



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN ARQUITECTURA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
TECNOLOGÍA**

**“NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA  
ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIÓN”**

**TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRÍA EN ARQUITECTURA**

**PRESENTA:**

**CUAUHTÉMOC UTRERA GÓMEZ**

**TUTOR: M. EN ARQUITECTURA FRANCISCO REYNA GÓMEZ  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM**

**MÉXICO, D.F. NOVIEMBRE 2014.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

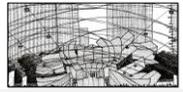


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## **JURADO**

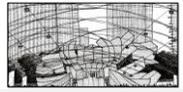
**M. en Arq. Francisco Reyna Gómez.**

**M. en Arq. Jorge L. Rangel Dávalos.**

**Dr. Alejandro Solano Vega.**

**M. en Arq. Ernesto Ocampo Ruiz**

**M. en Arq. Everardo Carballo Cruz.**



## **Agradecimientos**

**A Ma. Del Carmen; mi compañera, por su paciencia, apoyo y amor que a través de nuestras vidas seguimos manteniendo.**

**A mis hijos y en especial a Marlene, por su ayuda, amor y comprensión en los proyectos emprendidos.**

**A mi familia en general.**

**A mis maestros de la Maestría; y en forma especial al Mtro. Francisco Reyna Gómez, Mtro. Jorge Rangel D., Dr. Carlos Bigurra, Mtro. Ernesto Ocampo, Mtro. Jan Van Rosmalen Hansen.**

**Al Dr. Álvaro Sánchez González y al finado Dr. Enrique Sanabria Atilano por sus consejos y excelentes exposiciones.**

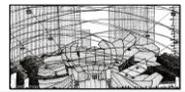
**A mis compañeros de la Generación de la Maestría y en forma particular a Everardo Carballo, Juan Ricardo Alarcón, Arturo Mercado, Pedro Villanueva y Martín Morales por su compañerismo y amistad.**

**A la U.A.M. Orgullo de Institución.**

**A la U.N.A.M. Nuestra máxima casa de estudio y orgullo de México.**

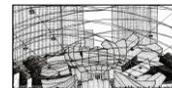
**Al I.P.N. y a todas las Instituciones públicas por su aportación a la educación.**

**Un reconocimiento a las instituciones privadas.**

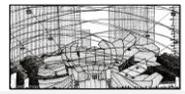


## Índice

	<b>Pág.</b>
<b>Introducción</b> -----	6
<b>1. Antecedentes Históricos</b> -----	8
<b>2. Biónica en la Tecnología, Arquitectura e Ingeniería.</b>	
2.1 Definición de la Biónica-----	10
2.2 Ejemplos Relevantes de la Biónica-----	11
2.3 Aplicación de la Construcción Orgánica en el Diseño y la Construcción -----	12
2.4 Espiral de Arquímedes y Logarítmica -----	20
<b>3. Nanotecnología y Nanoconcreto</b>	
3.1 Definición de la Nanotecnología-----	30
3.2 Aplicaciones en la Construcción la Enseñanza y La Investigación.-----	33
3.2.1 Dinámica de Vibración e Impacto-----	33
3.3 Productos del Nanocemento-----	47
3.4 El Nanocemento y la Vibración -----	49
<b>4. Fibra de Carbono y su Aplicación al Diseño.</b>	
4.1 Fibra de Carbono -----	51
4.2 Estructuras, Propiedades y Construcción-----	51
4.3 Aplicación al Diseño Arquitectónico-----	52
4.4 Aplicación a otras Áreas del Diseño-----	59
4.4.1 Instrumentos Musicales -----	59
4.4.2 Utensilios-----	59



4.4.3 Vehículos_-----	60
4.4.4 Equipo Deportivo_-----	60
4.4.5 Equipo Fotográfico_-----	60
4.4.6 Herramientas_-----	61
4.4.7 La Mecánica de Materiales Compuestos_-----	61
4.4.8 Fallas_-----	62
 4.5 La fibra de Carbono como Material de Diseño_-----	 62
 <b>5. Superconductores</b>	
5.1 Definición de Superconductores_-----	63
5.2 Aplicación al Diseño con esta Tecnología_-----	63
5.3 Aplicación al Diseño de Trenes de Alta Velocidad_-----	65
5.4. Los Superconductores en el Diseño de Generadores Motores y Computadoras_-----	66
5.5 Los superconductores y su Aplicación en la Construcción de Redes Vehiculares.-----	68
 <b>6. Diodos Emisores de Luz Orgánica (OLED).</b>	
6.1 Aplicación de la Nanotecnología en la Creación De Fuentes de Luz de Tamaño Bacterial, conocidas Como Nano Lámparas.-----	69
6.2 Eficiencia de Diodos Emisores de Luz Orgánica (OLED).-----	70
 <b>Conclusiones</b> -----	 72
 <b>Bibliografía</b> -----	 75
 <b>Anexos</b> -----	 82



## Introducción

La Biónica<sup>1</sup> o técnica de la naturaleza, es la aplicación de analogías para el estudio y diseño de sistemas de Ingeniería y Arquitectura. De un modo más específico, es la técnica de creatividad que se liga a prototipos biológicos y así poder resolver u obtener ideas para los procesos de diseños tecnológicos que nos ayuden en la solución de problemas. Este método está motivado por el hecho de que el organismo biológico y sus órganos han sido bien optimizados por la evolución. La vida como el principio de la creación de las estructuras, teniendo como ejemplos entre muchos los esqueletos de insectos, plantas, peces, el propio ser humano, esqueletos prehistóricos, aves, etc.

**Esto ha servido como base para el desarrollo tecnológico en las estructuras metálicas de automóviles, aviones, puentes, construcciones de torres de enfriamiento de plantas nucleares, la realización de estructuras ligeras, etc.**

La investigación que da lugar a esto es la información relacionada con el, las cuales se proporcionan a través de estudios básicos.

Considero que el trabajo que voy a desarrollar se basa en temas o áreas que son:

**La Biónica y la Arquitectura Orgánica.**

**La Nanotecnología y el Nano concreto.**

**Fibras de Carbono.**

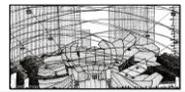
**Los Superconductores.**

**Diodos Emisores de luz Orgánica (OLED).**

El presente trabajo es el resultado de un proyecto académico realizado por un conjunto de profesores de la U.A.M-X preocupados por facilitar y optimizar la enseñanza de las estructuras y la construcción con el fin de obtener mejores resultados en el proceso de enseñanza aprendizaje, así como la utilización de nuevos métodos y herramientas tecnológicas tales como la utilización de las computadoras u ordenadores según el caso.

---

<sup>1</sup> Ingo Rechenberg(2006)



Esta necesidad, no solamente era para los alumnos interesados en el tema sino que pretendía extenderse a los profesores con el fin de formar una cultura tecnológica que balanceara lo ya conocido, y la forma de tratarse en el análisis, aplicación, investigación y la enseñanza.

El objetivo de esta investigación es proporcionar bases sólidas tecnológicas y científicas necesarias para que el interesado pueda incursionar en el área de desarrollo y también actualizar los conocimientos sobre el tema, pues la tecnología es la rama del saber que más rápidamente avanza en el mundo.

Formar una cultura tecnológica que se aboque a utilizar los conocimientos más avanzados sobre el campo y aprovechar el uso de disciplinas diversas.

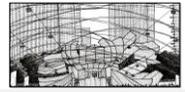
Esto se está llevando a cabo a través de exposiciones de los nuevos productos hechos con fibras de carbón.

Las conferencias dentro de la UAM se están realizando frecuentemente con el fin de interesar a la comunidad en estos momentos.

Los otros objetivos se podrán llevar a cabo paulatinamente conforme los recursos económicos, humanos y disponibilidad que se puedan obtener.

La hipótesis es la siguiente:

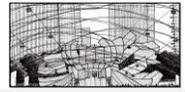
Con la creación de nuevas tecnologías, como la nanotecnología en donde los nanotubos de carbón y los fullerenes mejoran considerablemente las características más importantes de los materiales. La Fibra del carbón, los Superconductores, y los LEDS así como el Diseño Orgánico también mejoran los requisitos de diseño más sofisticados y por lo tanto su aplicación a las estructuras y la construcción deberán enseñarse en los planes de estudios de las Universidades y en forma particular en la UAM-X, estas serán más resistentes a los factores externos, tales como los terremotos y otros fenómenos de la naturaleza que puedan generar vibraciones y resonancias. Las construcciones también podrán ser diseñadas para ser inteligentes y se aplicarán al diseño arquitectónico.



## 1. Antecedentes Históricos.

La historia de la humanidad es un registro de técnicas, según revela la arqueología. Se ha dicho que el ser humano es un fabricante de instrumentos y no una criatura que se limita a servirse de ellos; esto lo distingue del resto de los primates más inteligentes. Durante muchos milenios 30,000 al 10,000 A.C. del paleolítico, o edad de piedra antigua, y durante el breve Neolítico, o edad de piedra nueva, el progreso debió de haber sido lento. No obstante, el hecho de que se fabricaran instrumentos supone la existencia de fábricas para la construcción de utensilios de piedra, y se alcanzaron grados de habilidad más altos con el tiempo, además de la probable existencia de un sistema de educación o aprendizaje. Es evidente, que el ámbito para nuevas invenciones debió de haberse visto limitado gravemente mientras la humanidad estuvo restringida al uso de piedra y madera, pues el hecho de tener mas recursos materiales se tendrá un mayor números de inventos, lo que constituye una experiencia universal.

El descubrimiento y explotación de metales, junto con la invención de símbolos numéricos, aritméticos y alfabéticos, en el año 4000 a.c. fue la innovación más importante de todas en la Antigüedad. El primer hallazgo fue el del cobre, seguido del invento de los métodos para endurecerlos, ampliando su gama de utilización al añadirle estaño, con el fin de fabricar el bronce y después mezclarlo con cinc para producir latón. Se descubrió también el oro, en el año 5000 a.c. un metal resistente a la corrosión, que se uso en la construcción de una máscara griega en el año 760 a.c. y se convirtió en la base de muchos tipos de moneda en el año 643 a.c.. Finalmente, le llegó su turno al hierro, un metal menos manejable. Los antiguos herreros descubrieron que, si martilleaban repetidamente, y recalentaban una y otra vez en fuego de carbón un trozo de mineral de hierro al rojo se obtenía un metal extremadamente duro y fuerte conocido como hierro forjado. Es evidente que desconocían los procesos químicos que intervenían en el proceso. También descubrirían que, variando con la debida pericia el calor y la cantidad de carbono no superando el 2.1% la aleación, podían obtener un tipo de hierro a la vez fuerte y ligero, era el acero. Estos metales, que podían emplearse con facilidad para fabricar una amplia gama de instrumentos hechos anteriormente de madera, piedra y barro, llevaron a la invención alrededor del año 1740 en el siglo XVIII, de clavos, tornillos, tuercas, pernos, conectores, etc. De modo que podríamos decir que la metalurgia, junto con las matemáticas aplicadas, fueron las primeras tecnologías auténticamente estratégicas que fecundaron y posibilitaron el avance en un enorme ámbito de técnicas. Es posible que estas últimas invenciones no derivaran necesariamente de las primeras técnicas de la sustitución de la madera, la piedra y el barro para la elaboración de utensilios.



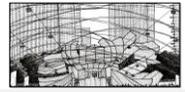
En otras palabras, la metalurgia hizo posibles instrumentos y herramientas completamente nuevas e inimaginables<sup>2</sup>.

La fundación de ciudades y la pericia creciente en el trabajo de los metales y el uso del cemento, que se usó desde la antigüedad; fue en el año de 1824 , cuando James Parker y Joseph Áspidin patentaron el Pórtland Cement , llamado así por el color gris verdoso oscuro. En el siglo XX surge el auge de la industria del cemento, debido a los experimentos de los químicos franceses Vicat y Le Chatelier y el alemán Michaelis que lograron un cemento de calidad homogénea; además de la invención del horno rotatorio para calcinación, el molino tubular y los métodos de transportar concretos frescos ideados por Juergen Heinrich Mageus que patenta entre 1903 y 1907. Esto señaló el progreso de la técnica que se extendió a todo el mundo.

El inicio de la electrónica del estado sólido, con la invención del transistor y dispositivos similares dieron lugar a un desarrollo científico y de innovaciones en diversas disciplinas, debido a la creación de computadoras mas poderosas, ligeras y con gran poder de procesamiento, de sofisticados equipos construidos para utilizarse en la medicina , en la industria y el comercio. Pero lo más importante, ha sido la investigación por ese camino para modificar a nivel molecular y atómico para modificar las propiedades de diferentes materiales y procesos, llevando a un mundo de dimensiones nanotecnológicas y más pequeñas, como las subatómicas en el futuro.

---

<sup>2</sup> Donald Cardwell, the Fontana History of Technology, Harper Collins Publisher Ltd, 1994.



## 2. La Biónica en la Tecnología Arquitectura e Ingeniería.

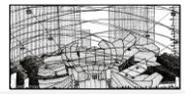
### 2.1. Definición de la Biónica.

La biónica o técnica de la naturaleza es la aplicación de analogías para el estudio y diseño de sistemas de Ingeniería y Arquitectura (Ingo Rechenberg, 2006). De un modo más específico es la técnica de creatividad que se liga a prototipos biológicos y así poder resolver u obtener ideas para los procesos de diseños tecnológicos que nos ayuden en la solución de problemas de Ingeniería y Arquitectura. Este método está motivado por el hecho de que el organismo biológico y sus órganos han sido bien optimizados por la evolución. La vida como el principio de la creación de las estructuras.

No hay una comparativa biológica, que pueda arrojar mucha luz sobre el inicio del desarrollo de la vida, pues todos los organismos existentes comparten rasgos y características, incluyendo la estructura celular y el código genético. Muchos científicos lo interpretan así, estableciendo que todos los organismos existentes comparten un ancestro común, los cuales desarrollaron el proceso celular más fundamental, pero no hay acuerdo científico sobre las relaciones de los tres dominios de la vida (Archea, Bacteria, Eucariota), que dan el sustento al origen de la vida. Los intentos por iluminar o aclarar el inicio de la vida se enfoca generalmente sobre el comportamiento de las macromoléculas, particularmente el RNA y el comportamiento de Sistemas Complejos.

La NASA, presentó el famoso experimento de Miller-Urey. En 1953, Stanley Miller y Harold Urey, sellaron los precursores químicos de la vida en un ambiente cerrado y sujetos a las condiciones del inicio de la tierra; los resultados del experimento comprobaron que eran los químicos necesarios para que surgiera la vida bajo estas circunstancias, sustentándose la teoría de la Abiogénesis.

