordenador se consideran en el intervalo -1 a 1. El programador tenía que estar consciente en todo momento de la ubicación del punto decimal y para no perder precisión en los cálculos tenía que conocer de antemano la magnitud de los números que intervendrían en ellos de manera que utilizando factores de escala (multiplicaciones por potencias de 10, en este caso) se pudiera retener el máximo número posible de dígitos significativos para no perder precisión. Un sistema de este tipo fue utilizado por Von Neumann en un trabajo fundamental para el desarrollo del moderno análisis numérico. Una lectora de tarjetas perforadas y una perforadora posibilitaban la entrada y salida, respectivamente, de grandes volúmenes de datos. Para conseguir que la integración numérica de las ecuaciones balísticas se realizara con rapidez era necesario que los datos tabulados propios de esas ecuaciones no se almacenaran en tarjetas perforadas pues la lectura mecánica de las tarjetas consumía mucho tiempo en relación a un equipo electrónico. Este problema se solucionó almacenando los datos en tres tablas de funciones construidas con matrices de resistencias eléctricas. Cada tabla podía almacenar 104 valores de 12 cifras de una variable tabulada que podían interpretarse también como 208 números de 6 cifras. Estos datos se introducían manualmente mediante unos interruptores. Los valores de la variable tabulada que no estuvieran directamente almacenados en las tablas de funciones se podían obtener mediante interpolación.

La tabla de la suma de dos números de 1 dígito estaba electrónicamente fijada en cada acumulador. La suma de dos números requería un tiempo de 0,2 ms. (5.000 sumas por segundo). Esta unidad de tiempo era el ciclo lógico básico de funcionamiento de la máquina. Como unidades adicionales de cálculo la ENIAC disponía de una unidad multiplicadora y de una unidad divisora y extractora de raíces cuadradas. La multiplicación se realizaba mediante acumulación de productos parciales, tal y como se multiplica manualmente, para lo que se requiere almacenar la tabla de multiplicar de los números de 1 dígito. El tiempo requerido para multiplicar dos números de 10 dígitos, generando un resultado de 20 dígitos, era de 2,8 ms. La división se realizaba mediante sumas y restas sucesivas; su duración o tiempo de ejecución dependía de los números implicados y era con mucho la operación más lenta requiriendo en valor medio 24 milisegundos.

De todo lo anterior se deduce que ENIAC no utilizaba aritmética basada en el álgebra de Boole, pues de hecho ni tan siquiera utilizaba magnitudes binarias. La utilización del algebra de Boole como medio adecuado para el tratamiento lógico y aritmético de información binaria y su posible aplicación al calculo mecánico había sido ya estudiada algunos años antes por Shannon y puesto en practica por Konrad Suze, sus ventajas eran generalmente reconocidas; sin embargo su utilización generalizada en los nuevos ordenadores hubo de esperar algunos años. Por tanto ENIAC, al contrario de lo usual hoy día, no necesitaba efectuar conversiones decimal-binario y viceversa para la entrada y salida de datos. Al igual que los ordenadores actuales ENIAC era una máquina sincrónica en el sentido de que las operaciones electrónicas de funcionamiento están sincronizadas con un temporizador electrónico o reloj, en este caso de una frecuencia de 100.000 Hz.

Una contribución fundamental de ENIAC fue variar la naturaleza física del cálculo mecánico hacia la tecnología electrónica, que con sucesivos perfeccionamientos es la utilizada en las computadoras actuales. La gran velocidad de proceso se debió a la utilización masiva de este tipo de tecnología. La importancia de la velocidad ha de ser correctamente valorada: no solo ENIAC permitió acelerar cálculos que ya se efectuaban aunque mucho más lentamente (caso de las tablas balísticas o el cálculo de los dígitos de ∏) sino que posibilitó el afrontar nuevos problemas cuyo estudio cuantitativo era hasta entonces imposible (caso de la meteorología numérica) o muy poco práctico (caso del método de Monte Carlo). La

computadora electrónica permitió por vez primera la realización automática y a gran velocidad de largos cálculos; la cuestión de la acumulación de los errores intrínsecos a la naturaleza finita de la computación digital tomó una gran importancia y supuso el estímulo definitivo para la consolidación del moderno análisis numérico. Fue posible el tratar problemas ya conocidos pero en unas dimensiones hasta entonces imposibles por los grandes cálculos necesarios lo que dio lugar al desarrollo de nuevos procedimientos y algoritmos y a desechar muchas de las técnicas anteriores al revelarse adecuadas únicamente para problemas de pequeño tamaño. ENIAC también inauguró la utilización de la computadora como una herramienta matemática experimental y es indudable que facilitó la introducción de algunos aspectos del empirismo científico en las matemáticas.

El proyecto, subvencionado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, culminó dos años después, cuando se integró el ingeniero húngaro John Von Neumann; sus ideas resultaron tan fundamentales para el desarrollo posterior que fue considerado el padre de las computadoras. (En este trabajo es necesario acotar que ciertas investigaciones más recientes cuestionan la paternidad de Von Neumann en estos aspectos, señalándose que se trata de un increíble caso de plagio, teniendo tomado las ideas originales de los creadores de la ENIAC, habiéndolas publicado primero que estos. Si bien este planeamiento se encuentra en investigación, constituye uno de los problemas éticos de mucho interés e importancia para la enseñanza y la investigación histórica. También está prácticamente demostrado que Konrad Zuse había arribado por si solo y antes que los norteamericanos a una concepción de arquitectura de sistema similar).

John Von Neumann propuso una versión modificada del ENIAC; el EDVAC, que se construyó en 1952. Esta máquina presentaba dos importantes diferencias respecto al ENIAC: En primer lugar empleaba aritmética binaria, lo que simplificaba enormemente los circuitos electrónicos de cálculo. En segundo lugar, permitía trabajar con un programa almacenado. El ENIAC se programaba enchufando centenares de clavijas y activando un pequeño número de interruptores. Cuando había que resolver un problema distinto, era necesario cambiar todas las conexiones, proceso que llevaba muchas horas.

Von Neumann propuso cablear una serie de instrucciones y hacer que éstas se ejecutasen bajo un control central. Además propuso que los códigos de operación que habían de controlar las operaciones se

almacenasen de modo similar a los datos en forma binaria. De este modo el EDVAC no necesitaba una modificación del cableado para cada nuevo programa, pudiendo procesar instrucciones tan deprisa como los datos. Además, el programa podía modificarse a sí mismo, ya que las instrucciones almacenadas, como datos, podían ser manipuladas aritméticamente.

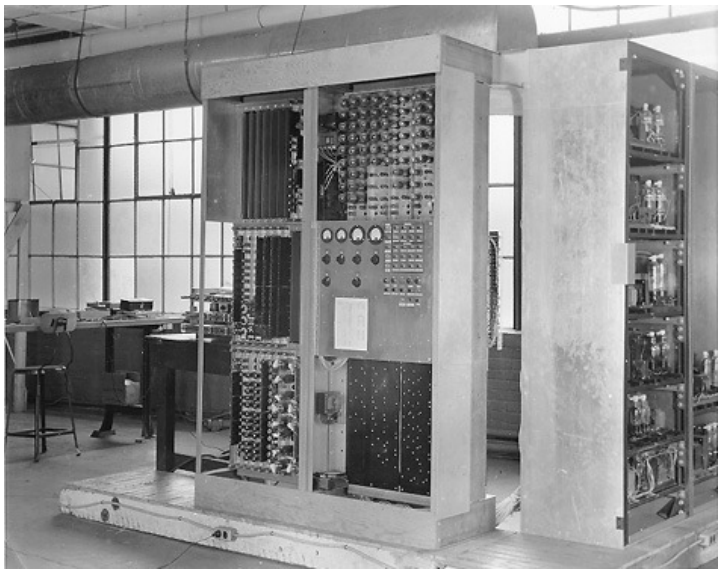


FIGURA No. 29 – EDVAC

En esta generación cabe destacar la aparición de los primeros lenguajes de programación que permitían sustituir la programación en Lenguaje Máquina, es decir códigos sobre la base de unos y ceros del sistema binario, que eran introducidos directamente en la computadora, por una Programación Simbólica, que traducía códigos nemotécnicos del lenguaje natural *al lenguaje o código de máquina.*

Hasta el momento pareciera que en este trabajo se admite que las primeras computadoras electrónicas automáticas, así como los fundamentos científicos y tecnológicos de estas fueron descubrimientos y desarrollos tempranos y únicos de científicos e ingenieros norteamericanos, con independencia de que muchos de ellos eran originarios de otros países. Sin embargo, existen suficientes evidencias y publicaciones en la que se reconocen desarrollos tempranos y originales, totalmente paralelos, en la antigua Unión Soviética y en Inglaterra desde años tempranos de la década de 1940.

El paso del tubo al vació al transistor y al circuito integrado están dados por el desarrollo intespestuoso de la industria electrónica lo que facilitó el creciente empequeñecimiento de los aparatos electrónicos y por ende contribuyó a socializar y comercializar las computadoras que con los descubrimientos antes mencionados se trasformaban en una máquinas diseñadas para múltiples usos.

En 1948 los Laboratorios Bell patentaron el transistor que con respecto a los bulbos son bastante más pequeños y rápidos, generan menos calor, consumen menos energía y además tienen una vida más larga.

Cinco años después Sony comenzó a vender los primeros radios que utilizaban esta tecnología: aparece así en el espectro de los medios masivos de comunicación un receptor pequeño, que no se calentaba y que podía llevarse consigo por todas partes. Para 1954, Texas Instruments comenzó a producir transistores en serie; las primeras computadoras de gran escala que los integraban dejando atrás a los gigantescos y delicados bulbos son la Stretch de IBM y la LARC de Sperry-Rand, ambas terminadas de construir en 1956, mismo año en el que los inventores del transistor —John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley— ganaron el Premio Nobel de Física. Las computadoras comenzaron a perder peso y tamaño, y a ganar clientela en la medida en la que se abatían sus costos de producción, operación y mantenimiento.