Si bien el origen de la vida es incierto todavía, otras bases milenarias en la historia de la teoría de la evolución lo sustentan. El surgimiento de la oxigenación conocida como fotosíntesis hace 3 billones de años, y el surgimiento posterior de un oxígeno puro, sin reducir la atmósfera a través de la formación de depósitos de bandas de hierro y camas rojas de óxido de hierro. Esto fue un prerrequisito necesario para el desarrollo de la respiración celular aeróbica, suponiendo que surgió 2 billones de años atrás. En el último billón de años, simples plantas multicelulares y animales empiezan a aparecer en los océanos. Repentinamente después el surgimiento de los primeros animales conocida como explosión cámbrica, periodo inigualable y memorable, del cual se encontraron una gran diversidad de fósiles, en donde se vio la creación de grandes animales en el planeta, alrededor de 500 millones de años atrás, las plantas y hongos colonizaron la tierra y fueron seguidos por los artrópodos y otros animales llevándonos al desarrollo de los ecosistemas terrestres con los cuales estamos familiarizados.



## 2.2 Ejemplos Relevantes de la Biónica.

Incluyen a los cascos de los barcos imitando la delgada membrana de un delfín, y el radar y sonar así como la imagen médica de sonido ultrasónico imitando el eco, y sonido emitido por los murciélagos.

En el campo de las ciencias de la computación la biónica ha creado la cibernética, la neurona artificial, la red neuronal artificial.

La evolución computacional está motivada por la idea de la biónica, pero va todavía más allá tratando de simular la evolución con la utilización de la nanotecnología en depósitos de silicio, produciendo soluciones bien optimizadas que nunca hayan aparecido en la naturaleza.

La aplicación relevante de la computación, en la construcción arquitectónica se puede remontar en el Astrodromo de Houston, pues su automatización se fundamentaba en la aplicación de varias de ellas, pues este estadio hecho para el equipo de béisbol de la ciudad, podía convertirse en un inmueble de usos múltiples, como estadio de fútbol americano, soccer, rodeo, eventos musicales, etc.

El uso de la superconductividad, da la posibilidad de construir motores y generadores diminutos y de mucha gran potencia en relación con los tradicionales, la General Electric ha estimado una inversión de alrededor 50 billones de dólares para obtención de dichas metas, y su aplicación a la construcción de modernos edificios, este tipo de proyectos también The National Science Foundations con la NASA y otras instituciones consideran como importante la aplicación de la tecnología de los superconductores y están investigando la realización de computadoras petaflops, donde un petaflop corresponde a mil trillones de operaciones en punto flotante por segundo, esto se aplicaría a la parte de automatización de los modernos edificios considerados como inteligentes sofisticando sus funciones.

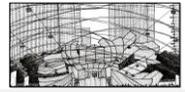
Una definición, quizás menos común pero más reciente del término biónica es la que se refiere a la fusión entre organismo y maquina.

Este método da como resultado, un sistema híbrido combinando partes biológicas y partes tecnológicas lo cual puede ser referido como un organismo cibernético conocidos como cyborg.

Se pueden considerar la biónica médica tales como implantes, prótesis y algunos dispositivos de la medicina.

Frecuentemente la biónica enfatiza la imitación de una estructura biológica en lugar de una mera construcción de la misma función.

En ciencias de la computación, la cibernética liga las estructuras orgánicas actuales que generan la inteligencia, mientras que la inteligencia artificial



enlaza el modelo de la función de inteligencia sin hacer caso del modo particular en el que se puede llevar a cabo.

La biónica tiene una fuerte relación entre la evolución tecnológica, la nanotecnología y los superconductores, pues ha servido de modelo y base en la creación y desarrollo de estas nuevas disciplinas.

Es necesario un fuerte entrenamiento o capacitación en los educadores actuales, en las áreas tecnológicas ligadas a los temas anteriores, en la Arquitectura e Ingeniería para subsanar el estado de la enseñanza en la actualidad a través de las nuevas tecnologías de la información aplicadas a la creación del conocimiento.

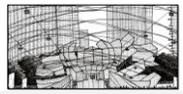
La falta de conocimiento biológico a los arquitectos e ingenieros ha hecho que la Tecnología y la Naturaleza sean contrastantes.

La biónica ofrece las condiciones para un entrenamiento básico para los tecnólogos.

### **2.3 Aplicación de la Construcción Orgánica en el Diseño y la Construcción.**

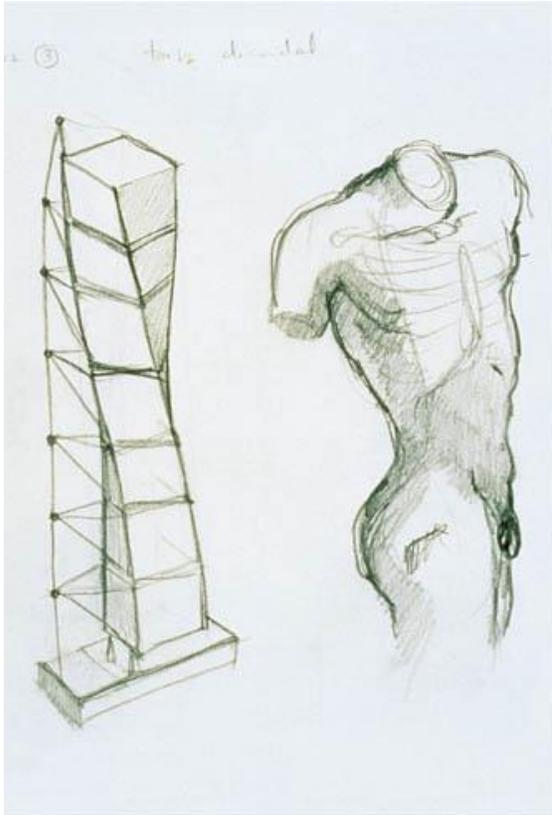
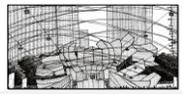
Un ejemplo en la construcción arquitectónica es el inmueble animado, la nueva obra de Santiago Calatrava, el Turning Torso o Torso Rotando, que el ingeniero, artista y arquitecto valenciano basado en una de sus esculturas, la cual se inspira en cierto modo en la forma humana en movimiento, un sueño de los constructores renacentistas convertido por fin en realidad. Tanto los esqueletos de aves y mamíferos, así como las nervaduras, los pilares y las agujas de los templos góticos, son evocados al contemplar sus obras. Aunque los materiales como el concreto, el acero y el cristal, la altura del edificio y la audacia de su trazo, regresan la mirada a las formas que depara el futuro. Calatrava dice que alguien que no entienda anatomía difícilmente será un buen arquitecto.

Santiago Calatrava ha recibido el galardón de oro, que otorga el Instituto de Arquitectos Americano (A.I.A), por su influencia duradera en la teoría y la practica de la arquitectura.

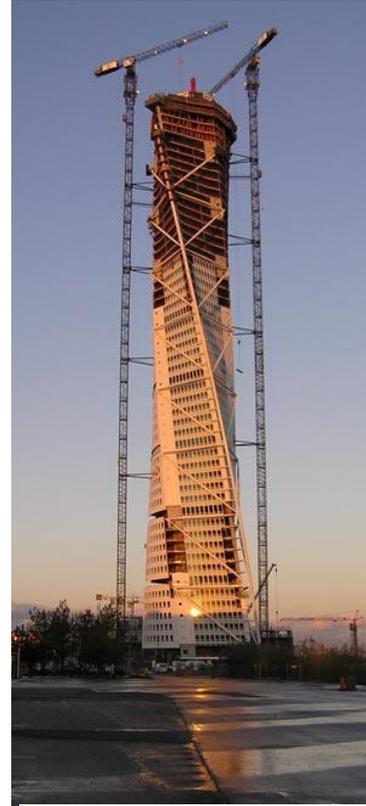


**Turning Torso**, Santiago Calatrava  
Fuente: Internet

[http://en.wikipedia.org/wiki/Santiago\\_Calatrava](http://en.wikipedia.org/wiki/Santiago_Calatrava)



Concepción del Turning Torso, partiendo del cuerpo humano

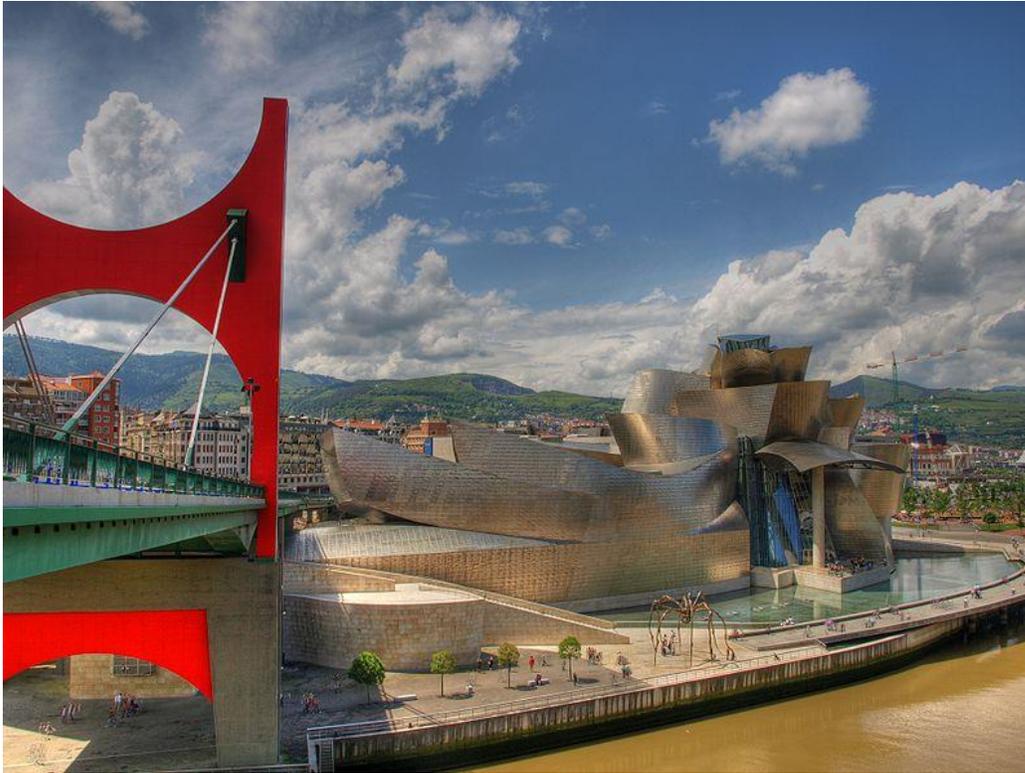
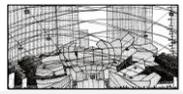


Estructura etapa de construcción, Turning Torso

[http://en.wikipedia.org/wiki/Santiago\\_Calatrava](http://en.wikipedia.org/wiki/Santiago_Calatrava)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Santiago\\_Calatrava](http://en.wikipedia.org/wiki/Santiago_Calatrava)

Situándolo al lado de los grandes maestros como Frank Lloyd Wright, Louis Sullivan, Le Corbusier, Louis Kahn, Toyo Ito con su mediática de Sendai entre otros,

Frank Gehry construye el Museo Guggenheim de Bilbao España, como uno de los edificios más espectaculares del Deconstructivismo. De contornos orgánicos, Un pez que trata de parecerse a un barco en donde sus paneles brillantes de titanio, que recuerdan las escamas y se reflejan en el río.

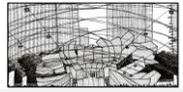


Museo Guggenheim de Bilbao España, Frank Gehry

[http://es.wikipedia.org/wiki/Museo\\_Guggenheim\\_Bilbao](http://es.wikipedia.org/wiki/Museo_Guggenheim_Bilbao)

**El modelo espiral es el modelo adecuado para recorrer sistemáticamente un terreno o un espacio y fue el modelo utilizado por F.L. Wright para el diseño del Museo Guggenheim en Nueva York.**

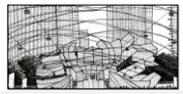
Es también un modelo útil para compactar un recorrido lineal largo en el menor espacio posible; las escaleras en espiral y en realidad una helicoide ocupa un espacio mucho menor que las escaleras convencionales, con la ventaja adicional de que el trayecto se realiza con un paso constante que minimiza la energía total utilizada.



Museo Salomón R. Guggenheim en N.Y City (1959)  
El interior por Frank Lloyd Wright.

### **Otra de las Construcciones Orgánicas es el sitio Arqueológico de Teotihuacán**

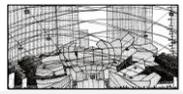
conocida como la ciudad de los dioses por sus inmensas dimensiones y esculturas de animales que se encontraban agrupadas en el pasamanos de las escaleras situadas en forma vertical y horizontal en forma equidistante como si fueran los apoyos en los barandales de las escaleras, con la peculiaridad de perfección y simetría de las mismas, además de una especie de dragón grabado en las paredes y de animales marinos como el caracol y otras raras figuras en la Pirámide llamada de Quetzalcóatl, estas esculturas de animales tienen agujeros en los ojos y boca y se dice que eran ocupados por joyas preciosas como el rubí y esmeraldas.



Esculturas de Animales ubicados en los barandales de las Escaleras en forma ordenada En Teotihuacán, México.



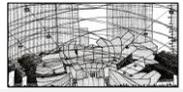
Escultura de Animal con un Gueso Cuello poco Común. En Teotihuacán, México.



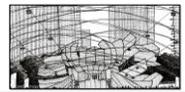
**Esculturas de Animales ubicados en los Muros al lado de los barandales de las Escaleras en forma ordenada y de animales desconocidos. En Teotihuacán, México.**



**Escultura de la Cabeza de un Animal con Enormes dientes y Dimensiones y con una Espiral en la parte lateral como si fuera el Oído. En Teotihuacán, México**



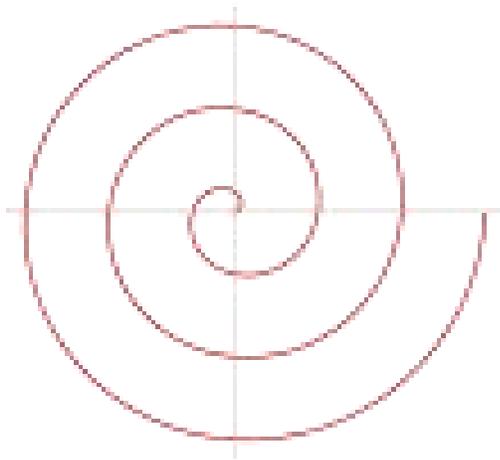
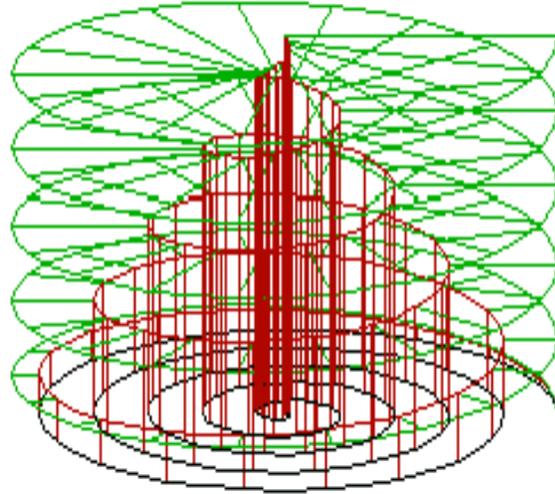
Otra vista de la Escultura anterior mostrando un enorme hueco entre sus dientes.  
En Teotihuacán, México.



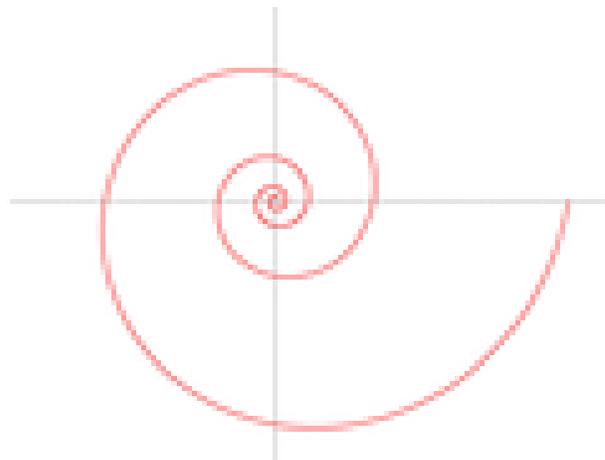
## 2.4. Espiral de Arquímedes y Logarítmica.

Imagen de una espiral arquimediana, junto con una hélice cónica (interna) y una hélice cilíndrica (externa). En el caso de la hélice cónica, ésta puede entenderse como una espiral tridimensional

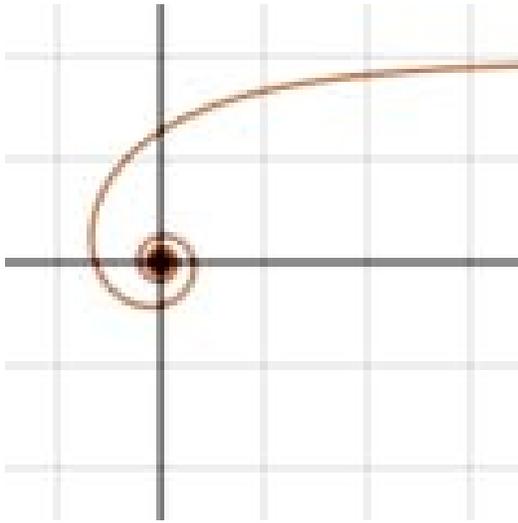
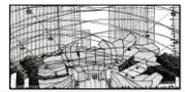
<http://es.wikipedia.org/wiki/Espiral>



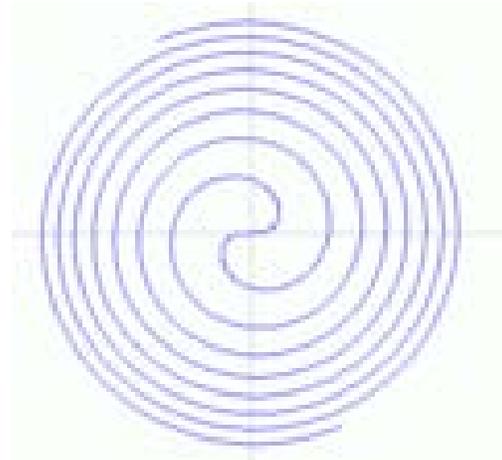
Espiral de Arquímedes



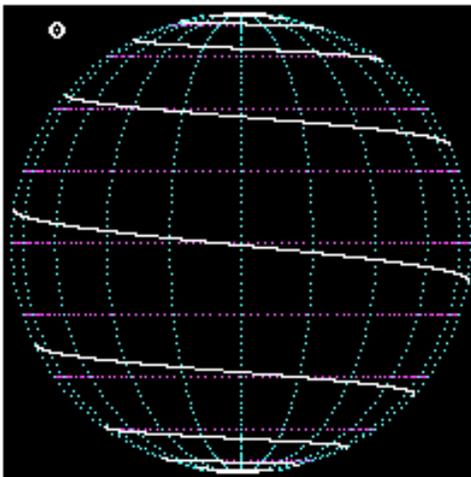
Espiral Logarítmica



Espiral de Fermat

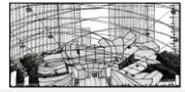


Espiral Hiperbólica



La hélice esférica o espiral esférica de infinitas revoluciones

La sucesión de Fibonacci, y el número de Oro aparecen en numerosas aplicaciones de diferentes áreas y en especial en Construcciones antiguas como el Partenón, la pirámide de Ghiza y la pirámide del Sol en Teotihuacán, entre otras. En las construcciones modernas, también se ha usado; en especial en los trabajos de Le Corbusier y los seguidores de la Arquitectura Orgánica.



Ecuación de Fibonacci.

$$y_{n+2} := y_{n+1} + y_n$$

$$y_0 := 1 \quad y_1 := 1$$

Aplicando transformada Z tenemos la solución de la ecuación de diferencia que representa una gran cantidad de sistemas orgánicos e inorgánicos, y también la presentación de sistemas digitales:

$$\frac{z}{z^2 - z - 1} \text{ invztransz} \rightarrow \frac{1}{5} \cdot \frac{[2^n \cdot (\sqrt{5} + 1)^n \cdot \sqrt{5} - (-2)^n \cdot (\sqrt{5} - 1)^n \cdot \sqrt{5}]}{(\sqrt{5} - 1)^n \cdot (\sqrt{5} + 1)^n}$$

$$\frac{z}{z^2 - z - 1} \text{ series, z} \rightarrow -z + z^2 - 2 \cdot z^3 + 3 \cdot z^4 - 5 \cdot z^5$$

Los números de Fibonacci, tienen la función Generadora o Generatriz dada por:

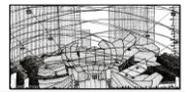
$$F(z) := \frac{z}{1 - z - z^2}$$

$$\frac{z}{1 - z - z^2} \text{ series, z} \rightarrow$$

$$\frac{z}{1 - z - z^2} := 0 \cdot z^0 + 1 \cdot z^1 + 1 \cdot z^2 + 2 \cdot z^3 + 3 \cdot z^4 + 5 \cdot z^5 + 8 \cdot z^6 + 13 \cdot z^7 + 21 \cdot z^8 + 34 \cdot z^9 + \dots$$

$$\alpha \geq 0$$

$$r(\alpha) := 2 \cdot \alpha$$



$$\alpha := 0, \frac{\pi}{180} \dots 9 \cdot \pi$$

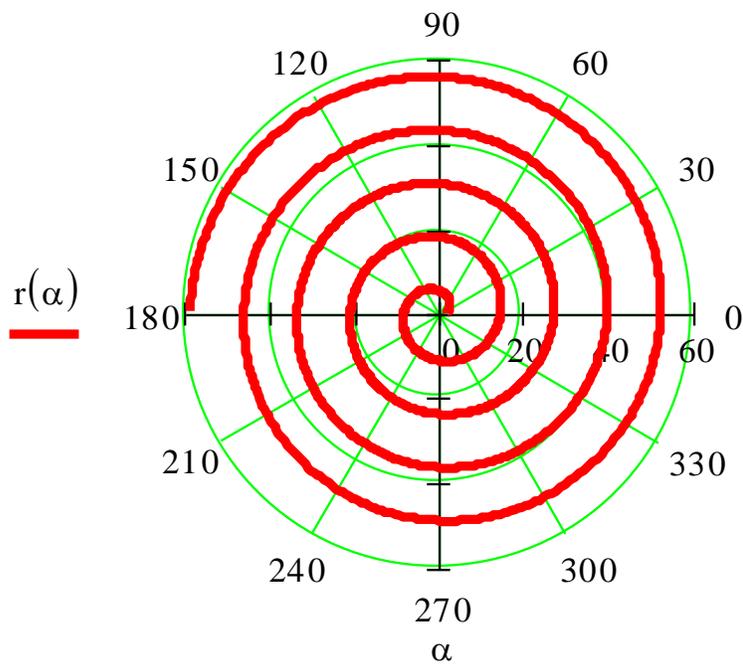
$\alpha =$

0
0.017
0.035
0.052
0.07
0.087
0.105
0.122
0.14
0.157
0.175
0.192
0.209

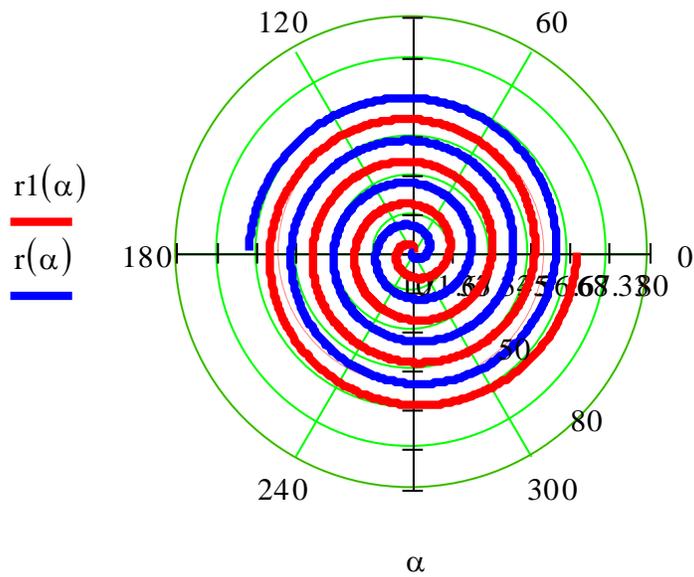
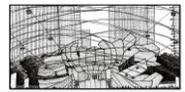
$r(\alpha) =$

0
0.035
0.07
0.105
0.14
0.175
0.209
0.244
0.279
0.314
0.349
0.384
0.419
0.454
0.489
0.524

$$r(\alpha) := 2 \cdot \alpha + 2$$

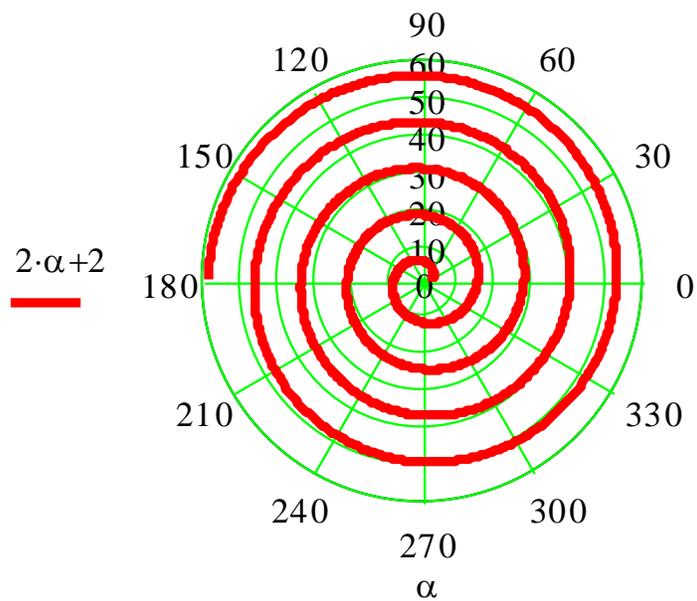


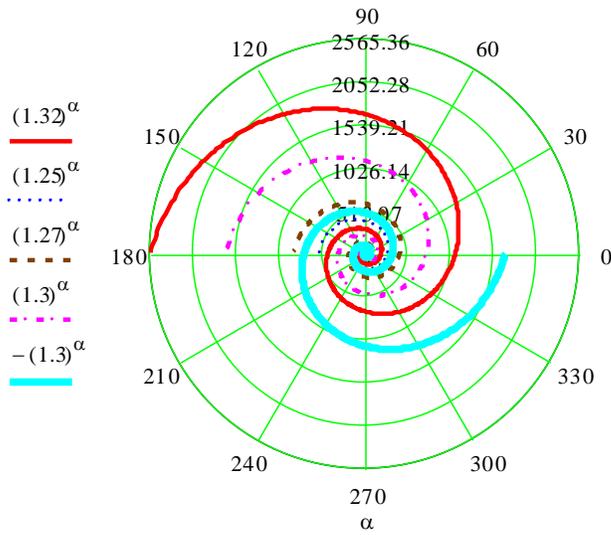
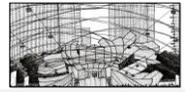
$$r1(\alpha) := -2 \cdot \alpha - 2$$



$$\alpha \geq 0$$

$$\alpha := 0, \frac{\pi}{180} \dots 9 \cdot \pi$$

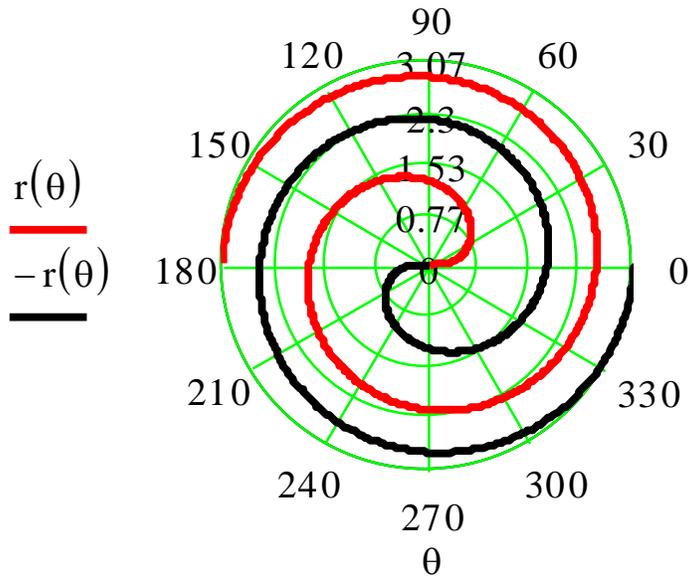


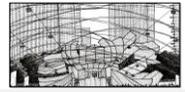


$$\theta := 0, \frac{\pi}{180} \dots 3 \cdot \pi$$

$$r(\theta) =$$

$$r(\theta) := \theta^{\frac{1}{2}}$$





Espiral Logarítmica aurea.