El salto del bulbo al transistor marcó el camino: la electrónica tendía a lo pequeño y a la funcionalidad. En 1958, Jack Kilby de Texas Instruments desarrolló el siguiente paso: el circuito integrado, que combinaba componentes electrónicos en una pequeña pieza de silicio, de cuarzo, o *chip*, para convertirse en un conjunto electrónico completo, monolítico, que integraba tanto los mecanismos activos de un circuito, como el transistor y pasivos como las resistencias, o condensadores que modulaban la señal.

Los científicos se dieron a la tarea de integrar cada vez más componentes en una sola pieza o chip, llamados ahora semiconductores. Así, las computadoras se fueron haciendo cada vez más pequeñas y baratas, al integrarse día a día más componentes dentro de cada chip. La aparición de los circuitos integrados marca el inicio de la era de las minicomputadoras.

El complejo militar industrial y los cálculos necesarios para el desarrollo de una guerra que cada vez fuera menos costosa y más exacta constituyeron los catalizadores esenciales de nuevos sistemas computacionales que desarrollen cálculos cada vez más eficientes y en menos periodos de tiempo. Aunque este fue y es el motor impulsor de la industria de la informática, su mercado potencial y de desarrollo era civil.

Los sistemas numéricos y los cálculos continuaron siendo elementos importantes para el desarrollo de la informática que en gran medida continuaron intentando resolver problemas netamente matemáticos, el fallo de un misil Patriot en la primera guerra del golfo argumenta detalladamente esta afirmación. El 25 de febrero de 1991, durante la guerra del Golfo, una batería de misiles Patriot americanos en Dharan (Arabia Saudí) no logró interceptar un misil Scud iraquí. Murieron 28 soldados americanos. La causa: los errores numéricos por utilizar truncado en lugar de redondeo en el sistema que calcula el momento exacto en que debe ser lanzado el misil.

Las computadoras de los Patriot que han de seguir la trayectoria del misil Scud, la predicen punto a punto en función de su velocidad conocida y del momento en que fue detectado por última vez en el radar. La velocidad es un número real. El tiempo es una magnitud real pero el sistema la calculaba mediante un reloj interno que contaba décimas de segundo, por lo que representaban el tiempo como una variable entera. Cuanto más tiempo lleva el sistema funcionando más grande es el entero que representa el tiempo. Los ordenadores del Patriot almacenan los números reales representados en punto flotante con una mantisa de 24 bits. Para convertir el tiempo entero en un número real se multiplica este por 1/10, y se trunca el resultado (en lugar de redondearlo). El número 1/10 se almacenaba truncado a 24 bits. El pequeño error debido al truncado, se hace grande cuando se multiplica por un número (entero) grande, y puede conducir a un error significativo. La batería de los Patriot llevaba en funcionamiento más de 100 horas, por lo que el tiempo entero era un número muy grande y el número real resultante tenía un error cercano a 0.34 segundos.

Veamos el cálculo en detalle. El número 1⁄10 es 1⁄24 + 1⁄25 + 1⁄28 + 1⁄29 + 1⁄212 + 1⁄213 +…, es decir, (0:0001100110011001100110011001100…)2, que almacenado en un registro de 24 bits conduce al número (0.000110011001100110011001100)2 que introduce un error de:

(0.00000000000000000000000011001100…)2, igual en decimal a 0.000000095.

En 100 horas este pequeño error se multiplica y amplifica hasta alcanzar 0.000000095*x*100*x* 60 *x* 60 *x* 10 = 0.34. Como un misil Scud viaja a unos 1676 m/s, es decir, unos 6000 km/hora, en 0.34 segundos recorre más de medio kilómetro. Esta distancia fue suficiente para que el misil Patriot no pudiera alcanzar al misil Scud y destruirlo (Colectivo de Autores, 2002).

Hasta este punto se han ofrecido numerosas razones, referencias, momentos y conclusiones parciales sobre cuyas bases se sustenta la afirmación de que la evolución de los sistemas numéricos y las necesidades de cálculos extremadamente engorrosos, variados y motivados por necesidades diversas fueron motores que de manera importante y decisiva impulsaron el desarrollo de las ciencias informáticas y por consiguiente, de la industria de las computadoras y del software, de la industria informática, de acuerdo a las necesidades específicas de cada una de las épocas de la historia humana. Los puntos de contacto y ruptura de las ciencias informáticas y los sistemas numéricos son elementos que ningún estudioso e investigador de estas ciencias puede descuidar a la hora de explicar de manera clara la línea histórica de desarrollo de la computación y más aún si del conocimiento de esa línea necesita derivar una visión y base para proyectar los sistemas y soluciones que debe ofrecer en su desempeño profesional.

CAPÍTULO 4: HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN EL DESARROLLO DEL SITIO WEB

En este capítulo se realiza una descripción general de los principales conceptos y herramientas utilizadas en la construcción del sitio web, cuyo objetivo es brindar un soporte informático con el que mostrar de forma coherente y ordenada la información obtenida en el proceso de investigación, y que sirva de ***objeto de aprendizaje complementario*** sobre el Espacio o Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) para los estudiantes de la universidad.

Se define que es un sitio web, así como las principales características y ventajas de la arquitectura cliente/servidor. Se especifica que son los servidores web y en particular se mencionan las características principales de dos de ellos (Apache y IIS) y se argumenta cual se escoge y porqué.

Se hace referencia a las principales características y ventajas de MySQL y PostgreSQL y SQL server como Servidor de Base de Datos, justificando porque se escogió MySql como Servidor de Base de Datos a utilizar.

Se define qué son los lenguajes de programación así como las principales características y ventajas de Javascript como lenguaje de programación del lado del cliente y de Php como lenguaje de programación del lado del servidor, además de los conceptos de HTML y CSS.

Y por último se hace referencia a los Sistemas de Gestión de Contenido (CMS) y se especifica el caso de PHP-Fusion como el CMS a utilizar.

4.1- Sitio Web

Un sitio web (en inglés: **website**) es un conjunto de páginas web, típicamente comunes a un dominio de Internet o sub-dominio en la World Wide Web en Internet.

Una página web es un documento HTML/XHTML accesible generalmente mediante el protocolo HTTP de Internet.

Todos los sitios web públicamente accesibles constituyen una gigantesca "World Wide Web" de información.

A las páginas de un sitio web se accede desde una URL raíz común llamada portada, que normalmente reside en el mismo servidor físico. Las URLs organizan las páginas en una jerarquía, aunque los hiperenlaces entre ellas controlan cómo el lector percibe la estructura general y cómo el tráfico web fluye entre las diferentes partes de los sitios.

Un sitio web puede ser el trabajo de una persona, una empresa u otra organización y está típicamente dedicada a algún tema particular o propósito. Cualquier sitio web puede contener hiperenlaces a cualquier otro sitio web, de manera que la distinción entre sitios individuales, percibido por el usuario, puede ser a veces borroso.

Los sitios web están escritos en HTML (Hyper Text Markup Language), o dinámicamente convertidos a éste y se acceden usando un software llamado navegador web, también conocido como un cliente HTTP. Los sitios web pueden ser visualizados o accedidos desde un abanico de dispositivos con disponibilidad de Internet como computadoras personales, computadores portátiles, PDAs y teléfonos móviles.

Un sitio web está alojado en una computadora conocida como servidor web, también llamada servidor HTTP, y estos términos también pueden referirse al software que se ejecuta en esta computadora y que recupera y entrega las páginas de un sitio web en respuesta a peticiones del usuario.

4.2- La arquitectura cliente / servidor

Qué es una arquitectura

Guillermo y Gildardo (2005) señalan que una arquitectura es un entramado de componentes funcionales que aprovechando diferentes estándares, convenciones, reglas y procesos, permite integrar una amplia gama de productos y servicios informáticos, de manera que pueden ser utilizados eficazmente dentro de la organización.

Se debe señalar que para seleccionar el modelo de una arquitectura, hay que partir del contexto tecnológico y organizativo del momento y, que la arquitectura Cliente/Servidor requiere una determinada especialización de cada uno de los diferentes componentes que la integran.

La arquitectura cliente/servidor es un modelo para el desarrollo de sistemas de información, en el que las transacciones se dividen en procesos independientes que cooperan entre sí para intercambiar información, servicios o recursos. Se denomina cliente al proceso que inicia el diálogo o solicita los recursos y servidor, al proceso que responde a las solicitudes.

Qué es un cliente

En opinión de Guillermo y Gildardo (2005) un cliente es el que inicia un requerimiento de servicio. El requerimiento inicial puede convertirse en múltiples requerimientos de trabajo a través de redes LAN o WAN. La ubicación de los datos o de las aplicaciones es totalmente transparente para el cliente.

Los clientes realizan generalmente funciones como:

- Manejo de la interfaz del usuario.
- Captura y validación de los datos de entrada.
- Generación de consultas e informes sobre las bases de datos.

Qué es un servidor

Es cualquier recurso de cómputo dedicado a responder a los requerimientos del cliente. Los servidores pueden estar conectados a los clientes a través de redes LANs o WANs, para proveer de múltiples servicios a los clientes y ciudadanos tales como impresión, acceso a bases de datos, fax, procesamiento de imágenes, etc (Guillermo y Gildardo, 2005).

Por su parte los servidores realizan, entre otras, las siguientes funciones:

- Gestión de periféricos compartidos.
- Control de accesos concurrentes a bases de datos compartidas.
- Enlaces de comunicaciones con otras redes de área local o extensa.