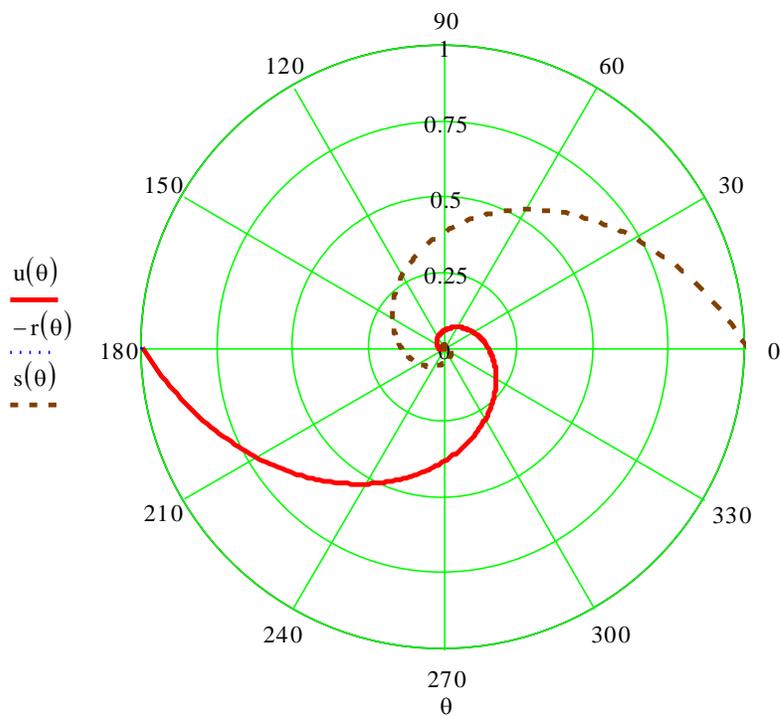
$$\theta := 0, \frac{\pi}{180} \dots 30 \cdot \pi$$

$$r(\theta) := e^{0.618\theta}$$

$$u(\theta) := -e^{-0.618\theta}$$

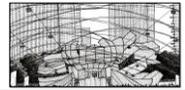
$$y(\theta) := e^{-0.618\theta}$$

$$s(\theta) := e^{-0.618\theta}$$



$$\theta := 0, \frac{\pi}{180} \dots 30 \cdot \pi$$

$$r(\theta) := e^{0.618\theta}$$



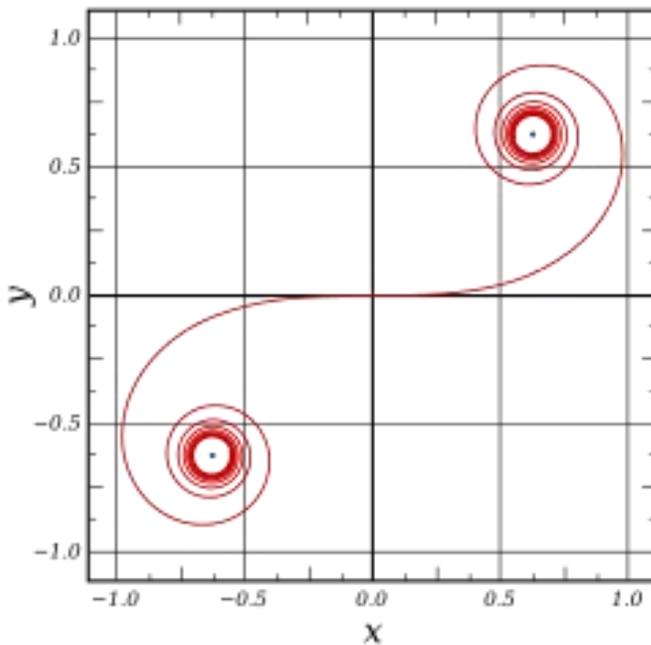
## Clotoide.

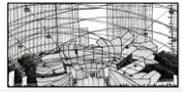
También denominada radio de arcos o espiral de Cornú en honor de Marie Alfred Cornú, es una curva tangente al eje de las abscisas en el origen y cuyo radio de curvatura disminuye inversamente proporcional a la distancia recorrida sobre ella de tal manera que en el punto origen de la curva el radio es infinito. (Ver anexo C).

## Aplicaciones

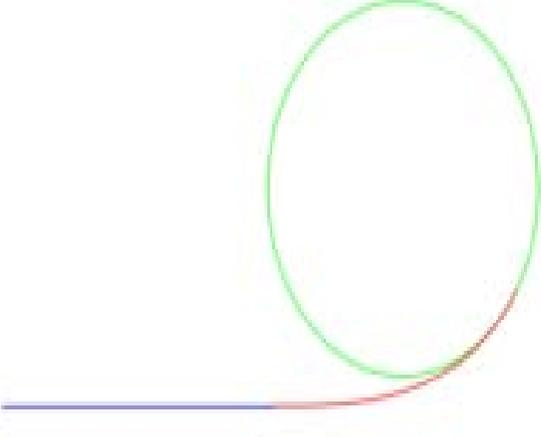
La espiral de Cornu tiene la propiedad de que su curvatura es proporcional a la distancia a lo largo de la curva medida desde el origen. Ésta propiedad hace que sea útil como curva de transición en el trazado de autopistas y ferrocarriles, pues un vehículo que siga dicha curva a velocidad constante tendrá una aceleración angular constante así que esta curva se utiliza para acuerdos planímetros en carreteras y ferroviarios con el fin de evitar discontinuidades en la aceleración centrípeta de los vehículos. La curva de transición que resulta tiene radio infinito en el punto tangente a la parte a la parte recta del trazado, y radio R en el punto de tangencia con la curva circular uniforme y el tipo de curva mas usual en carreteras es Tramo recto clotoide circular clotoide tramo recto, y de igual manera esta espiral son usadas comúnmente en el diseño de las vueltas completas de las montañas rusas.

## Clotoide





**Espiral de Cornu o coloide o clotoide**  $(x,y)=(C(t), S(t))$ . La espiral converge al centro de los dos remolinos extremos de la imagen, a medida que  $t$  tiende a más infinito y menos infinito.



La curva que une la recta y la circunferencia es la clotoide. Se caracteriza por variar su curvatura desde la recta (curvatura = 0) hasta la de la circunferencia con curvatura dada.

La **clotoide**, también denominada **radioide de arcos** o **espiral de Cornú** en honor de [Marie Alfred Cornu](#), es una curva tangente al eje de las abscisas en el origen y cuyo radio de curvatura disminuye de manera inversamente proporcional a la distancia recorrida sobre ella. Es por ello que en el punto origen de la curva, el radio es infinito.

La expresión matemática usual es:

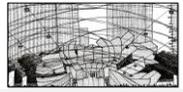
$$\rho \cdot s = C^2$$

Siendo

$\rho$  el radio de curvatura

$s$  el desarrollo o arco

$C$  la constante de la espiral

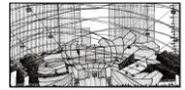


## Parametrización

La **espiral de Cornu**, también conocida como **clotoide**, es la curva cuyas ecuaciones paramétricas vienen dadas por  $S(t)$  y  $C(t)$ . Puesto que:

$$C'(t)^2 + S'(t)^2 = \sin^2(t^2) + \cos^2(t^2) = 1$$

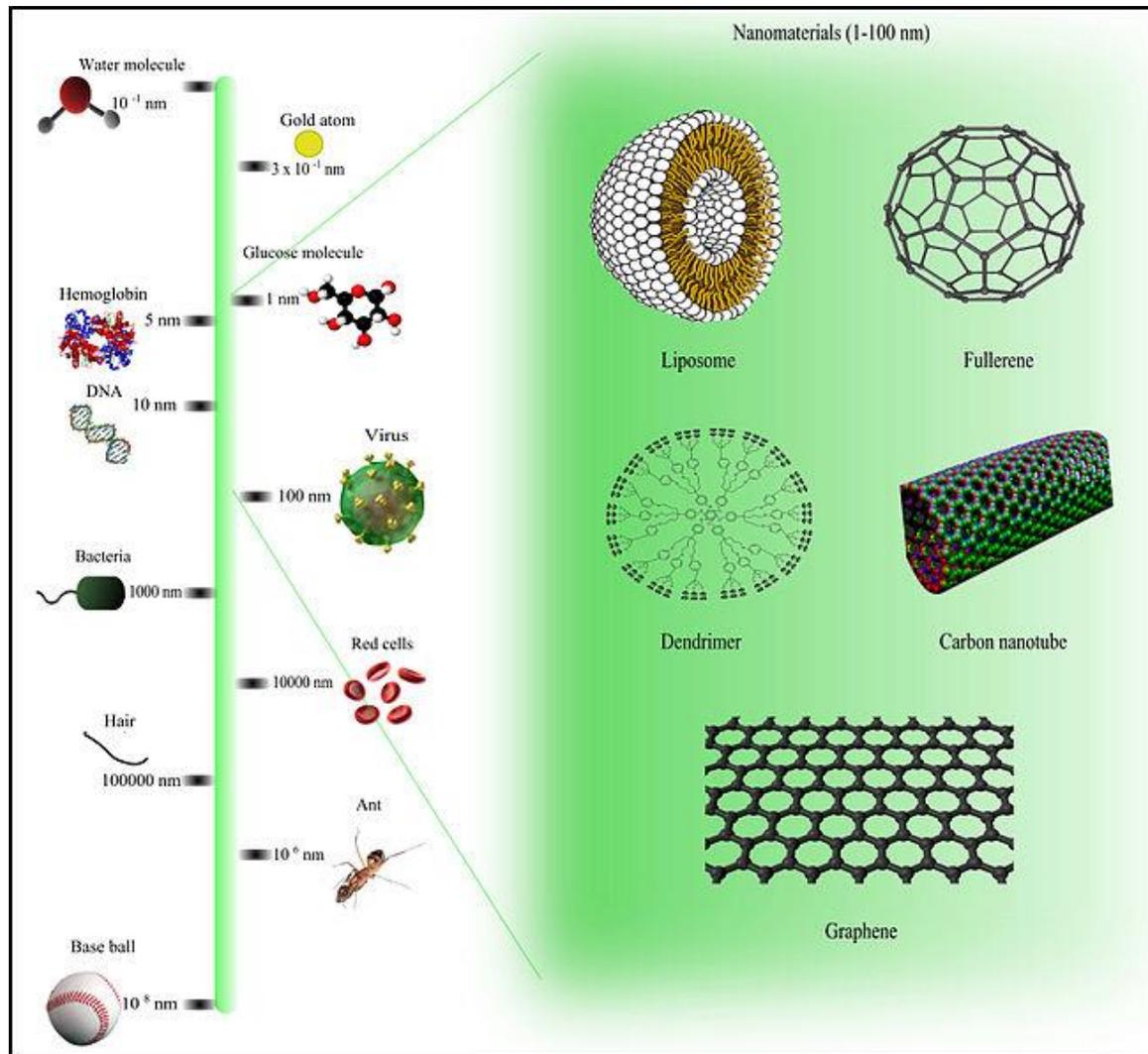
en esta parametrización el vector tangente tiene longitud unidad y  $t$  es la longitud de arco medida a partir de  $(0,0)$  (e incluyendo signo), de lo que se deduce que la curva tiene longitud infinita.



### 3.- Nanotecnología y Nanoconcreto.

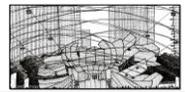
#### 3.1.-Definición de Nanotecnología.

La palabra "nanotecnología" es usada extensivamente para definir las ciencias y técnicas que se aplican al un nivel de nanoescala, esto es unas medidas extremadamente pequeñas, "nanos", que permiten trabajar y manipular las estructuras moleculares y sus átomos. En síntesis nos llevaría a la posibilidad de fabricar materiales y máquinas a partir del reordenamiento de átomos y moléculas. El desarrollo de esta disciplina se produce a partir de las propuestas de Richard Feynman en el año 1959 (Breve cronología - historia de la nanotecnología).



Comparación de los tamaños de los nanomateriales con las de otros materiales comunes. Las cifras fueron extraídas utilizando GNU Image Manipulation Program (GIMP) Inkscape y. Todas las imágenes en esta figura se obtuvieron de Wikimedia Commons.

Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Comparision\\_of\\_nanomaterials\\_sizes.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Comparision_of_nanomaterials_sizes.jpg)



Nos interesa, más que su concepto, lo que representa potencialmente dentro del conjunto de investigaciones y aplicaciones actuales cuyo propósito es crear nuevas estructuras y productos que tendrían un gran impacto en la industria, la medicina (nanomedicina), etc.

Estas nuevas estructuras con precisión atómica, tales como nanotubos de carbón, o pequeños instrumentos para el interior del cuerpo humano pueden introducirnos en una nueva era, tal como señala Charles Vest (MIT, ex-presidente). Los avances nanotecnológicos protagonizarían de esta forma la sociedad del conocimiento con multitud de desarrollos con una gran repercusión en su instrumentación empresarial y social.

La nanociencia está unida en gran medida desde la década de los 80 con Drexler y sus aportaciones a la "nanotecnología molecular", esto es, la construcción de nanomáquinas hechas de átomos y que son capaces de construir ellas mismas otros componentes moleculares. Desde entonces Eric Drexler, se le considera uno de los mayores visionarios sobre este tema. Ya en 1986, en su libro "Engines of creation" introdujo las promesas y peligros de la manipulación molecular. Actualmente preside el Foresight Institute.

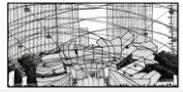
El padre de la "nanociencia", es considerado Richard Feynman, premio Nóbel de Física, quién en 1959 propuso fabricar productos en base a un reordenamiento de átomos y moléculas. En 1959, el gran físico escribió un artículo que analizaba cómo los ordenadores, trabajando con átomos individuales podrían consumir poquísima energía y conseguir velocidades asombrosas.

Existe un gran consenso en que la nanotecnología nos llevará a una segunda revolución industrial en el siglo XXI tal como anunció hace unos años, Charles Vest.

Supondrá numerosos avances para muchas industrias y nuevos materiales con propiedades extraordinarias (desarrollar materiales más fuertes que el acero pero con solamente diez por ciento el peso), nuevas aplicaciones informáticas con componentes increíblemente más rápidos o sensores moleculares capaces de detectar y destruir células cancerígenas en las partes más delicadas del cuerpo humano como el cerebro, entre otras muchas aplicaciones.

Podemos decir que muchos progresos de la nanociencia estarán entre los grandes avances tecnológicos.

A continuación expondremos un esquema que presenta los campos y subcampos relacionados con la Nanotecnología, principalmente en cosmética, la nanomedicina y los nanomateriales.



## **Nanotecnología.**

Nanomateriales.

- a) Nanotubos de carbón
- b) Nanopartículas
- c) Fullerenes

Nanomedicina.

Nanotoxicología.

Nanosensores

Auto ensamblaje Molecular.

Auto ensamblaje Monocapas

Ensamblaje Supramolecular.

Nanotecnología DNA.

Nanoelectrónica.

Electrónica Molecular

Nanocircuitería

Nanolitografía.

Nanoiónica

Exploración con Sonda Microscópica.

Microscopio de Fuerza Atómica.