Elementos principales de la arquitectura cliente/servidor

Según Guillermo y Gildardo (2005) "los elementos principales de la arquitectura cliente servidor son justamente el elemento llamado cliente y el otro elemento llamado servidor". Por ejemplo dentro de un ambiente multimedia, el elemento cliente seria el dispositivo que puede observar el vídeo, cuadros y texto, o reproduce el audio distribuido por el elemento servidor. Por otro lado el cliente también puede ser una computadora personal o una televisión inteligente que posea la capacidad de entender datos digitales. Dentro de este caso el elemento servidor es el depositario del vídeo digital, audio, fotografías digitales y texto y los distribuye bajo demanda de ser una máquina que cuenta con la capacidad de almacenar los datos y ejecutar todo el software que brindan éstos al cliente.

Principales características de la arquitectura cliente/servidor

- El servidor presenta a todos sus clientes una interfaz única y bien definida.
- El cliente no necesita conocer la lógica del servidor, sólo su interfaz externa.
- El cliente no depende de la ubicación física del servidor, ni del tipo de equipo físico en el que se encuentra, ni de su sistema operativo.
- Los cambios en el servidor implican pocos o ningún cambio en el cliente.

Ventajas de la arquitectura cliente/servidor

- El servidor no necesita potencia de procesamiento, parte del proceso se reparte con los clientes.
- Se reduce el tráfico de red considerablemente. Idealmente, el cliente se conecta al servidor cuando es estrictamente necesario, obtiene los datos que necesita y cierra la conexión dejando la red libre.

4.3- Servidores Web

En opinión de Sandoval (2002) en su artículo Servidores Web seguros, los Servidores Web suministran páginas Web a los navegadores (como por ejemplo, Netscape Navigator, Internet Explorer de Microsoft) que lo solicitan. En términos más técnicos, los servidores Web soportan el Protocolo de Transferencia de Hipertexto conocido como HTTP (HyperText Transfer Protocol), el estándar de Internet para comunicaciones Web. Usando HTTP, un servidor Web envía páginas Web en HTML y CGI, así como otros tipos de scripts a los navegadores o browsers cuando éstos lo requieren. Cuando un usuario hace clic sobre un enlace (link) a una página Web, se envía una solicitud al servidor Web para localizar los datos nombrados por ese enlace. El servidor Web recibe esta solicitud y suministra los datos que le han sido solicitados (una página HTML, un script interactivo, una página Web generada dinámicamente desde una base de datos,...) o bien devuelve un mensaje de error.

Entre los servidores web existentes, los más usados son el Apache y IIS.

4.3.1- Apache

Apache es considerado el Servidor Web por excelencia, no solo por su gran aceptación, sino porque desde su nacimiento ha demostrado con creces su estabilidad, solidez y su mayor rendimiento ante sus competidores.

Características:

Según Del Pozo (2006), las principales características del apache son:

- Hoy en día, el servidor Web Apache es el servidor más usado de Internet, con una utilización del 65% aproximadamente.
- Este servidor se sigue desarrollando "en Internet" como un proyecto de Software libre.
- Las principales metas de su diseño son: velocidad, simplicidad, multiplataforma y facilidad del desarrollo distribuido.
- Todo el código fuente de Apache está escrito en C, con un total aproximado de 185.000 líneas de código.
- Es un servidor basado en procesos, utilizando la técnica pre-fork (comentada en el apartado anterior).
- Soporte para CGI (Common Gatewav Interface) y FastCGI.
- Sencilla administración basada en la configuración de un único archivo.

Principales Ventajas:

Fiabilidad: Alrededor del 90% de los servidores con más alta disponibilidad funcionan bajo servidores Apache.

Software Libre: Apache es totalmente gratuito, y se distribuye bajo la licencia Apache Software License, que permite la modificación del código.

Extensibilidad: Se pueden añadir módulos para ampliar las ya de por si amplias capacidades de Apache.

También dispone de una amplia variedad de módulos, que permiten desde generar contenido dinámico (con PHP, Java, Perl, Python,...), monitorizar el rendimiento del servidor, atender peticiones encriptadas por SSL, crear servidores virtuales por IP o por nombre (varias direcciones web son manejadas en un mismo servidor) y limitar el ancho de banda para cada uno de ellos. Dichos módulos están disponibles

junto con su código fuente, por lo cual pueden ser incluso modificados por cualquier persona con conocimientos de programación.

4.3.2- IIS

Internet Information Services (IIS) es un componente software que integra una serie de herramientas para la creación, configuración y administración de sitios Web, además de incluir otros servicios de Internet para la plataforma Windows.

Entre estos servicios se encuentra un servicio Web y, los siguientes:

- FTP, servicio para la transferencia de ficheros por red.
- SMTP, servicio para la transferencia de correo electrónico.
- NNTP, servicio para la transferencia de noticias.

Características

Según Del Pozo (2006), las principales características del IIS son:

- IIS es el segundo servidor Web más utilizado en Internet (por detrás de Apache), pero probablemente sea el primero en cuanto a utilización en entornos corporativos.
- Desde su creación y hasta la fecha (Abril 2006), han aparecido 6 versiones diferentes. Para el próximo lanzamiento del nuevo sistema operativo de Microsoft (Windows Vista), se incluirá la nueva versión 7.0, que en la actualidad se encuentra en fase de desarrollo. Para esta nueva versión, Microsoft tiende a la modularización de sus componentes.
- En versiones anteriores a la 6.0, todas las características y funcionalidades de IIS eran ejecutadas por la cuenta de administrador del sistema, consecuencia principal de los diversos fallos de seguridad, que generó la aparición de númerosos exploits (forma de utilizar un fallo del sistema para ingresar en el mismo y obtener ciertos privilegios).
- A partir de la versión 6 todos los procesos de IIS se ejecutan bajo una cuenta específica que lógicamente, tiene muchos menos privilegios que una cuenta de root (cuenta del administrador del sistema) y, aporta una mayor seguridad al sistema.

- Un cambio significativo en comparación con versiones anteriores de IIS es que ahora toda la configuración del servidor Web se almacena en archivos XML.

4.3.3- Fundamentación de la selección

Al realizar una comparación y exponer los resultados en la siguiente tabla, se llegó a la conclusión de que el servidor escogido para la aplicación fue el Apache por ser Open Source, multiplataforma, por su fiabilidad, velocidad y simplicidad.

CARACTERÍSTICAS	Apache	IIS 6.0
Software libre	SI	NO
Capacidad de ser empotrado	NO	NO
Conexiones permanentes	SI	SI
Modulos/Soporte plug-ins	SI	SI
Soporte Virtual Servers	SI	SI
Escala a servidores SMP	SI	SI
Autentificación	SI	SI
Soporte Encoders	SI	SI
CGI's	SI	SI
sendfile()*	SI	?
Páginas de error personalizadas	SI	SI
Conexiones seguras https	SI	SI
Caché friendly	SI	SI
OTRA INFORMACIÓN		
Líneas de código	185.000	?

(*)sendfile. Esta función es equivalente a llamadas *read* y *write* sobre sockets, pero a nivel del núcleo del sistema.

4.4- Servidor de Bases de Datos

Es el encargado de garantizar el almacenamiento, integridad, protección y manipulación de la información con la cual trabajará la aplicación.

4.4.1- MySQL

MySQL es un gestor de base de datos sencillo de usar y increíblemente rápido. También es uno de los motores de base de datos más usados en Internet, la principal razón de esto es que es gratis para aplicaciones no comerciales.

En opinión de Gracia (2005) las características principales de MySQL son:

- Es una base de datos relacional. Una base de datos relacional es un conjunto de datos que están almacenados en tablas entre las cuales se establecen unas relaciones para manejar los datos de una forma eficiente y segura. Para usar y gestionar una base de datos relacional se usa el lenguaje estándar de programación SQL.
- Es Open Source. El código fuente de MySQL se puede descargar y está accesible a cualquiera, por otra parte, usa la licencia GPL para aplicaciones no comerciales.
- Es una base de datos muy rápida, segura y fácil de usar.
- Escrito en C y en C++.
- Funciona en diferentes plataformas.
- Proporciona sistemas de almacenamientos transaccionales y no transaccionales.
- Un sistema de reserva de memoria muy rápido basado en threads.
- Las funciones SQL están implementadas usando una librería altamente optimizada y deben ser tan rápidas como sea posible. Normalmente no hay reserva de memoria tras toda la inicialización para consultas.
- El servidor está disponible como un programa separado para usar en un entorno de red cliente/servidor.

- Admite diversos tipos de columnas: enteros con/sin signo de 1, 2, 3, 4, y 8 bytes de longitud, FLOAT, DOUBLE, CHAR, VARCHAR, TEXT, BLOB, DATE, TIME, DATETIME, TIMESTAMP, YEAR, SET, ENUM, y tipos espaciales OpenGIS.
- Un sistema de privilegios y contraseñas que es muy flexible y seguro, y que permite verificación basada en el host. Las contraseñas son seguras porque todo el tráfico de contraseñas está encriptado cuando se conecta con un servidor.
- Soporte a grandes bases de datos. Usamos MySQL Server con bases de datos que contienen 50 millones de registros.
- MySQL server tiene soporte para comandos SQL para chequear, optimizar, y reparar tablas.

4.4.2- PostGreSQL

PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional (ORDBMS) basado en el proyecto POSTGRES. Fue el pionero en muchos de los conceptos existentes en el sistema objeto-relacional actual, incluido, más tarde en otros sistemas de gestión comerciales. PostGreSQL es un sistema objeto-relacional, ya que incluye características de la orientación a objetos, como puede ser la herencia, tipos de datos, funciones, restricciones, disparadores, reglas e integridad transaccional. A pesar de esto, PostGreSQL no es un sistema de gestión de bases de datos puramente orientado a objetos.

En opinión de Pecos (2007) las características principales de PostGreSQL son:

- Implementación del estándar SQL92/SQL99.
- Soporta distintos tipos de datos: además del soporte para los tipos base, también soporta datos de tipo fecha, monetarios, elementos gráficos, datos sobre redes (MAC, IP...), cadenas de bits, etc. También permite la creación de tipos propios.
- Incorpora una estructura de datos array.
- Incorpora funciones de diversa índole: manejo de fechas, geométricas, orientadas a operaciones con redes, etc.
- Permite la declaración de funciones propias, así como la definición de disparadores.
- Soporta el uso de índices, reglas y vistas.

- Incluye herencia entre tablas (aunque no entre objetos, ya que no existen), por lo que a este gestor de bases de datos se le incluye entre los gestores objeto-relacionales.
- Permite la gestión de diferentes usuarios, como también los permisos asignados a cada uno de ellos.

4.4.3- SQL Server

Microsoft SQL Server, propietario de Microsoft, pertenece a la familia de los sistemas de administración de base de datos, operando en una arquitectura cliente/servidor de gran rendimiento. Su desarrollo fue orientado para hacer posible manejar grandes volúmenes de información, y un elevado número de transacciones. SQL Server es una aplicación completa que realiza toda la gestión relacionada con los datos. El servidor sólo tiene que enviarle una cadena de caracteres (la sentencia SQL) y esperar a que le devuelvan los datos.

SQL Server permite la creación de procedimientos almacenados, los cuales consisten en instrucciones SQL que se almacenan dentro de una base de datos de SQL Server, realizados en lenguaje SQL, se trata de procedimientos que se guardan semicompilados en el servidor y que pueden ser invocados desde el cliente. Se ejecutan más rápido que instrucciones SQL independientes.

SQL Server puede manejar perfectamente bases de datos de TeraBytes con millones de registros y funciona sin problemas con miles de conexiones simultáneas a los datos.

4.4.4- Fundamentación de la selección

PostgreSQL es un magnífico gestor de bases de datos. Tiene prácticamente todo lo que tienen los gestores comerciales, haciendo de él una muy buena alternativa GPL. A pesar de ello, el primer encuentro con este gestor es un poco "duro", ya que la sintaxis de algunos de sus comandos no es nada intuitiva.

También resulta engorroso las pequeñas variaciones que presenta este gestor en algunos de los tipos de datos que maneja, siendo el problema más comentado el referente al tipo "serial".

Por otro lado, la API de PHP para acceder a MySQL era muchísimo más sencilla de usar, teniendo un estilo mucho más natural.

Es evidente que la gran mayoría de las personas usan este gestor en Internet, por lo que encontrar opiniones favorables no ha resultado en absoluto complicado:

- Sin lugar a duda, lo mejor de MySQL es su velocidad a la hora de realizar las operaciones, lo que le hace uno de los gestores que ofrecen mayor rendimiento.
- Su bajo consumo lo hacen apto para ser ejecutado en una máquina con escasos recursos sin ningún problema.
- Las utilidades de administración de este gestor son envidiables para muchos de los gestores comerciales existentes, debido a su gran facilidad de configuración e instalación.
- Tiene una probabilidad muy reducida de corromper los datos, incluso en los casos en los que los errores no se produzcan en el propio gestor, sino en el sistema en el que está.

Como el objetivo de la aplicación es mostrar información, no es necesaria una base de datos tan potente como SQL Server o PostgreSQL, y se utiliza MySQL por su rapidez, por su integración con PHP y las ventajas expuestas anteriormente.

4.5- Lenguajes de programación WEB

Un lenguaje de programación es un lenguaje que puede ser utilizado para controlar el comportamiento de una máquina, particularmente una computadora. Consiste en un conjunto de reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos, respectivamente. Permite a un programador especificar de manera precisa: sobre qué datos una computadora debe operar, cómo deben ser estos almacenados y transmitidos y qué acciones debe tomar bajo una variada gama de circunstancias.

4.5.1- Lenguaje de Programación del lado del Cliente

Como lenguaje del lado del cliente se utiliza Javascript.

Javascript es un lenguaje de programación utilizado para crear pequeños programitas encargados de realizar acciones dentro del ámbito de una página Web.

Se trata de un lenguaje de programación del lado del cliente, porque es el navegador el que soporta la carga de procesamiento. Gracias a su compatibilidad con la mayoría de los navegadores modernos, es el lenguaje de programación más utilizado del lado del cliente.

Con Javascript se puede crear efectos especiales en las páginas y definir interactividades con el usuario. El navegador del cliente es el encargado de interpretar las instrucciones Javascript y ejecutarlas para realizar estos efectos e interactividades, de modo que el mayor recurso, y tal vez el único, con que cuenta este lenguaje es el propio navegador.

Entre las acciones típicas que se pueden realizar en Javascript se tienen dos vertientes. Por un lado los efectos especiales sobre páginas Web, para crear contenidos dinámicos y elementos de la página que tengan movimiento, cambien de color o cualquier otro dinamismo. Por el otro, javascript nos permite ejecutar instrucciones como respuesta a las acciones del usuario, con lo que podemos crear páginas interactivas con programas como calculadoras, agendas, o tablas de cálculo.

4.5.2- Lenguaje de Programación del lado Servidor

4.5.2.1- Lenguaje de programación: PHP

PHP, acrónimo de "PHP: Hypertext Preprocessor", es un lenguaje "Open Source" interpretado de alto nivel, especialmente pensado para desarrollos web y el cual puede ser embebido en páginas HTML. La mayoría de su sintaxis es similar a C, Java y Perl y es fácil de aprender. La meta de este lenguaje es

permitir escribir a los creadores de páginas web, páginas dinámicas de una manera rápida y fácil, aunque se pueda hacer mucho más con PHP (Colectivo de autores, 2006).

En opinión de Dondo (2002) algunas ventajas de Php en el desarrollo de aplicaciones Web son:

- PHP corre en (casi) cualquier plataforma utilizando el mismo código fuente, pudiendo ser compilado y ejecutado en algo así como 25 plataformas, incluyendo diferentes versiones de Unix, Windows (95,98,NT,ME,2000,XP,etc) y Macs. Como en todos los sistemas se utiliza el mismo código base, los scripts pueden ser ejecutados de manera independiente al OS.
- La sintaxis de PHP es similar a la del C, por esto cualquiera con experiencia en lenguajes del estilo C podrá entender rápidamente PHP. Entre los lenguajes del tipo C incluimos al Java y Javascript, de hecho mucha de la funcionalidad del PHP se la debe al C en funciones como fread () o srtlen (), así que muchos programadores se sentirán como en casa.
- PHP es completamente expandible. Está compuesto de un sistema principal (escrito por Zend), un conjunto de módulos y una variedad de extensiones de código.
- Muchas interfaces distintas para cada tipo de servidor. PHP actualmente se puede ejecutar bajo Apache, IIS, AOLServer, Roxen y THTTPD. Otra alternativa es configurarlo como mógdulo CGI.
- Puede interactuar con muchos motores de bases de datos tales como MySQL, MS SQL, Oracle, Informix, PostgreSQL, y otros muchos. Siempre podrás disponer de ODBC para situaciones que lo requieran.
- Una gran variedad de módulos cuando un programador PHP necesite una interfase para una librería en particular, fácilmente podrá crear una API para esta. Algunas de las que ya vienen implementadas permiten manejo de gráficos, archivos PDF, Flash, Cybercash, calendarios, XML, IMAP, POP, etc.
- Rapidez. PHP generalmente es utilizado como módulo de Apache, lo que lo hace extremadamente veloz. Esta completamente escrito en C, así que se ejecuta rápidamente utilizando poca memoria.
- PHP es Open Source, lo cual significa que el usuario no depende de una compañía específica para arreglar cosas que no funcionan, además no estás forzado a pagar actualizaciones anuales para tener una versión que funcione.

4.5.2.2- Lenguaje de programación: Perl

En opinión de Alvarez (2007), en su artículo “Qué es Perl”, define que Perl es un lenguaje de programación muy utilizado para construir aplicaciones CGI para el web. Perl es un acrónimo de “Practical Extracting and Reporting Lenguaje”, que viene a indicar que se trata de un lenguaje de programación muy práctico para extraer información de archivos de texto y generar informes a partir del contendido de los ficheros.

Perl es un lenguaje de programación interpretado, al igual que muchos otros lenguajes de Internet como Javascript o ASP. Esto quiere decir que el código de los scripts en Perl no se compila sino que cada vez que se quiere ejecutar se lee el código y se pone en marcha interpretando lo que hay escrito. Además es extensible a partir de otros lenguajes, ya que desde Perl podremos hacer llamadas a subprogramas escritos en otros lenguajes. También desde otros lenguajes podremos ejecutar código Perl.

Según Calbet (2002) algunas ventajas y desventajas del lenguaje Perl son:

Ventajas:

- Es un buen lenguaje ``pegamento''. Se pueden juntar varios programas de una forma sencilla para alcanzar una meta determinada. Los usuarios de Windows agradecerán esta propiedad ya que normalmente adolecen de un buen lenguaje tipo ``script''.
- Es relativamente rápido para un lenguaje tipo ``script''.
- Está disponible en múltiples plataformas y sistemas operativos. De hecho funciona bajo diferentes sabores de UNIX, Linux y todo tipo de Windows. Un programa que se escriba teniendo en cuenta la compatibilidad puede ser escrito en una plataforma y ejecutado en otra.
- El desarrollo de aplicaciones es muy rápido.
- Hay una colección enorme de módulos que pueden ser incorporados a cualquier ``script'' de Perl. Están disponibles en el CPAN (``Comprehensive Perl Archive Network''). En particular existe una extensión para cálculo numérico denominada PDL.
- Perl es gratuito. Mucho más que eso, es ``Software Libre''. Esto quiere decir que el código fuente está disponible para que cualquiera lo pueda ver o modificar, y lo que es más importante, siempre lo estará. Aunque nunca pretendas cambiar el código, es importante disponer de la posibilidad de

hacerlo, ya que siempre se podrá contratar a una tercera persona para que lo modifique en el caso de que haya un error, y debería ser posible solucionarlo.