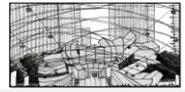
Microscopio de exploración Túnel.

Nanotecnología Molecular.

Ensamblaje Molecular.

Nanorobótica

Síntesis Mecánica.



## 3.2 Aplicaciones en la Construcción, la Enseñanza y la Investigación.

### Nanocemento.

Nos vamos a enfocar la aplicación de la nanotecnología en el concreto que como material estructural<sup>3</sup>, con mucha frecuencia se selecciona para la construcción de edificios, puentes, carreteras, etc.

En principio se puede mostrar como la nanotecnología y su aplicación, ha conducido a la investigación de algunas de las propiedades dinámicas del concreto, y posteriormente se podrán exponer algunas de las necesidades de una mayor investigación en la tecnología del concreto.

Los requisitos ambientales incluyen el control de la temperatura, la humedad, la limpieza del aire, la eliminación de riesgos biológicos, los límites en los campos electromagnéticos, el acondicionamiento especial para la energía eléctrica, además del control de la vibración y el ruido.

Debido a que la mayoría de estos aspectos de diseño han evolucionado, muy pocos edificios en la actualidad pueden satisfacer las demandas y como consecuencia se necesita de una nueva construcción.

La necesidad de ambientes de muy baja vibración para las instalaciones de nanotecnología va en aumento, pero la creación de estos espacios está bajo la esfera de acción de un subgrupo muy especializado en la dinámica estructural.

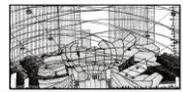
Podemos hacer una comparación a los productos naturales, tales como el DNA, ATP, Red de Microtubos, cabello humano, acaro de polvo y la hormiga, lo cual es un progreso en la miniaturización a nivel atómico.

La necesidad de ambientes de muy baja vibración para las instalaciones de nanotecnología va en aumento y la creación de nuevos materiales para la construcción emergen en forma espontánea, tales como las fibras de carbono en los diseños del arquitecto Peter Testa de las cuales ya hemos platicado.

### 3.2.1 Dinámica de Vibración e Impacto.

En las construcciones modernas de edificios, puentes, trenes, carreteras, automóviles, etc.; se presentan problemas que requieran el análisis de esfuerzos producidos por causas dinámicas. Esto se puede visualizar en forma muy clara en la construcción de puentes, en donde las cargas se desplazan a través de su claro en forma pulsante y con intensidad variable, lo cual se transmite a la

<sup>3</sup> Hal Amick y Paulo J.M. Monteiro., 2004, Instalaciones para Nanotecnología.



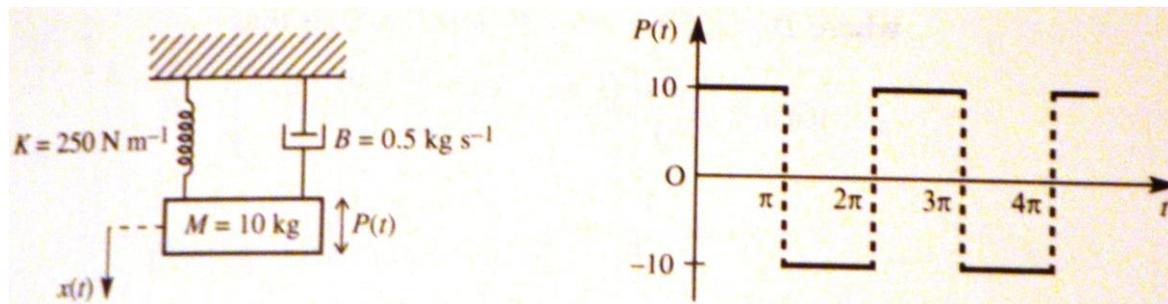
estructura propia del puente y consecuentemente a los cimientos, este mismo fenómeno se presenta en los edificios cuando están expuestos a fuerzas variables y pulsantes generadas por sismos, fuertes vientos y otros fenómenos naturales imprevistos que se presenten sobre el cuerpo y los cimientos del inmueble.

Para estos casos, es necesario utilizar la Teoría de las Vibraciones, la cual favorece las proporciones del diseño, removiendo las condiciones críticas de resonancia, donde las fuertes vibraciones pueden fracturar o destruir las construcciones. El problema se puede tratar y reducir a la solución de sistemas de ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes.

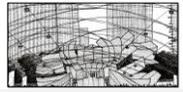
Las vibraciones laterales de las vigas son importantes en las aplicaciones prácticas cuando los modos altos de vibración son considerables.

Hay una diferencia significativa entre la respuesta en estado estacionario a una entrada periódica no sinusoidal de frecuencia  $\omega$  y la respuesta estacionaria a una senoide pura de la misma frecuencia, para esta última condición la respuesta será una senoide de la misma frecuencia, y para el caso de la entrada a una señal periódica en una frecuencia fundamental  $\omega$  la respuesta está muy alejada de este valor, y en su lugar está compuesta de una suma infinita de senoides teniendo frecuencias  $n\omega$  que son múltiplos enteros de la frecuencia de entrada  $\omega$ . Esto tiene importantes implicaciones prácticas, particularmente cuando consideremos las respuestas de los sistemas oscilatorios o vibratorios. Si la frecuencia  $n\omega$  de una de las armónicas es cercana a la frecuencia natural oscilatoria de un sistema subamortiguado, entonces el fenómeno de la resonancia surgirá. Para aquellos no familiarizados con la teoría, podrán sorprenderse que un resultado pueda resonar a una frecuencia mucho mayor que la de entrada en un sistema.  $\square$

Un ejemplo relevante es un sistema Masa Resorte Amortiguador el cual está inicialmente en reposo y en equilibrio. Determinaremos la respuesta en estado estacionario del sistema cuando la masa está sujeta a una fuerza periódica aplicada externamente  $P(t)$  la cual tiene la forma de una onda cuadrada como se muestra en la figuras adyacentes.



De la ley de Newton, el desplazamiento de  $x(t)$  de la masa en el tiempo  $t$  está dada por



$$M \cdot \frac{d^2}{dt^2} x(t) + B \cdot \frac{d}{dt} x(t) + K \cdot x(t) := P(t)$$

Así pues, la solución de la ecuación diferencial que representa al sistema utilizando transformada de Laplace será:

$$H(s) := \frac{1}{M \cdot s^2 + B \cdot s + K}$$

El desarrollo en series de Fourier para la onda cuadrada P(t) es.

$$P(t) := \frac{40}{\pi} \left[ \sin(t) + \frac{\sin(3 \cdot t)}{3} + \frac{\sin(5 \cdot t)}{5} + \dots + \frac{\sin(2 \cdot n - 1) \cdot t}{(2 \cdot n - 1)} \right] \quad n := 0, 1 \dots 20$$

Esto es.

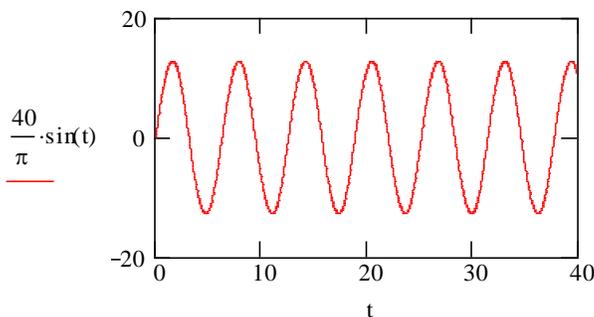
$$P(t) := u_1(t) + u_2(t) + u_3(t) + \dots + u_n(t) + \dots$$

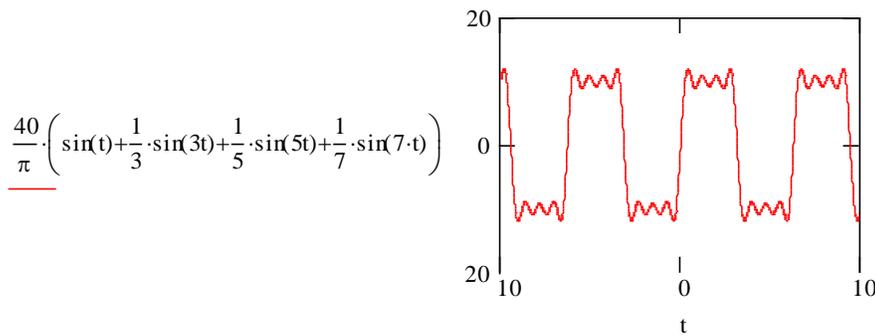
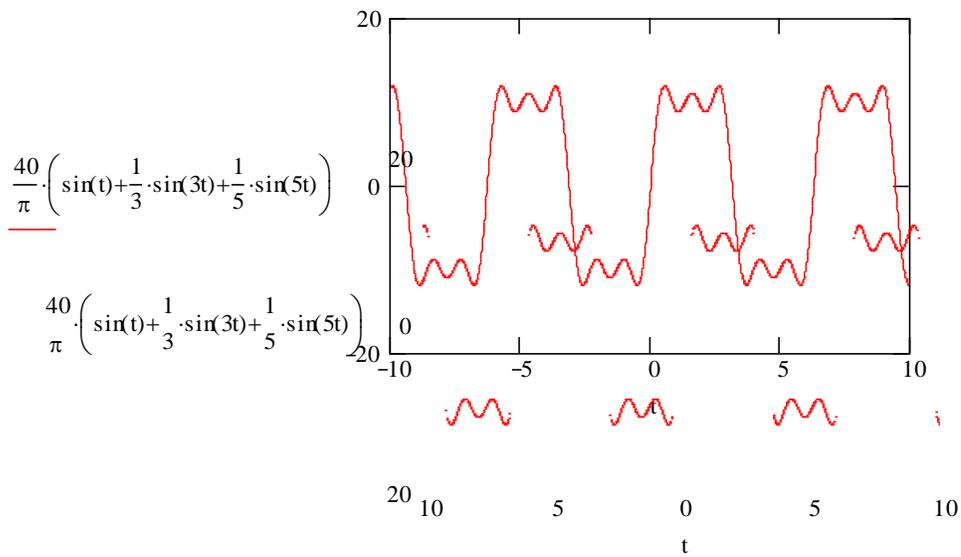
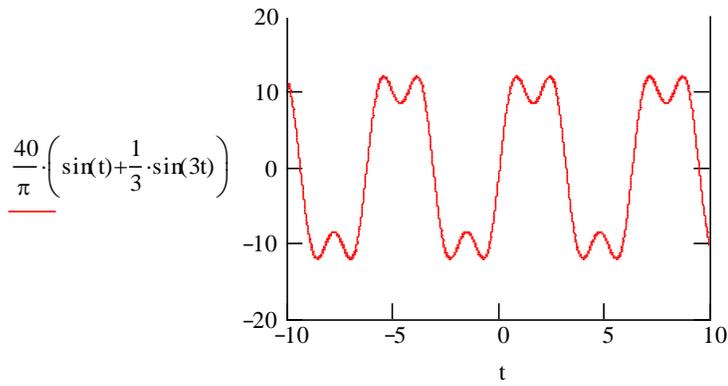
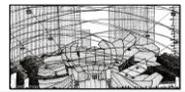
Donde 
$$u_n(t) := \frac{40 \cdot \sin(2 \cdot n - 1) \cdot t}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)}$$

$$R(s) := \frac{40}{\pi} \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{1 + e^{-\pi \cdot s}}$$

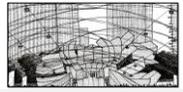
$$U(s) := \frac{10}{s} \cdot e^{\frac{\pi}{2} \cdot s} \cdot \operatorname{csch}\left(\frac{\pi}{2} \cdot s\right)$$

$$F(s) := \frac{20}{s} \cdot \tanh\left(\frac{\pi}{2} \cdot s\right)$$





Sustituyendo los valores dados para  $M$ ,  $B$  y  $K$ , la función de transferencia será:



$$H(s) := \frac{1}{10 \cdot s^2 + 0.5 \cdot s + 250}$$

$$\frac{1}{10 \cdot s^2 + 0.5 \cdot s + 250} \text{ invlaplace} \rightarrow 2.000025000468759765810^{-2} \cdot \exp(-2.50000000000000000000010^{-2} \cdot t) \cdot \sin(4.9999374996093701170t)$$

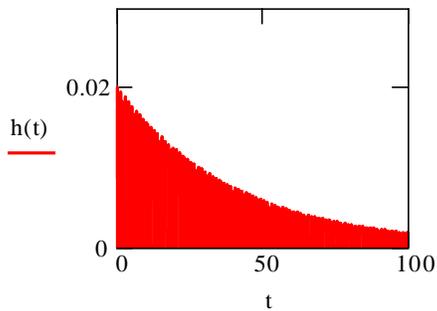
$$h(t) := 2.000025000468759765810^{-2} \cdot \exp(-2.50000000000000000000010^{-2} \cdot t) \cdot \sin(4.9999374996093701170t)$$

La respuesta en frecuencia de Laplace e

$$R(s) := \frac{1}{10 \cdot s^2 + 0.5 \cdot s + 250} \cdot \frac{40}{\pi} \cdot \frac{1}{s(1 + e^{-\pi \cdot s})}$$

$$R(s) := \frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{s \cdot (1 + e^{-\pi \cdot s}) \cdot (s^2 + 0.05s + 25)}$$

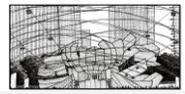
t := 0, 0.01..100



Haciendo la sustitución

$$s := i \cdot \omega$$

Pasamos de Laplace a Fourier y tenemos:



$$H(j\omega) := \frac{1}{-10 \cdot \omega^2 + 0.5 \cdot i\omega + 250}$$

$$H(j\omega) := \frac{250 - 10 \cdot \omega^2}{D} - i \cdot \frac{0.5\omega}{D}$$

Donde  $D := (250 - 10 \cdot \omega^2)^2 + 0.25 \cdot \omega^2$

Así que:

$$|H(1i\omega)| := \sqrt{\frac{(250 - 10 \cdot \omega^2)^2 + 0.25 \cdot \omega^2}{D^2}}$$

$$|H(1i\omega)| := \frac{1}{\sqrt{D}}$$

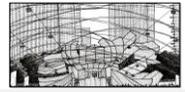
$$|H(1i\omega)| := \frac{1}{\sqrt{(250 - 10 \cdot \omega^2)^2 + 0.25 \cdot \omega^2}}$$

La respuesta en frecuencia para una entrada periódica no sinusoidal en un sistema lineal y estable, emplea un desarrollo en series de Fourier para obtener la respuesta en estado estacionario.