Desventajas:

- Es lento para algunas aplicaciones, como programación a bajo nivel, escribiendo un ``driver'' para una aplicación o corriendo modelos numéricos de cálculo intensivo. Si bien se pueden insertar subrutinas FORTRAN o C en Perl, teniendo lo mejor de los dos mundos, pero con algo más de complejidad.
- La libertad que se le otorga al programador puede significar que el resultado sea un programa ilegible. Si no se escribe con cuidado puede llegar a ser difícil de leer. De hecho hay un concurso de Perl ofuscado.
- No se pueden compilar programas Perl. Aunque actualmente se está desarrollando un compilador que realice esta tarea y hay uno comercial disponible para la plataforma Windows. Este tema no es tan crítico como suena, los programas Perl no correrán mucho más rápidos cuando se compilen, la única ventaja está en la desaparición de la fase inicial de compilación al correr la aplicación.
- Utiliza muchos recursos de la máquina. Esto significa que no es tan ligero como un programa en C, pero en la práctica es ligero comparado con la potencia de computación de los ordenadores actuales.

4.5.2.3- Hypertext Markup Language (HTML)

Rodríguez (2007) plantea que HTML, no es un lenguaje de programación, es un lenguaje de especificación de contenidos para un tipo específico de documentos. Es decir, mediante HTML podemos especificar, usando un conjunto de etiquetas o tags, cómo va a representarse la información en un navegador o browser. Se centra en la representación en la pantalla de la información.

El HTML es un lenguaje de marcas. Los lenguajes de marcas no son equivalentes a los lenguajes de programación aunque se definan igualmente como "lenguajes". Son sistemas complejos de descripción de información, normalmente documentos, que se pueden controlar desde cualquier editor ASCII. Las marcas

más utilizadas suelen describirse por textos descriptivos encerrados entre signos de "menor" (<) y "mayor" (>), siendo lo más usual que exista una marca de principio y otra de final.

Ferrer (2007) en su artículo “Curso de Linux Avanzado” afirma que HTML proporciona los medios para:

- Publicar online documentos con cabeceras, texto, tablas, listas, fotos etc.
- Obtener información en línea vía enlaces de hipertexto con un solo clic del ratón.
- Diseñar formularios para realizar transacciones con servicios remotos, que nos permitan búsqueda de información, realizar reservas, comprar productos.
- Incluir hojas de cálculo, video-clips, sonidos y otras aplicaciones directamente en los documentos.

4.5.2.4- CSS

Hojas de Estilo en Cascada (Cascading Style Sheets), es un mecanismo simple que describe cómo se va a mostrar un documento en la pantalla, o cómo se va a imprimir, o incluso cómo va a ser pronunciada la información presente en ese documento a través de un dispositivo de lectura. Esta forma de descripción de estilos ofrece a los desarrolladores el control total sobre estilo y formato de sus documentos.

4.5.2.5- Fundamentación de la selección

Luego de hacerse un análisis entre los diferentes lenguajes, se decidió utilizar el PHP embebido en el código HTML ya que:

- Está soportado en la mayoría de las plataformas de Sistemas Operativos.
- El PHP no tiene costo oculto, o sea que cuando se adquiere incluye un sinnúmero de bibliotecas que proporcionan el soporte para la mayoría de las aplicaciones Web, por ejemplo e-mail, generación de ficheros PDF y otros. En caso de que no se tengan las bibliotecas están se pueden encontrar gratis en Internet.
- PHP es más rápido, gratuito y multiplataforma.

4.6- ¿Por qué usar MySQL, PHP y Apache?

Para la selección de esta combinación se tuvieron en cuenta las características que se expusieron anteriormente y además que:

- Ofrecen un alto nivel de prestaciones en la red hoy en día.
- Presentan la característica de ser multiplataforma.
- Juntos ofrecen al programador una API (Aplicacition Program Interface) muy potente que permite el desarrollo de cualquier tipo de aplicación de gestión de datos.
- Para mantener la compatibilidad con otros sistemas de gestión realizados en otras áreas del centro.
- Es relativamente fácil su uso.
- La seguridad que implementa el Apache, más la implementada por MySQL, satisfacen completamente los requerimientos de seguridad para el sistema propuesto.

4.7- Sistema de Gestión de Contenido (CMS)

Sistema que facilita la gestión de contenidos en todos sus aspectos: creación, mantenimiento, publicación y presentación. También se conoce como *Web Content Management* (WCM) sistema de gestión de contenido de webs.
Los sistemas de gestión de contenidos (*Content Management Systems* o CMS) es un software que se utiliza principalmente para facilitar la gestión de webs, ya sea en Internet o en una intranet, y por eso también son conocidos como gestores de contenido web (*Web Content Management* o WCM). Hay que tener en cuenta, sin embargo, que la aplicación de los CMS no se limita sólo a las webs.

Cuerda y Minguillón (2004) proponen una división de la funcionalidad de los sistemas de gestión de contenidos en cuatro categorías: creación de contenido, gestión de contenido, publicación y presentación.

Creación de contenido

Un CMS aporta herramientas para que los creadores sin conocimientos técnicos en páginas web puedan concentrarse en el contenido. Lo más habitual es proporcionar un editor de texto WYSIWYG, en el que el usuario ve el resultado final mientras escribe, al estilo de los editores comerciales, pero con un rango de formatos de texto limitado. Esta limitación tiene sentido, ya que el objetivo es que el creador pueda poner énfasis en algunos puntos, pero sin modificar mucho el estilo general del sitio web.

Gestión de contenido

Los documentos creados se depositan en una base de datos central donde también se guardan el resto de datos de la web, cómo son los datos relativos a los documentos (versiones hechas, autor, fecha de publicación y caducidad, etc.), datos y preferencias de los usuarios, la estructura de la web, etc.

La estructura de la web se puede configurar con una herramienta que, habitualmente, presenta una visión jerárquica del sitio y permite modificaciones. Mediante esta estructura se puede asignar un grupo a cada área, con responsables, editores, autores y usuarios con diferentes permisos. Eso es imprescindible para facilitar el ciclo de trabajo (*workflow*) con un circuito de edición que va desde el autor hasta el responsable final de la publicación. El CMS permite la comunicación entre los miembros del grupo y hace un seguimiento del estado de cada paso del ciclo de trabajo.

Publicación

Una página aprobada se publica automáticamente cuando llega la fecha de publicación, y cuando caduca se archiva para futuras referencias. En su publicación se aplica el patrón definido para toda la web o para la sección concreta donde está situada, de forma que el resultado final es un sitio web con un aspecto consistente en todas sus páginas. Esta separación entre contenido y forma permite que se pueda modificar el aspecto visual de un sitio web sin afectar a los documentos ya creados y libera a los autores de preocuparse por el diseño final de sus páginas.

Presentación

El sistema se encarga de gestionar muchos otros aspectos como son los menús de navegación o la jerarquía de la página actual dentro del web, añadiendo enlaces de forma automática. También gestiona todos los módulos, internos o externos, que incorpore al sistema. Así por ejemplo, con un módulo de noticias se presentarían las novedades aparecidas en otro web, con un módulo de publicidad se mostraría un anuncio o mensaje animado, y con un módulo de foro se podría mostrar, en la página principal, el título de los últimos mensajes recibidos. Todo eso con los enlaces correspondientes y, evidentemente, siguiendo el patrón que los diseñadores hayan creado.

4.7.1- Tipos de CMS

La multitud de diferentes CMS existentes se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- Foros: sitio que permite la discusión en línea donde los usuarios pueden reunirse y discutir temas en los que están interesados.
- Blogs: Publicación de noticias o artículos en orden cronológico con espacio para comentarios y discusión.
- Wikis: Sitio web dónde todos los usuarios pueden colaborar en los artículos. También permite espacio para discusiones. Indicado para material que irá evolucionando con el tiempo.
- eCommerce: Sitio web para comercio electrónico.
- Sitios Web: Sitio web con contenido y funcionalidad diversa que sirve como fuente de información o como soporte a una comunidad.
- Galería: Permite administrar y generar automáticamente un portal o sitio web que muestra contenido audiovisual, normalmente imágenes.

4.7.2- Criterios de Selección

En opinión de Cuerda y Minguillón (2004) antes de empezar el proceso de selección de un CMS concreto, hay que tener claros los objetivos de la web, teniendo en cuenta al público destinatario, y estableciendo una serie de requerimientos que tendría que poder satisfacer el CMS.

La siguiente lista está basada en las funciones principales de los CMS expuestas anteriormente.

Código abierto: El CMS tendría que ser de código fuente abierto (o libre).

Arquitectura técnica: Tiene que ser fiable y permitir la escalabilidad del sistema para adecuarse a futuras necesidades con módulos. También tiene que haber una separación de los conceptos de contenido, presentación y estructura que permita la modificación de uno de ellos sin afectar a los otros. Es recomendable, pues, que se utilicen hojas de estilo (CSS) y patrones de páginas.

Grado de desarrollo: Madurez de la aplicación y disponibilidad de módulos que le añaden funcionalidades.

Soporte: La herramienta tiene que tener soporte tanto por parte de los creadores como por otros desarrolladores. De esta manera se puede asegurar de que en el futuro habrá mejoras de la herramienta y que se podrá encontrar respuesta a los posibles problemas.

Posición en el mercado y opiniones: Una herramienta poco conocida puede ser muy buena, pero hay que asegurar de que tiene un cierto futuro. También son importantes las opiniones de los usuarios y de los expertos.