La función de transferencia esta representada por:

$$x_{ss}(t) := A \cdot |H(1i\omega)| \cdot \sin(\omega \cdot t + \arg \cdot H(1i\omega))$$

La respuesta en estado estacionario del sistema a la nth armónica



$u_n(t)$  Está dada por:

$$x_{SSn}(t) := \frac{40}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \cdot |H[i((2 \cdot n - 1))]| \cdot \sin[(2 \cdot n - 1) \cdot t + \arg H[i((2 \cdot n - 1))]]$$

La respuesta en estado estacionario del sistema a una entrada de onda cuadrada está determinada por la suma de las respuestas en estado estacionario de todas las armónicas individuales. Esto es:

$$x_{SS}(t) := \sum_{n=1}^{\infty} x_{SSn}(t)$$

Evaluando los primeros 4 términos de la expresión anterior, nosotros tenemos:

$$x_{SS1}(t) := \frac{40}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{[(250 - 10)^2 + 0.25]}} \cdot \sin \left[ t - \tan^{-1} \left( \frac{0.5}{240} \right) \right]$$

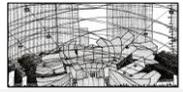
$$x_{SS1}(t) := 0.053 \cdot \sin(t - 0.002083)$$

$$x_{SS2}(t) := \frac{40}{3\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{(250 - 90)^2 + 2.25}} \cdot \sin \left[ 3 \cdot t - \tan^{-1} \left( \frac{1.5}{160} \right) \right]$$

$$x_{SS2}(t) := 0.027 \cdot \sin(3 \cdot t - 0.009375)$$

$$x_{SS3}(t) := \frac{40}{5\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{(6.25)}} \cdot \sin \left[ 5 \cdot t - \tan^{-1} \left( \frac{2.5}{0} \right) \right]$$

$$x_{SS3}(t) := 1.02 \cdot \sin \left( 5 \cdot t - \frac{\pi}{2} \right)$$



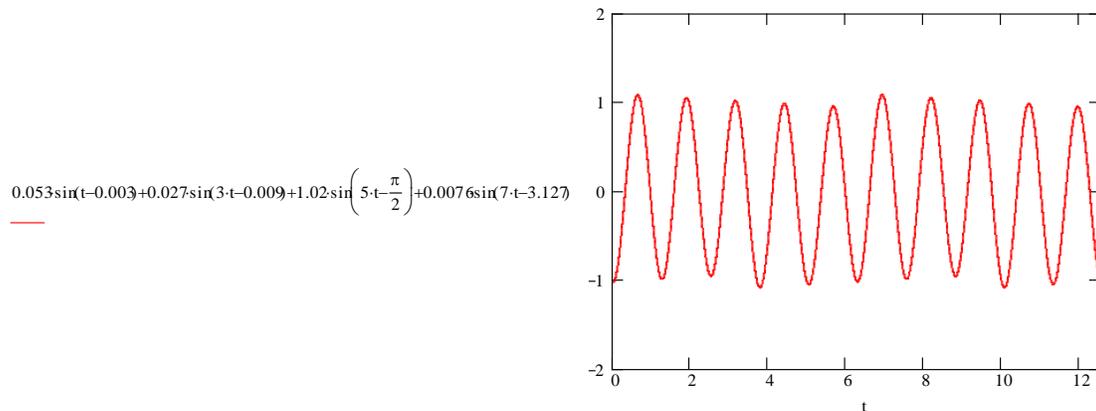
$$x_{ss4}(t) := \frac{40}{7 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{(250 - 490)^2 + 12.25}} \cdot \sin \left[ 7 \cdot t - \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{-240} \right) \right]$$

$$x_{ss4}(t) := 0.0076 \cdot \sin(7 \cdot t - 3.127)$$

$$t := 0, 01 .. 4 \cdot \pi$$

$$x_{ss}(t) := 0.053 \cdot \sin(t - 0.003) + 0.027 \cdot \sin(3 \cdot t - 0.009) + 1.02 \cdot \sin \left( 5 \cdot t - \frac{\pi}{2} \right) + 0.0076 \cdot \sin(7 \cdot t - 3.127)$$

$$t := 0, 0.001 .. 4 \cdot \pi$$



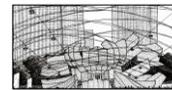
P(t)

Se puede expresar en un desarrollo en series de Fourier como:

$$P(t) := \frac{1}{2} \cdot a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \sin[(n \cdot \omega \cdot t) + \phi_n]$$

Donde las A's y los corrimientos en fase son constantes y

$$\omega := \frac{2 \cdot \pi}{T}$$



Donde esta variable, es la frecuencia circular y se mide en radianes por segundo, y  $T$  es el periodo el cual define el intervalo de repetición de la función entre dos replicas de imágenes sucesivas.

Durante dos décadas, la industria de los semiconductores ha sido la fuerza impulsora de la evolución de las metodologías de diseño asociada con los ambientes de baja vibración. Las construcciones dedicadas a esta novedosa industria son colocadas en sitios con bajas vibraciones ambientales y diseñadas de manera muy conservadora.

Estos estrictos requisitos hacen que los diseñadores consideren nuevamente algunas normas técnicas de diseño básicas, pues ubicar la construcción en un lugar tranquilo ya no es suficiente, porque el rango de vibraciones permitidas para estas instalaciones en las que el espacio de oficinas y salas de juntas puede tener algún nivel perceptible de vibración no es permitido en las áreas de trabajo pues deben satisfacer criterios de vibración mucho más estrictos que la percepción humana, cuyo umbral de la percepción es de aproximadamente 500 m/s.

Ambientes de baja vibración en los lugares de trabajo de la nanotecnología y otras ramas de la alta tecnología.

En las instalaciones de trabajo de la nanotecnología, se usan microscopios de baja potencia (40x a 100x) y los quirófanos para cirugía requieren de un nivel de vibración de un orden de magnitud más sensible de lo que la gente puede sentir. En tanto los microscopios electrónicos y las fotolitografías de semiconductores necesitan un orden de magnitud todavía más sensible que el anterior. Gran parte del equipo asociado a la nano-tecnología es todavía más sensible y el ambiente requerido para el desarrollo de nuevas sondas moleculares (tales como aquellas usadas para microscopios de fuerza atómica y otras formas de microscopios con sonda) son todavía más estrictos.

Por lo general, son considerados lugares óptimos los que cuentan con amplitudes de vibración en el rango de 3 a 6 m/s. Sin embargo, algunos procesos de nanotecnología necesitan amplitudes de vibración de 1 m/s o menos, requiriendo mediciones extras, inclusive para los sitios más tranquilos.

La siguiente etapa será la aplicación de nanotecnología al concreto como un material de gran uso a las estructuras y la construcción.

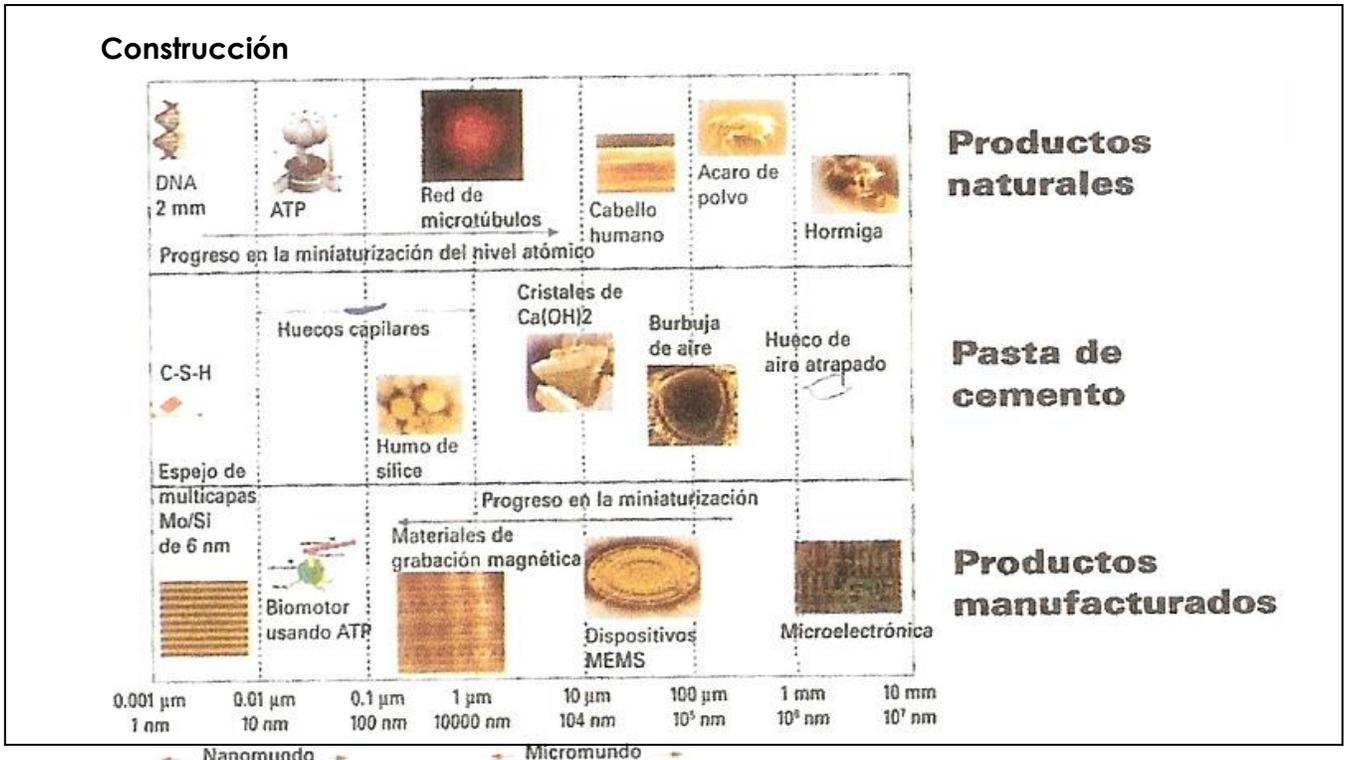
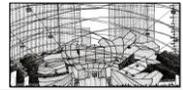


Imagen. Comparación de las escalas de productos naturales y artificiales con la pasta de cemento. Cortesía Revista "Construcción y Tecnología", Junio 2005

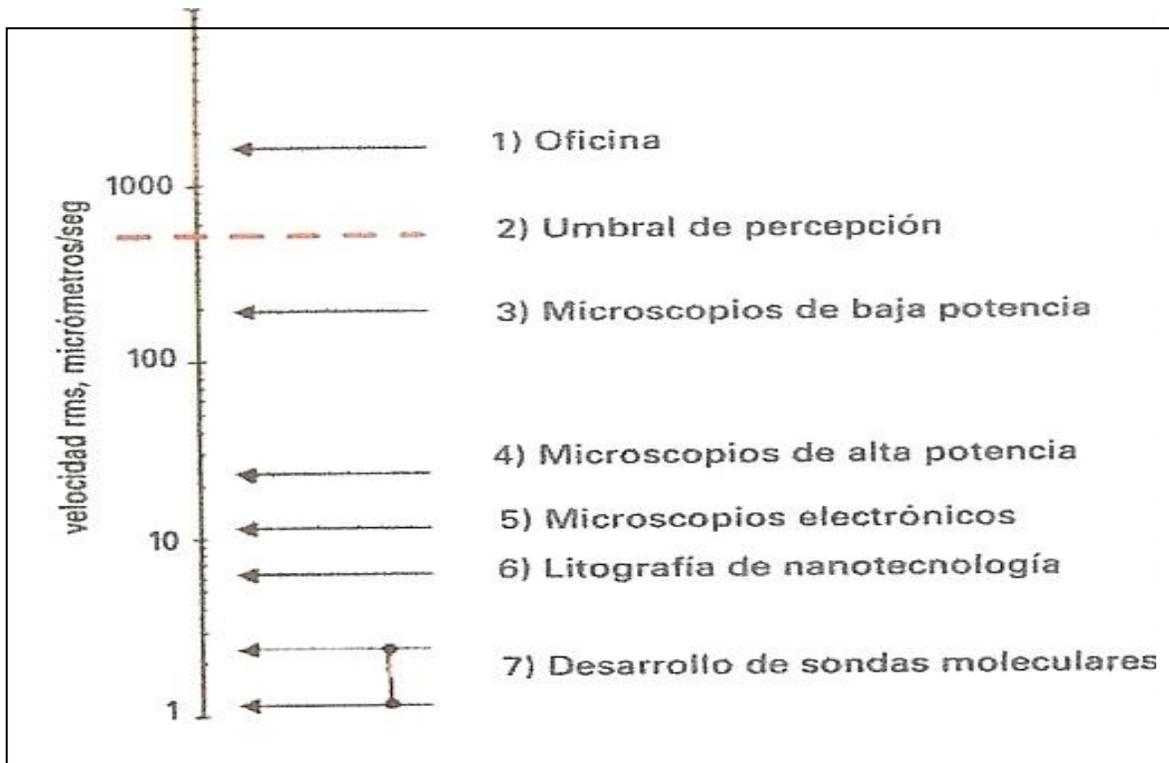
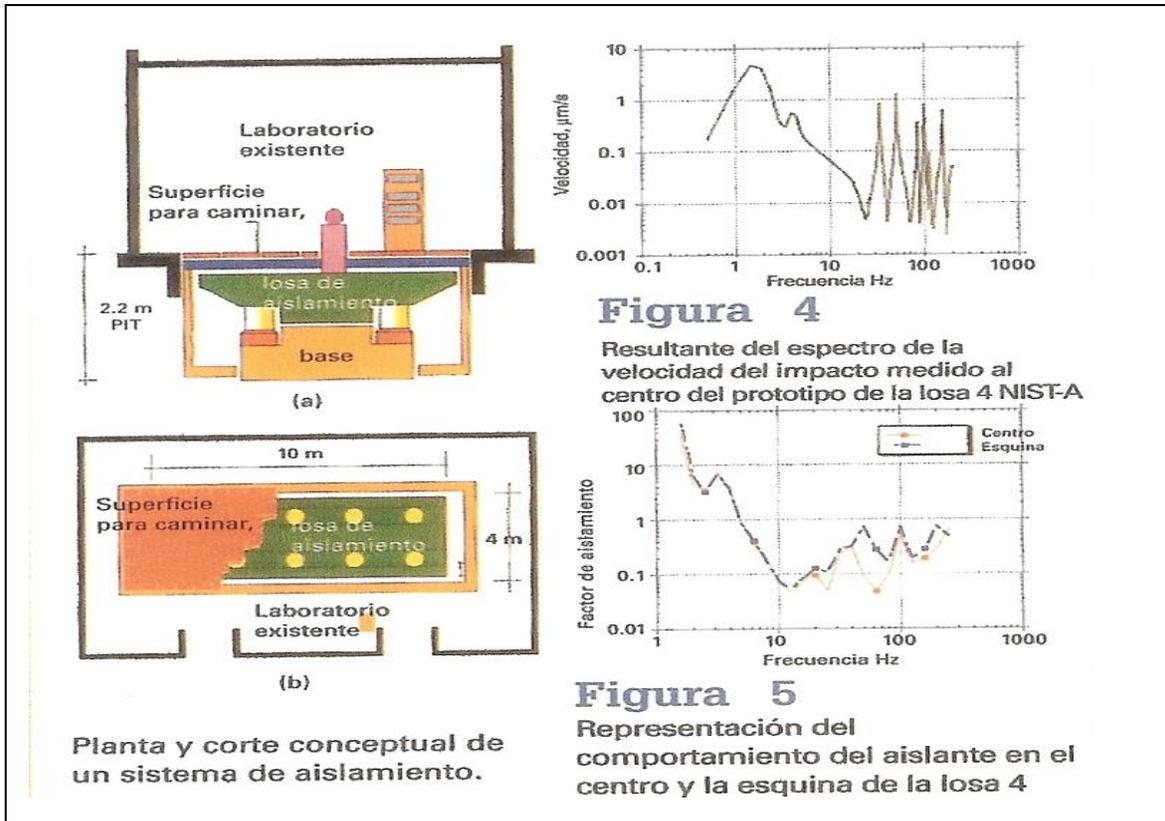
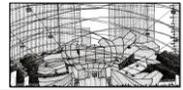


Imagen. Criterios de vibración del equipo típico de tecnología avanzada. Cortesía Revista "Construcción y Tecnología", Junio 2005

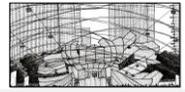


Planta y corte conceptual de un sistema de aislamiento.