Usabilidad: La herramienta tiene que ser fácil de utilizar y aprender. Los usuarios no siempre serán técnicos, por lo tanto hace falta asegurar que podrán utilizar la herramienta sin muchos esfuerzos y sacarle el máximo rendimiento.

Accesibilidad: Para asegurar la accesibilidad de una web, el CMS tendría que cumplir un estándar de accesibilidad. El más extendido es WAI (*Web Accessibility Initiative*) del World Wide Web Consortium.

Velocidad de descarga: Teniendo en cuenta que no todos los usuarios disponen de líneas de alta velocidad, las páginas se tendrían que cargar rápidamente o dar la opción.

Funcionalidades: No se espera que todas las herramientas ofrezcan todas las funcionalidades, ni que éstas sean las únicas que tendrá finalmente la web. Entre otras:

- Editor de texto WYSIWYG a través del navegador.
- Herramienta de búsqueda.
- Comunicación entre los usuarios (foros, correo electrónico, Chat).
- Noticias.
- Artículos.
- Ciclo de trabajo (*workflow*) con diferentes perfiles de usuarios y grupos de trabajo.
- Fechas de publicación y caducidad.
- Webs personales.
- Carga y descarga de documentos y material multimedia.
- Avisos de actualización de páginas o mensajes en los foros, y envío automático de avisos por correo electrónico.
- Envío de páginas por correo electrónico.
- Páginas en versión imprimible.
- Personalización según el usuario.
- Disponibilidad o posibilidad de traducción al catalán y al castellano.
- Soporte de múltiples formados (HTML, Word, Excel, Acrobat, etc.).
- Soporte de múltiples navegadores (Internet Explorer, Netscape, etc.).
- Soporte de sindicación (RSS, NewsML, etc.).
- Estadísticas de uso e informes.
- Control de páginas caducadas y enlaces rotos.

Fundamentación de la selección

Para la construcción del sitio web se escogió PHP-Fusion ya que es un sistema de gestión de contenidos (CMS) de código abierto, ligero y escrito en PHP. Utiliza una base de datos MySQL para almacenar el contenido e incluye un sistema de administración simple y comprensivo. Separa los conceptos de contenido, presentación y estructura que permita la modificación de uno de ellos sin afectar a los otros, además de que es muy fácil de utilizar y aprender. Entre sus principales funcionalidades están: Herramienta de búsqueda, Noticias, Artículos, Foros, Soporte de múltiples navegadores, entre otras. Presenta un código limpio y legible permitiendo realizar modificaciones y contribuciones de manera sencilla.

4.8- Arquitectura de la información

Con el objetivo de garantizar la calidad final del producto y la plena satisfacción de los usuarios que accedan al mismo, se tuvieron en cuenta algunos aspectos de Arquitectura de la información, como son: los esquemas, las estructuras, los sistemas de navegación, y los sistemas de etiquetado.

Después de un análisis profundo se determinó que el esquema a utilizar es el ambiguo por temáticas, ya que la información será agrupada y dividida a su vez por temas o temáticas. Se determinó como tipo de estructura de organización de la información la hipertextual de telaraña ya que la información tiene una estructura no lineal y hay elementos enlazados y elementos que son los de enlace. El tipo de sistema de navegación que se evidencia es el sistema de navegación global ya que brinda la posibilidad de navegación tanto a lo profundo como a lo largo del sitio. Se escoge como sistema de etiquetado las etiquetas del sistema de navegación ya que estas son las interactúan en un primer momento con los usuarios, permitiéndoles controlar el proceso de navegación dentro del sitio web.

CONCLUSIONES

- Se realizó por primera vez en la universidad y, posiblemente en el país, una investigación sistemática y minuciosa acerca de los elementos del desarrollo del conocimiento humano y de las necesidades sociales que motivaron la creación y desarrolló de numerosos y disímiles sistemas numéricos, desde los más primitivos y elementales hasta llegar a los más modernos y avanzados utilizados universalmente en el presente.

- Desde el surgimiento de la especie humana las necesidades de contar, registrar y conservar la información como portadora del conocimiento creciente, fueron motivadas por aspectos sociales diversos en regiones diversas. La diversidad y complejidad de estas evolucionó desde el conteo con los dedos hasta el surgimiento de la primera máquina computacional: **el ábaco**.

- Se ofrecen sistematizadamente los elementos que muestran como los ***sistemas numéricos posicionales,*** desde su aparición y evolución han constituido y constituyen uno de los factores claves para acelerar y revolucionar el desarrollo del pensamiento y conocimiento matemáticos, haciendo factible la concepción y desarrollo de algoritmos, métodos, máquinas y sistemas cada vez más avanzados para representar, almacenar, transmitir, calcular y procesar la información.

- Se contribuye a esclarecer cómo por lógica natural de las características morfológicas y sociales del desarrollo humano, **el primero de los sistemas numéricos en desarrollarse, perfeccionarse y extenderse fue el sistema decimal**, o de base 10, a lo que contribuyó decisivamente el descubrimiento y utilización del ***cero***, lo que a su vez propició la invención, desarrollo y perfeccionamiento de sistemas en otras bases, especialmente del binario.

- El descubrimiento e implementación del sistema binario, su integración con el Álgebra Proposicional o de Boole y con la electrónica digital o de conmutación, revolucionaron definitivamente a la computación, a las máquinas computadoras automáticas. Ello a su vez aceleró el desarrollo de la electrónica digital, que en la especialidad de la microelectrónica, desde la

aparición de los primeros circuitos integrados o chips, ha mantenido una increíble razón de cambio, duplicando su potencial cada 18 – 24 meses desde la década de 1960.

- La génesis de la informática o tecnología de la información como ciencia no reside en la electrónica misma, sino en el desarrollo de la electrónica digital o de conmutación en plena integración con la lógica proposicional, el sistema numérico posicional binario, la teoría de los algoritmos, los aportes de Turing y Goedel entre otros, que permitieron la lógica básica del **verdadero** o **falso** en pleno convenio con los **ceros** y **unos** del más elemental de los sistemas numéricos, que no por su apariencia elemental se llegara fácilmente y en corto tiempo a su desarrollo y conocimiento plenos.

- Hasta el momento no ha sido viable utilizar una lógica que utilice mayor cantidad de estados físicos o dígitos que el binario, en otras palabras, otro sistema numérico posicional de mayor base porque con ellos no se garantiza un compromiso de ingeniería que posibilite la fiabilidad a una relación potencial/costo y costo/beneficio ni siquiera comparables en la perspectiva a lo que se logra con el sistema binario.

- Junto con los objetivos y resultados anteriores, se desarrolló una aplicación consistente en sitio Web que proporciona una útil herramienta que muestra de manera sintetizada y organizada una parte fundamental de la Historia de la Informática en correspondencia con los ingentes requerimientos actuales de su enseñanza semi-presencial en el vital Entorno Virtual de aprendizaje de la universidad y en adecuada concordancia con los requerimientos tecnológicos y metodológicos del mismo.

- El software desarrollado para la publicación y socialización de la base de conocimiento obtenida a lo largo de esta investigación, además de constituir un producto sencillo, atractivo y de fácil navegabilidad para el objetivo anterior, se basa más en un paradigma del uso de las TI en los procesos de enseñanza-aprendizaje más cercano al potencial presente de esta, más bien con enfoque de objeto de aprendizaje que del más clásico y menos evolucionado, conocido como software educativo.

RECOMENDACIONES

- Profundizar posteriormente en el estudio de los sistemas numéricos y de su historia, expuestos como resultados de la presente investigación, con el objetivo de su perfeccionamiento académico, didáctico y de su alcance integrador con otras asignaturas y disciplinas de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

- Profundizar en el estudio, análisis e importancia para las ciencias informáticas del algebra de Boole, incluyendo los estudios realizados en Cuba sobre el tema.

- Impartir en cursos introductorios y de manera semi-presencial los contenidos básicos sobre los sistemas numéricos y su importancia en las ciencias informáticas como soporte inicial a los contenidos de la especialidad y en especial en lo relativos a la Programación y a los Sistemas Digitales.

- Al mismo tiempo de lo anterior, se pone de manifiesto la necesidad e importancia de que, en el sentido vertical de la carrera, se preste mayor importancia a la enseñanza y ejercicio práctico de los sistemas numéricos y en especial del binario, en estrecha correspondencia con los conceptos más abstractos del paradigma del análisis y la programación orientados a objetos, al no tratarse de un sencillo enfoque de cultura general, sino del conocimiento profundo e integrando de las bases sobre las que se montan las soluciones de cualquier tipo o campo de aplicación.

- Valorar la utilización del presente resultado como parte del material de estudio y herramienta a utilizar en la asignatura de Historia de la Informática, así como material de consulta y referencia para otras asignaturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alarcón, A.M. (2007). *La ciencia*. Extraído el 18 de abril, 2007 de http://www.monografias.com/trabajos16/ciencia-y-tecnologia/ciencia-y-tecnologia.shtml
2. Alonso, A. y Arzos, I. (2007). Gottfried Wilheim Leibnitz: Tanta curiosidad como talento. Extraído el 24 de mayo, 2007 de http://www.upv.es/ahuman/congresos/Leibnitz/Paginas/Arti04.html
3. Alvarez, I. G. (1998). *Sistema numérico binario*. Extraído el 18 de abril, 2007 de http://myfaculty.metro.inter.edu/ialvarez/SISBIN.HTM
4. Alvarez, M. A. (2007). Qué es Perl. Extraído el 15 de mayo, 2007 de http://www.desarrolloweb.com/articulos/541.php
5. Aveni, A. F. (1993). *Observaciones del cielo en el México antiguo.* México: Fondo de Cultura Económica.
6. Baeza, R. (2007). *Algoritmia*. Extraído el 23 de mayo, 2007 de http://www.dcc.uchile.cl/~rbaeza/inf/algoritmia.pdf
7. Barradas, I. (2005), *Las matemáticas del antiguo Egipto*. Extraído el 27 de marzo, 2007 de http://www.revistaarabe.com.ar/noticias_matematicas_egipto.asp
8. Bernal, M. (2007). *El ábaco*. Extraído el 5 de mayo, 2007 de http://www.wikilearning.com/historia_de_los_ordenadores_personales-wkccp-3653-4.htm
9. Cagliani, M. A. (2004). *Historia de los Números*. Extraído el 23 de octubre, 2006 de http://www.saber.golwen.com.ar/hnúmeros.htm
10. Cagliani, M. A. (1998). Historia de los números. Extraído el 21 mayo, 2007 de http://www.saber.golwen.com.ar/hnúmeros.htm
11. Calbet, X. (2002). Comenzando con PDL: un lenguaje para el cálculo numérico. Extraído el 18 de mayo, 2007 de http://es.tldp.org/Presentaciones/200002hispalinux/conf-14/14-html/Introduccion.html#SECTION00011000000000000000
12. Cardona, P. (1996). El dispositivo de cálculo más antiguo que se conoce es el ábaco. Extraído el 20 de mayo, 2007 de http://canalhanoi.iespana.es/articulos/historia.htm
13. Carpi, A. (2003). El Método Científico. Extraído el 07 de abril, 2007 de http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=45&l=s&c3

14. Casado, S. (2005*). Los sistemas de numeración a lo largo de la historia*. Extraído el 26 de marzo, 2007 de http://www.abcdatos.com/tutoriales/tutorial/z2438.html

15. Castro, G. (2001). Historia de la informática. Extraído el 25 de mayo, 2007 de http://ciberhabitat.gob.mx/museo/historia/texto/indice.htm

16. Colectivo de Autores. (2002) Aritmética Flotante y Análisis de Errores. Extraído el 26 de mayo, 2007 de http://www.lcc.uma.es/~villa/tn/tema02.pdf

17. Colectivo de autores (2003). *Algebra Booleana*. Extraído el 27 de abril, 2007 de http://www.monografias.com/trabajos14/algebra-booleana/algebra-booleana.shtml

18. Colectivo de autores. (2006). *Manual de PHP*. Extraído el 18 de mayo, 2007 de http://es.php.net/manual/es/index.php

19. Cortés, G. (2003). Una mirada a la evolución de la ciencia. Extraído el 17 de abril, 2007 de http://antroposmoderno.com/antro-articulo.php?id_articulo=372

20. Cuerda, X. y Minguillón, J. (2004). *Introducción a los Sistemas de Gestión de Contenidos (CMS) de código abierto*. Extraído el 9 de mayo, 2007 de http://mosaic.uoc.edu/articulos/cms1204.html

21. Del Pozo, A. (2006). *Comparativa de Servidores Web*. Extraído el 14 de mayo, 2007 de http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=363

22. Devoa, R. (2003). *El árbol y las ramas.* Extraído el 23 de octubre, 2006 de http://www.babab.com/no17/matematicas_17.htm

23. Dondo, A. (2002). *¿Por qué elegir PHP?* Extraído el 9 de mayo, 2007 de http://www.programacion.net/php/articulo/porquephp

24. Duffour, G. A. (2007). *Del ábaco al computador personal*. Extraído el 23 de mayo, 2007 de http://www.matematicaparatodos.com/SEXTO/6_04calculodelimites.pdf

25. Elizade, M. G. (2000). *Introducción a los Sistemas Computacionales*. Extraído el 17 de abril, 2007 de http://fismat.umich.mx/~elizalde/curso/

26. Ferrer, F. (2007). Curso de Linux Avanzado. Extraído el 18 de mayo, 2007 de http://fferrer.dsic.upv.es/cursos/Linux/Avanzado/HTML/index.html

27. Garcés, G. (1982). *Pensamiento matemático y astronómico en el México precolombiano*. México: Instituto Politécnico Nacional

28. García, B. y Pérez, J. (1997). *Historia de los números*. Extraído el 20 de mayo, 2007 de http://platea.pntic.mec.es/~bgarcia/

29. González, E. (2006). *Representación de la información*. Extraído el 19 de abril, 2007 de http://www2.dis.ulpgc.es/~itim-fi/Presentacion2FI.pdf

30. González, I. (2007). *Aritmética Binaria*. Extraído el 18 de abril, 2007 de http://platea.pntic.mec.es/~lgonzale/tic/binarios/aritmetica.html

31. González, M. (2007). *Sistemas de numeración*. Extraído el 19 de abril, 2007 de http://www.monografias.com/trabajos14/sistemanumeracion/sistemanumeracion.shtml

32. Gracia, R. O. y Bravo, C. (2007). *Metodologías de desarrollo de software.* Extraído el 17 de mayo, 2007 de http://alarcos.inf-cr.uclm.es/per/fgarcia/isoftware/doc/tema3_1xh.pdf

33. Gracia, J. (2005). *Introducción a MySQL*. Extraído el 8 de mayo, 2007 de http://www.webestilo.com/mysql/intro.phtml

34. Guerra, M. A. (2005). *Curso de introducción a la informática*. Extraído el 03 de abril, 2007 de http://www.wikilearning.com/conversion_binaria_a_los_diferentes_sistemas_numericos-wkccp-5088-18.htm

35. Guedj, D. (1999). *Una pequeña historia del cero*. Extraído el 21 de mayo, 2007 de http://archivo.elnuevodiario.com.ni/1999/agosto/31-agosto-1999/martes/martes3.html

36. Guillermo, J. y Gildardo, J. (2005). *Definición arquitectura cliente servidor*. Extraído el 18 de mayo, 2007 de http://www.monografias.com/trabajos24/arquitectura-cliente-servidor/arquitectura-cliente-servidor.shtml

37. Herman, M. (2006). *Historia de las Matemáticas: El cero*. Extraído el 21 de mayo, 2007 de http://www.astroseti.org/vernew.php?codigo=2056&barra=off

38. Larios, V. (2000). *Sistemas numéricos en el México prehispánico*. Extraído el 03 de abril de http://www.uaq.mx/matematicas/vlarios/xart08.html

39. Larman, C. (2004). UML y PATRONES. Editorial Félix Varela. Tomo 1.

40. Letelier, P. (2006). Rational Unified Process (RUP). Extraído el 17 de mayo, 2007 de https://pid.dsic.upv.es/C1/Material/Documentos%20Disponibles/Introducción%20a%20RUP.doc

41. Magaña, P. P. (1997*). Origen de lo números*. Extraído el 27 de marzo, 2007 de http://www.monografias.com/trabajos38/origen-números/origen-números.shtml

42. Masia, R. y Villa, I. (2007). *Funciones Booleanas*. Extraído el 04 de mayo, 2007 de http://www.uoc.edu/in3/e-math/FuncionesBooleanas.htm

43. Menéndez, R. (2007).*Metodología de desarrollo de software*. Extraído el 17 de mayo, 2007 de http://www.wikilearning.com/metodologia_de_desarrollo_de_software-wkccp-3617-1.htm

44. Mocoso, J. (2007). *ALGEBRA DE BOOLE*. Extraído el 04 de mayo, 2007 de http://www.monografias.com/trabajos14/sistdigital/sistdigital2.shtml#ALGEBRA

45. Moreno, A. P. (2002). *Álgebra de Boole*. Extraído el 24 de abril, 2007 de http://www.iearobotics.com/personal/andres/docencia/seguidores/digitales/algebra_boole.pdf

46. Morley, S. G. (1983). *La civilización maya*. México: Fondo de Cultura Económica.

47. Mario Tamayo y Tamayo, *Diccionario de la Investigación Científica*, Limusa, México, 2000, p. 65.

48. O'Connor, J. J. y Robertson, E. F. (2000). *La numeración babilonia*. Extraído el 30 de marzo, 2007 de http://ciencia.astroseti.org/matematicas/articulo.php?num=3650

49. O'Connor, J. J. y Robertson, E. F. (2006). *Historia de las Matemáticas: El Cero.* Extraído el 23 de octubre, 2006 de http://www.astroseti.org/vernew.php?codigo=2056&barra=off

50. Padra, C. (2007). *Algunas aspectos de la prehistoria de la matemática*, Extraído el 23 de mayo, 2007 de http://cabmec1.cnea.gov.ar/~padrac/divulgacion/prehist.pdf

51. Pecos, D. (2007). *PostGretSQL vs. MySQL*. Extraído el 17 de mayo, 2007 de http://www.netpecos.org/docs/mysql_postgres/index.html

52. Perea, M. (1999), ENIAC, matemáticas y computación científica, Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española, Vol. 2, Nº 3,

53. Pérez P. C. (2006). *Diseño teórico de la investigación*. Extraído el 10 de noviembre, 2006 de http://teleformacion.uci.cu/mod/resource/view.php?id=6466

54. Pérez P. C. (2006). *El problema científico*. Extraído el 10 de noviembre, 2006 de http://teleformacion.uci.cu/mod/resource/view.php?id=6466

55. Pollán, T. (207).*FUNCIONES BOOLEANAS Y SU SIMPLIFICACION.* Extraído el 4 de abril, 2007 de http://www.unizar.es/euitiz/areas/aretecel/docencia/digitel/Apuntes/dig02.pdf

56. Portilla, J. (2007). *Historia de los mecanismos de cómputo*. Extraído el 24 de mayo, 2007 de http://medusa.unimet.edu.ve/sistemas/fpis12/IE03HistoriaComputo.htm

57. Ramírez, J. M. (2001). *Análisis de las plataformas de hardware modernas*. Extraído el 8 de mayo, 2007 de http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Juan%20Manuel%20Ramirez%20Alcaraz.pdf