Cortesía Revista "Construcción y Tecnología", Junio 2005

El uso del concreto en los procesos construcción es frecuentemente utilizado por sus bondades como material moldeable y muy conocido en el ambiente de la construcción. El concreto es el material elegido para la construcción de muchos de los componentes estructurales críticos en las instalaciones de tecnología avanzada. Múltiples áreas muy sensibles a la vibración se ubican sobre losas en contacto directo con el suelo y con peraltes mucho más gruesos de lo normal del orden de 200mm a 600mm.

Los espacios de salones limpios que requieren de una cimentación con frecuencia son colocados en sistemas peraltados de losas aligeradas de 700mm a 1200mm de peralte, dependiendo del espaciamiento de las columnas. Los laboratorios generales se ubican en los niveles superiores de estos edificios con la intención de satisfacer las necesidades de los microscopios que están diseñados ya sea con losas en una sola dirección o marcos compuestos de acero y concreto, aunque los peraltes son más altos y los claros son muchos más cortos que la de las estructuras convencionales. El concreto ha encontrado una aplicación relativamente nueva en las instalaciones con estrictos requisitos de vibración. Estas necesidades de vibración pueden ser satisfechas por la combinación de un sitio tranquilo y aislamiento neumático usando resortes de aire. En el pasado este aislamiento se logró con los bancos óptimos comercialmente disponibles montados en patas, que contenían resortes de aire. Sin embargo, ésta no es una solución para todos los propósitos, pues algunas



aplicaciones requieren una trayectoria óptima muy larga y múltiples mesas ópticas podrían llevar al des alineamiento de los rayos.

Otras aplicaciones pueden exigir que la superficie de trabajo en el laboratorio esté al nivel del piso, exigiendo de un pozo para la unidad de aislamiento. Algunas estructuras especifican una masa aislada extraordinariamente grande para mejorar el desempeño de etapas adicionales de aislamiento o para bajar el centro de gravedad de la estructura. Varios de los diseños para laboratorios de alta tecnología han empleado grandes masas inerciales soportadas sobre enormes resortes de aire. Esta configuración empieza a conocerse en los círculos de la nanotecnología como una losa NIST-A1, denotando el criterio de vibración que se pretendió satisfacer para el laboratorio de investigaciones avanzadas y se conoce como el de losa sin vibraciones. Se diseñó y se construyó un prototipo de 4 x 10 m, en un laboratorio existente y ahora se usa para apoyar el desarrollo de un sistema de medición de fuerzas capaz de medir nN (nano newton), uno de los requisitos de metrología de la nanotecnología.

Cuando se golpea con un martillo la losa sin vibraciones prototipo, se produce un espectro de velocidades cuya forma exacta depende de los lugares, los estímulos y las mediciones. Una amplia curva a bajas frecuencias representa una respuesta altamente amortiguada del sistema de suspensión de los resortes de aire. Los picos más agudos entre las frecuencias entre 34 y 120 Hz representan las primeras cinco frecuencias de resonancia de flexión y de torsión interna de la enorme masa de concreto. Estos picos son muchos más agudos que los correspondientes a los resortes de aire, indicando un amortiguamiento modal superior al del concreto normal.

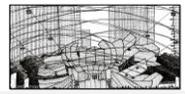
Existen representaciones de la capacidad de aislamiento contra la vibración de estos tipos de losa a un ancho de banda particular, según sea el caso asociados con los requisitos de vibración de los edificios en donde se desarrollan los materiales nanotecnológicos. Para la losa en consideración el aislamiento llega a ser bastante bueno en un valor por encima de los 8 Hz, pero se degrada a frecuencias por encima de 30 Hz debido a la presencia de la amplificación vinculada con las resonancias internas de la masa de concreto. En algunas frecuencias, el efecto del aislamiento se cancela completamente.

#### Nanocemento

En primer lugar vamos ubicar la posibilidad, del uso del nanocemento como el primer material a tratar en este trabajo.

Sabiendo que existen diferentes tipos de materiales nano estructurados que van desde agrupaciones unidimensionales a estructuras ordenadas en tres dimensiones.

Una clase general de estos materiales son aquellos con una microestructura modulada, con un tamaño menor a 100 nm.



## Materiales Adhesivos.

La tradición de innovación en estos materiales continua hoy, con la incorporación y arreglo de nano partículas, las cuales son 100 veces más pequeñas que las partículas de rellenos tradicionales incorporados para aumentar su resistencia; estas pequeñas partículas refuerzan significativamente el adhesivo manteniendo sus propiedades esenciales de alto rendimiento.

A partir del desarrollo de los Nanotubos de carbón, los cuales son mucho más ligeros que el aluminio y 100 veces más resistente que el acero, y con ellos pueden obtenerse materiales para construcción con una muy alta resistencia, durables, y con muy buen comportamiento térmico y acústico.

En la construcción de carreteras, estas nanopartículas podrían aportar soluciones a problemas como el de conseguir una gran estabilidad del material para que no se degrade al sol y se obtenga una dispersión homogénea para pintura de asfalto.

La iniciativa del consorcio europeo NANOCEM, dedicado a la investigación y transferencia de tecnología relativa a la tecnología nano del cemento y a sus aplicaciones en la construcción.

Los principales campos de investigación que se están desarrollando en NANOCEM son:

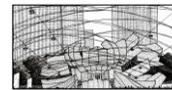
Cementos nanoestructurado, más fáciles de aplicar y con la capacidad de reaccionar y autorepararse ante las agresiones químicas de agentes externos, así como cementos que absorban la radiación solar.

Nanopartículas funcionales para el control ambiental y de la corrosión.

Nanobioingeniería aplicada a los materiales de construcción, para obtener concretos inteligentes a base de compuestos activos de origen biológico, de forma que se le puedan añadir funciones que sirvan de filtros descontaminantes.

En la historia de la arquitectura, los procedimientos constructivos y los materiales de construcción han determinado en mucho las características formales y funcionales resultantes de cada edificio.

Los sistemas constructivos descubiertos y los materiales disponibles en cada región y época influyeron en las soluciones ofrecidas en cada tendencia o estilo. En la actualidad, estos materiales han sido ya explotados al máximo mediante la creación de innumerables procedimientos de edificación que fueron inventados por sus constructores y han permitido generar las formas singulares que distinguen a la construcción en el diseño y en la arquitectura del siglo XXI en particular. El descubrimiento de lo más pequeño e increíblemente



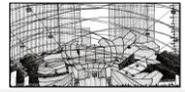
majestuoso, ha permitido definir los postulados que rigen nuestra ciencia, permitiéndonos comprender nuestro entorno y a nosotros mismos. El impactante encuentro del hombre con la inmensidad del cosmos y su íntimo acercamiento a los secretos de la materia, han modificado su propia conciencia y sus relaciones con su comunidad. Actualmente existen ciertas tecnologías novedosas que están moldeando definitivamente nuestra concepción del futuro probable de la humanidad, un futuro que afecta todas las áreas del conocimiento. La nanotecnología es famosa e importante por dos de sus tendencias principales que son, la nanoestructuración de materiales y la creación de nanosistemas. Por un lado, la nanoestructuración es producto de investigaciones en los procesos industriales que han conducido a una serie de nuevos materiales cuyas propiedades y características básicas pueden ser prediseñadas antes de su creación. Los materiales resultantes han demostrado romper con nuestra comprensión general del comportamiento de los materiales convencionales.

Se considera la creación con estos nuevos materiales de edificios cinco veces más altos que soportarían cargas cinco veces mayores y cuyas secciones estructurales sean más esbeltas y que ante un sismo severo no sufrieran fractura alguna. Además de la posibilidad de construir edificios cuyas paredes y pisos cambiaran de color conforme la luz del sol cambiara de tono e intensidad, pensaríamos entonces en muros divisorios que fueran transparentes en el día y opacos en la noche, y veríamos casas de dos pisos fácilmente remolcadas por un vehículo pequeño para cambiar de ubicación. Encontraríamos en cualquier supermercado grandes componentes estructurales, a precios económicos, suficientemente ligeros para que un niño de cuatro años lo pueda cargar.

Tal vez, veríamos ciudades con menos contaminantes al producir la industria de la construcción menos desperdicio, y conviviríamos con nano máquinas que harían constante limpieza de nuestro suelo y nuestros mares, y que fomentarían su enriquecimiento. Conoceríamos fábricas de materiales cuyos obreros serían pequeñas nanomáquinas con controles de calidad superiores a los actuales procesos constructivos que serán diseñados por computadoras que se adquirirán a precios muy bajos en comparación a las actuales, y miles de veces más potentes para realizar nuestros proyectos arquitectónicos y que podríamos guardar y cargar diariamente en la bolsa de la camisa.

El sector de la construcción empieza a entrar, en el mundo de los avances y se está empezando a investigar formas de su manejo y aplicación en la construcción de carreteras, puentes, edificios y diseño de interiores.

Las actuales investigaciones en polímeros podrían llevar a una situación en la que las barreras de protección en las carreteras arreglen sus propios desperfectos causados por el choque de vehículos. La aplicación de esta tecnología también hará posible identificar y reparar de forma automática, sin intervención humana, brechas y agujeros en el asfalto o en el hormigón, así como fabricar señales de tráfico que se limpian así mismas. Se utiliza esta nanotecnología también para fabricar acero y concreto más fuertes y ligeros y



en la actualidad podemos decir que en algunos sitios de Estados Unidos se han colocado nano sensores para vigilar el estado de sus puentes y detectar cualquier anomalía o riesgo.

Como lo hemos mencionado con antelación, con la intervención a escala nanométrica podremos crear estructuras y cimientos resistentes a temblores de tal forma que los edificios construidos no sientan estas vibraciones porque su amortiguamiento es controlado por estas partículas, además de reducir el CO2 contaminante, normalmente causado por el uso de cementos y concretos tradicionales, por lo tanto se puede considerar una mejora considerable en la ecología, se pueden manipular las moléculas y átomos para mejorar el comportamiento acústico, la durabilidad, regulación de la temperatura, y hacer la estructura miles de veces más fuerte.

Lo anterior, va de acuerdo con la construcción de los edificios que se necesitan para la investigación de estos materiales tecnológicos, ya que requieren como hemos dicho de un control muy estricto de la temperatura, humedad, limpieza del aire al máximo, contención de riesgos biológicos, eliminación de campos magnéticos y cargas electrostáticas, acondicionamiento especial para el suministro de energía eléctrica, así como el control de la vibración y el ruido.

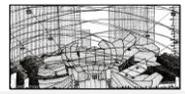
### 3.3 Productos del Nanocemento

Se pueden considerar al Microsílice y al Nanosílice.

Es sabido de la física y la química que un material correctamente diseñado y desarrollado, producen resultados mejores y más económicos que los materiales tradicionales, y gracias a la estabilización y refuerzo de propiedades de la materia a un nivel mil veces pequeño que el antiguo nivel de 0.000001 mts.

El micro sílice es uno de los productos para el concreto más ampliamente usado en todo el mundo por más de ochenta años. Sus propiedades han permitido obtener concretos de alta resistencia, impermeables a los ataques del agua, a los agentes químicos y ha contribuido a muchas de las edificaciones de concreto que vemos hoy en día. Su desventaja ha sido sin embargo, su relativo alto precio y su contaminación al medio ambiente y a los operadores del material, los cuales deben tomar precauciones especiales, porque al ser microsilice un material en polvo mil veces más pequeño que el humo del cigarro, puede producir silicosis si las condiciones de seguridad no son las óptimas.

Utilizando herramientas de la física, de la química y de los recientes avances de la nanotecnología, se ha conseguido cumplir este desafío. Los resultados de laboratorio y en terreno mostraron que no solo no contaminaba porque estaba en forma líquida, sino que tenía mejores resultados en muchos aspectos que el micro sílice, y una botella del producto igualaba a un barril entero de micro



sílice, cemento extra y su superplastificantes. A causa de estas propiedades, recibió el nombre de "Gaia", porque cuida el medio ambiente, la salud de los operadores y al concreto, en forma similar como la antigua diosa griega cuidaba a sus hijos. Debido a su innovación, Gaia nanosílice fue probada por más de un año en la mina de cobre subterránea mas grande del mundo en Chile, llamada el Teniente, con el fin de comprobar sus resultados a largo plazo.

Propiedades del concreto con Gaia nanosílice.

a) En concretos de alta resistencia, Gaia tiene un 88% más de rendimiento que microsílice, cemento adicional y superplastificantes. En promedio se necesitan tan solo 9.43 kg de Gaia nanosílice frente a 73 kg de todos los anteriores para obtener un rendimiento similar.

Su costo por uso es más económico que usar cualquier combinación de las anteriores.

Tiene de 0% a 1% de inclusión de aire.

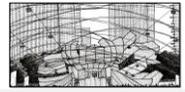
Fácil de manipular, pues con reducidas cantidades de agua/cemento como de 0.2. el concreto se "coloca solo" fueron los comentarios de los operadores.

Rápida y fácil homogenización, pues al disminuir los tiempos de mezclado permite a las plantas de concreto aumentar su producción. Dependiendo de los cementos y formulaciones usadas de concreto se han obtenidas resistencias de entre 15 MPa (megapascasles) y 75 MPa a 1 día, 40 MPa y 90 MPa a 28 días y 48 MPa y 120 MPa a 120 días.