58. Roca, M. C. (2006). *Los símbolos del hombre.* Extraído el 23 de octubre, 2006 de http://www.amandor.org/NÚMEROLOGIA/historia%20de%20los%20números.htm

59. Rodríguez, D. (2007). Curso de HTML 4.0. Extraído el 18 de mayo, 2007 de http://html.programacion.net/

60. Sandoval, S. A. (2002). *Servidores Web Seguros*. Extraído el 14 de mayo, 2007 de http://www.monografias.com/trabajos12/rete/rete.shtml

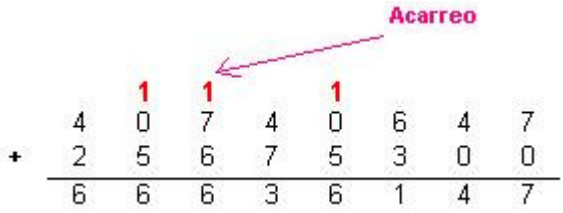
61. Sanjuán, H. A. (2005). Historia de los Computadores. Extraído el 8 de mayo, 2007 de http://asds.dacya.ucm.es/teresa/FC/Historia%20de%20los%20Computadores.pdf

62. Sotoleo, L. E. (1997). *"Los códices mayas"*. Arqueología Mexicana, v.II, n.23 (enero-febrero), pp: 34-43.

63. Tersek, I. (2005). *Introducción al estudio de los circuitos lógicos y sistemas numéricos*. Extraído el 19 de abril, 2007 de http://www.monografias.com/trabajos32/sistemas-numericos/sistemas-numericos.shtml

ANEXOS

Anexo No. 1 – *Ejemplo de suma octal*



Anexo No. 2 – *Ejemplo de resta octal*

6204,02 *Minuendo*
− 5173 *Sustraendo*

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	
7777,77 − 5173,00 2604,77	7777,77 − 5173,00 2604,77	6204,02 + 2604,77 11011,01	6204,02 + 2604,77 1011,01	1011,01 + 1 1011,02

Anexo No. 3 – ***Tabla para realizar la multiplicación octal***

*	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7
2	0	2	4	6	10	12	14	16
3	0	3	6	11	14	17	22	25
4	0	4	10	14	20	24	30	34
5	0	5	12	17	24	31	36	43
6	0	6	14	22	30	36	44	52
7	0	7	16	25	34	43	52	61

Anexo No. 4 – ***Ejemplo de multiplicación octal***

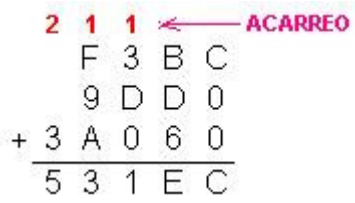
Multiplicar A. 67234_8 y B. 16_8

		6	7	2	3	4
				x	1	6
	5	1	3	6	5	0
+	6	7	2	3	4	
1	4	0	6	2	1	0

Anexo No. 5 – ***Ejemplo de división octal***

2 4` 3` 1` 5`: 1 2 = 2 0 2 4
- 2 4
0 0 3 1
- 2 4
0 5 5
- 5 0
0 5

Anexo No. 6 – ***Ejemplo de suma hexadecimal***



Anexo No. 7 – *Ejemplo de resta hexadecimal*

8EAD,01 Minuendo
− 3BE5 Sustraendo

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
FFFF,FF − 3BE5,00 C41A,FF	FFFF,FF − 3BE5,00 C41A,FF	8EAD,01 + C41A,FF 152C8,00	8EAD,01 − C41A,FF 52C8,00 52C8,00 + 1 52C8,01

Anexo No. 8 – Tabla para realizar la multiplicación hexadecimal

x	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
2	4	6	8	A	C	E	10	12	14	16	18	1A	1C	1E	20
3	6	9	C	F	12	15	18	1B	1E	21	24	27	2A	2D	30
4	8	C	10	14	18	1C	20	24	28	2C	30	34	38	3C	40
5	A	F	14	19	1E	23	28	2D	32	37	3C	41	46	4B	50
6	C	12	18	1E	24	2A	30	36	3C	42	48	4E	54	5A	60
7	E	15	1C	23	2A	31	38	3F	46	4D	4	5B	62	69	70
8	10	18	20	28	30	38	40	48	50	58	60	68	70	78	80
9	12	1B	24	2D	36	3F	48	51	5A	63	6C	75	7E	87	90
A	14	1E	28	32	3C	46	50	5A	64	6E	78	82	8C	96	A0
B	16	21	2C	37	42	4D	58	63	6E	79	84	8F	9A	A5	B0
C	18	24	30	3C	48	54	60	6C	78	84	90	9C	A8	B4	C0
D	1A	27	34	41	4E	5B	68	75	82	8F	9C	A9	B6	C3	D0
E	1C	2A	38	46	54	62	70	7E	8C	9A	A8	B6	C4	D2	E0
F	1E	2D	3C	4B	5A	69	78	87	96	A5	B4	C3	D2	E1	F0
10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	100

Anexo No. 9 – *Ejemplo de multiplicación hexadecimal*

		6	7	D	3	4
				x	1	2
		C	F	A	6	8
+	6	7	D	3	4	
	7	4	C	D	A	8

Anexo No. 10 – *Ejemplo de conversión de octal a decimal*

Convertir el número $705,11_{(8}$ (expresado en base 8 o octal) a base 10.

$7*8^2+0*8^1+5*8^0+1*8^{-1}+1*8^{-2} = 7*64+0+5+0,125+0,015625 = 453,1406255$

Por lo tanto $705,11_{(8} = 453,1406255_{(10}$

Anexo No. 11 – *Tabla de conversión de octal a binario*

octal	binario
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

Anexo No. 12 – *Ejemplo de conversión de octal a binario*

Convertir 516 a binario:

5	1	6
101	001	110

Entonces:

$516_8 = 101001110_2$

Anexo No. 13 – *Ejemplo de conversión de octal a hexadecimal*

Número: $257,0554_{(8}$ en binario es 010 101 111,000 101 101 100_2

Agrupamos de 4 en 4: 1010 1111,0001 0110 1100 y determinamos el valor equivalente en hexadecimal.

Valor: $AF,16C_{16}$

Anexo No. 14 – *Ejemplo de conversión de hexadecimal a decimal*

$812_{16} = 8 \times 16^2 + 1 \times 16^1 + 2 \times 16^0$

$812_{16} = 2048 + 16 + 2$

$812_{16} = 2\ 066_{10}$

Anexo No. 15 – *Ejemplo de conversión de hexadecimal a binario*

Convertir el número 2BC a binario.

2	B	C
0010	1011	1100

Finalmente él número hexadecimal en binario es igual a: 001010111100

Anexo No. 16 – *Ejemplo de conversión de hexadecimal a octal*

6BD = 3 275

Proceso:

6	B	D
0110	1011	1101

Ahora agrupa de 3 en 3 (comienza de derecha a izquierda), convierte de binario a octal.

011	010	111	101
3	2	7	5

Ahora agrupa de izquierda a derecha: 3 275

Anexo No. 17 – ***Tabla para convertir de binario a hexadecimal***

Número	Valor
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	A
1011	B
1100	C
1101	D
1110	E
1111	F

GLOSARIO

Cálculo: Operaciones y procedimientos matemáticos que se realizan para resolver un problema.

Cuneiforme: Es la forma más temprana conocida de expresión escrita de la que se han encontrado restos arqueológicos. Creada por los sumerios a finales del cuarto milenio AC. Esta escritura surgió como un sistema de pictogramas. Con el tiempo, las representaciones pictóricas se simplificaron y se hicieron más abstractas, dando lugar a lo que se conoce como escritura cuneiforme.

Ciencia: Es un conjunto de métodos y técnicas para la adquisición, refinado y organización de conocimientos sobre la estructura de un conjunto de hechos objetivos y accesibles a varios observadores. La aplicación de esos métodos y conocimientos conduce a la generación de más conocimiento objetivo en forma de predicciones concretas, cuantitativas y comprobables referidas a hechos observables pasados, presentes y futuros.

Dígito: Cada una de las cifras que expresan un número.

Dispositivo: Se utiliza como sinónimo de aparato. En Informática, se utiliza para referirse a los componentes de la computadora o a las maquinas mismas.

Guarismo: Cada uno de los signos o cifras arábigas que expresan una cantidad: el cero es el guarismo árabe por excelencia.

Historiografía: Teoría de la historia, es el registro escrito de la historia, la memoria fijada por la propia humanidad con la escritura de su propio pasado.

Ideograma: Es una representación gráfica de una idea. En ciertos lenguajes, como el chino o el japonés, determinados símbolos representan palabras o ideas completas y su escritura está, por tanto, basada en los ideogramas.

Número: Concepto matemático que expresa cantidad.

Odómetro: Dispositivo que indica la distancia recorrida en un viaje por automóvil u otro vehículo. Los odómetros mecánicos generalmente están constituidos por una serie de ruedas que muestran los números por una ventanilla.

Quipu: Fue un sistema mnemotécnico de cuerdas de lana o algodón y nudos de uno o varios colores desarrollado en los Andes. Si bien se sabe que fue usado como un sistema de contabilidad por los funcionarios del Imperio Inca, se estudia su posible uso como una forma de escritura, a partir de la teoría del Ingeniero Wiliam Burns Glynn.

Sitio web: Es un conjunto de páginas web, típicamente comunes a un dominio de Internet o subdominio en la World Wide Web en Internet. Una página web es un documento HTML/XHTML accesible generalmente mediante el protocolo HTTP de Internet.

Subconjunto: Conjunto de elementos que pertenecen a otro conjunto superior.

Valor: Cantidad que establece la determinación de una variable