Cumple la normativa ISO- 14001 de respeto al medio ambiente y a la salud de las personas. Evita los peligros de silicosis a sus operadores y no genera contaminación al medio ambiente.

Pasó con éxito todas las pruebas y se ha comercializado en muchas partes del mundo.

Beneficios disponibles para el usuario:



Eliminación de la contaminación por partículas sólidas de micro sílice.

Menor costo por obra.

Concreto con altas resistencias iniciales y finales.

Concreto fácil de manipular y usar.

Cese del uso de plastificantes.

Cese del riesgo de silicosis.

Alta impermeabilidad.

Estos nanocementos, en que Cognoscible Technologies participa activamente en su desarrollo, y procura mejorar todas las características obtenidas hasta el momento y en el futuro, ajustándose a normas que posiblemente no existan.

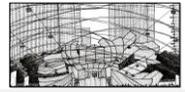
Technologies participa activamente en su desarrollo, y procura mejorar todas las características obtenidas hasta el momento y en el futuro, ajustándose a normas que posiblemente no existan.

Proyectos de Investigación propuestos que ayudarán a integrar estos temas en los planes de estudios e investigación en el C.y.A.D de la U.A.M-XOCHIMILCO.

### **3.4. El Nanocemento y la Vibración.**

Antecedentes.

La propiedad de amortiguamiento del concreto ha sido estudiada desde la década de los treinta en el siglo XX, pero virtualmente toda la investigación se ha enfocado en identificar los mecanismos microestructurales en el concreto que causan el amortiguamiento. Se ha prestado muy poca atención al desarrollo de medios, por los cuales el amortiguamiento pudiera ser modificado



de manera deliberada variando la resistencia de comprensión y el modulo de elasticidad. ( Hal Amick y Paulo J.M. Monteiro, 2004 )

#### Objetivo.

Formar un grupo académico multidisciplinario en la investigación, desarrollo y aplicación de productos elaborados con material nanotecnológicos, además de capacitar a profesores y a alumnos de servicio social y la introducción de estos conocimientos en los programas de estudio de licenciatura y postgrado.

#### Contenido del Proyecto.

Desarrollar un proyecto de investigación usando resultados de otras investigaciones hechas, buscando modificar y mejorar el amortiguamiento, variando la elasticidad, durabilidad y resistencia. (Ver anexo E).

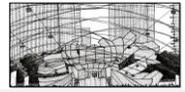
Analizar y generar propuestas en los requisitos que se imponen en la construcción de edificios que fabrican productos de la microelectrónica y nanotecnología en ambientes sofisticados y que presentan grandes retos a los diseñadores, constructores y que incluyen estrictos controles de temperatura, humedad, limpieza del aire, el impedimento de riesgos biológicos, y de los campos electromagnéticos, el acondicionamiento especial para la energía eléctrica, el ruido del exterior, y las vibraciones a las cuales está expuesta la construcción.

#### Resultados.

Proporcionar al diseñador un conjunto de métodos con los cuales, el amortiguamiento pueda incrementarse entre un rango de 10% al 16%, y poder documentar los efectos de esos métodos y que los rápidos avances en el campo predice la fabricación de materiales inteligentes con funciones de autodiagnóstico y reparación, pero existen líneas de investigación sobre la nanobioingeniería que nos llevará a esta y otras metas.

#### Conclusiones.

Los rápidos avances tecnológicos demandan la creación de grupos de trabajo que puedan incorporar estos temas a los programas de estudio de licenciatura y postgrado.



## 4. Fibra de Carbono y su Aplicación al Diseño

### 4.1.- Fibra de Carbono.

Las fibras de carbono se refieren a los filamentos de carbón, o telas hilvanadas con estos filamentos de carbón. Por extensión, el término es usado también informalmente, para definir cualquier material compuesto hecho con filamentos de carbón, tales como un plástico reforzado con fibras de carbón. Las fibras de carbón han encontrado mucho uso debido a su ligereza y su alta resistencia. La fibra de carbón fue inventada a principio de 1960 en una sección de la real fuerza aérea en Farnborough, Hampshire (UK).

### 4.2.- Estructuras, Propiedades y Construcción.

Cada trenza de fibras de carbón, es una masa de muchos miles de filamentos de carbón. Un solo filamento, es un tubo delgado con un diámetro de 5 a 8 micrómetros y consiste exclusivamente de carbón.

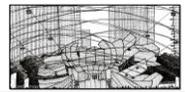
La estructura atómica del carbón como ya lo hemos descrito con anterioridad, es similar a la del grafito, consistente de hojas de átomos de carbón, arreglados en un patrón regular hexagonal. La diferencia yace en la forma en que estas láminas se ensamblan o sujetan. El grafito es un material cristalino en el cual las láminas se colocan en paralelo entre si, de una manera regular. Los enlaces químicos entre las hojas son relativamente débiles, dándole al grafito su suavidad y fragilidad característica. La fibra de carbón es un material amorfo, en donde las hojas de átomos de carbón son plegadas o dobladas y arrugadas entre sí. Este ensamblaje o colocación de las hojas, previenen deslizamiento e incrementan grandemente la resistencia del material.

La densidad de la fibra del carbón es de 1750 kg/m<sup>3</sup>. Tiene una alta conductividad eléctrica y una baja conductividad termal. Cuando un filamento de carbón se calienta, este se vuelve más corto y más grueso. La fibra de carbón natural tiene un color negro brillante, pero recientemente se disponen de fibras de colores.

Las trenzas o hilados son medidos por la densidad lineal, conocida como masa por unidad de longitud, con la unidad 1 tex = 1 g/1000m, o por el número de filamentos por hilados contados en miles.

### Construcción.

Un método común para hacer filamentos de carbón, es la oxidación y la pirolisis termal del polyacrylonitrile (PAN), un polímero base usado en la creación de materiales sintéticos. Parecido a todos los polímeros, las moléculas son largas



cadena, las cuales están alineadas en el proceso de construir y planear filamentos continuos. Cuando se calientan en las condiciones y forma correcta, los compuestos que no son de carbón se evaporan, desapareciendo de las cadenas de enlace de los polímeros reticulares, y forman una hoja cuadrículada la cual eventualmente surge para formar una sola, en forma de un rollo gelatinoso, o filamento enrollado. El resultado es de 93% - 95% carbón.

La fibra de carbón se puede construir de mejor calidad en forma relevante mediante un proceso de tratamiento de calor. El carbón calentado en el rango de 1500-2000 °C (carbonización) exhibe la resistencia a tensión más alta de (820,000 psi o 5650 MPa o 5650 N/mm<sup>2</sup>), mientras que fibras de carbón con un calentamiento de 2500 a 3000 °C (grafitación), exhiben un módulo de elasticidad más alto de (77,000,000 psi o 531 GPa o 531 kN/mm<sup>2</sup>).

### **4.3 Aplicación al Diseño Arquitectónico.**

Aquí consideramos los trabajos de investigación de Peter Testa, famoso Arquitecto con 50 años de experiencia y profesor en el MIT y Columbia y también corredor de una pequeña firma en el sur de California.

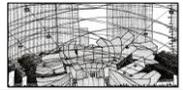
Se asocia durante su época de estudiante en el MIT con el arquitecto Devyn Weiser para crear el estudio Emergent Design Group (EDG) con sede en Los Ángeles; y se inspira en las ideas del físico holandés sobre la ligereza de las estructuras, Adriaan Beukers, diseño el Carbón Skycraper (denominado rascacielos de carbono) diseñado en el año 2001. Edificio que a pesar de no haber sido construido, ha proporcionado ideas alternativas acerca de cómo construir los futuros rascacielos del siglo XXI. Su estructura de resinas y fibra de carbono de aspecto torsionado inspira el empleo de formas y materiales innovadores.

Testa propone, realizar proyectos de rascacielos, con cambios inminentes en la tecnología de vanguardia, con nuevos materiales en la construcción incluyendo los sistemas de comunicación y control.

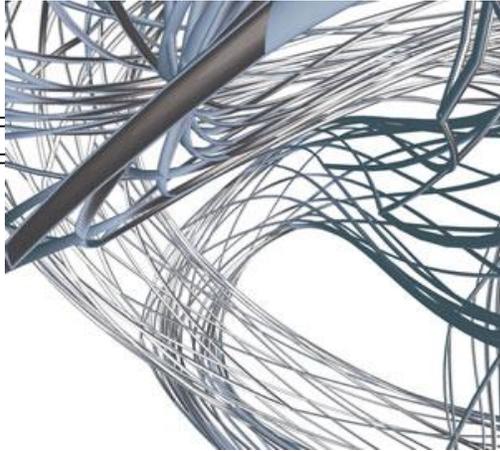
Peter Testa, presenta un proyecto de un rascacielos de 40 niveles, hecho completamente con materiales compuestos.

Este proyecto, incluye la utilización de fibras de carbón, resultado obtenido de investigaciones en el campo de la ciencia de materiales parecida a las fibras de vidrio y al Kevlar.

Este uso, se ha incrementado rápidamente debido a su muy alta resistencia, muy poco peso y fácil de adecuar en forma y uso.



## Presentaciones



Peter Testa Arquitectos. Imagen: Abstracción de concepto estructural

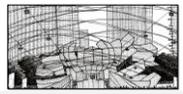
[Peter Testa](#)

El arquitecto Peter Testa: Propone nueva forma de rascacielos, Nuevo diseño arquitectónico, ingeniería avanzada, ciencia en materiales y un software especializado en la construcción soportada en fibras de carbón.



Peter Testa Arquitectos. Imagen: Interior muestra una estructura espacial a modo de espiral Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Peter\\_Testa](http://es.wikipedia.org/wiki/Peter_Testa) Febrero 2003.

Rampas en espiral, ofrece equilibrio lateral. Como se ilustra, el espacio interior está abierto, permitiendo la ventilación a través del edificio, el cual minimiza el



consumo de energía. Una membrana de resina ligera reemplaza la cortina de muros tradicionales

Los obstáculos para la innovación son tremendos pues el uso de nueva tecnología generalmente rebasa los reglamentos establecidos y es necesario adecuar los requisitos de los propietarios con las normas establecidas.

Los arquitectos Peter Testa y Sheila Kennedy aún con experiencias prácticas diferentes, incursionan en el diseño innovador en colaboración con fabricantes y interaccionando con diversas disciplinas que ayudan a la aplicación de las nacientes tecnologías.

La construcción de nuevos y complejos edificios es un enorme acontecimiento, y es necesario llegar al punto de cómo debemos construir con tanta complejidad. Es necesario, repensar como podemos ensamblar un edificio.

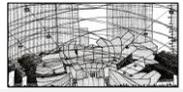
Se piensa en un inicio, la construcción de edificios medianos y el uso de computadoras complejas modelando herramientas que nos permitan el diseño de nuevos edificios, materiales y productos que transformen la industria de la construcción.



Arquitecto Peter Testa. Prototipo de una Torre de Fibra de carbón de 40 niveles, la torre será la más ligera y fuerte de su tipo.

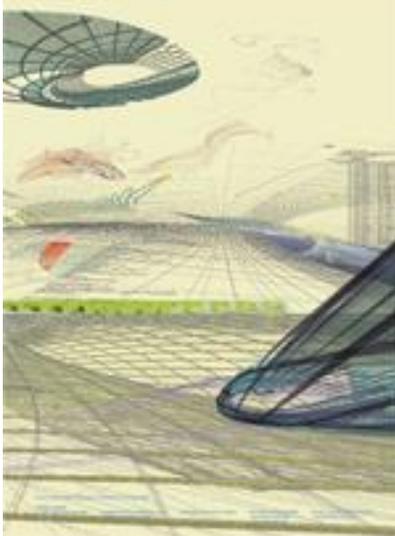
\*\*

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Peter\\_Testa](http://es.wikipedia.org/wiki/Peter_Testa)  
Febrero 2003.



Peter Testa Arquitectos. Modelo virtual, detalle de edificio.\*\*

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Peter\\_Testa](http://es.wikipedia.org/wiki/Peter_Testa)  
Febrero 2003.



\*\*Fuente: Carbon Fiber Future Metropolis Magazine. February 2003. Courtesy of Peter Testa Architects.

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Peter\\_Testa](http://es.wikipedia.org/wiki/Peter_Testa)  
Febrero 2003.

Quizás lo más interesante de este proyecto, es que cada elemento del edificio, incluyendo los pisos y las rampas exteriores están hechas de un tipo de material que no es de acero ni de concreto, diferentes tipos de materiales<sup>4</sup> que pueden sustituir el cristal, y que son hojas transparentes. Un par de rampas ubicadas en el exterior del edificio que ofrecen una fluida circulación y futuras estabilizaciones de la estructura.

Lo importante es que el edificio utiliza 24 filamentos de fibra de carbono entrelazada que forman la estructura y cuya función principal es distribuir las cargas a través de toda la superficie que comprende el edificio. Dichos filamentos se fijarán a través de una máquina que se conoce como el robot de Pultrusión el cual se subirá encima de la estructura al igual que una araña para así poder tejer los filamentos en la cubierta de la torre mientras esta se construye.

<sup>4</sup> Brave new solid state, carbon fiber World Architectural Record

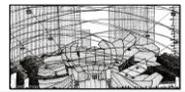


Imagen. Estructura de principio biológico. \*\*

Los biólogos, por otro lado estudian un mundo en el cual las cosas crecen y se transforman, se reproducen y se mueven de acuerdo a una función propia diseñada por la naturaleza<sup>5</sup>.

Los ingenieros en especial, están tratando de producir respuestas similares tomando como modelo las estructuras humanas.

Los montañistas podrán utilizar cables o cuerdas que cambien de color cuando estos estén sujetos a esfuerzos excesivos. Un cambio de color le dirá al montañista cuando deberá tener cuidado y dejar de utilizar esta cuerda, por su propia seguridad.

Una bolsa de mano hecha de plástico, cuando esté sobrecargada y a punto de romperse.

Como consecuencia, en el futuro un edificio deberá contener un sistema de control y comunicaciones enlazado a su estructura, avisando a los constructores si alguna parte del edificio está dañado.

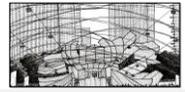
Un puente inteligente, deberá quizás cambiar gradualmente de forma, para distribuir de manera adecuada las cargas eventuales que se presenten. Algunos materiales pueden responder al calor y las fuerzas, cambiando de color.

Cubrir el edificio con un material sensible al calor, el cual cambiará a oscuro a bajas temperaturas y brillante en altas temperaturas, ayudando a calentarlo cuando esté frío y a enfriarlo en el calor del día.

El invento de nuevos materiales y técnicas de diseño, han ayudado a los ingenieros a producir estructuras más audaces. Algunas de estas en ambientes hostiles tales como el espacio. Donde la NASA y la agencia europea espacial, tienen planes para poner estaciones espaciales permanentes en órbita alrededor de la tierra.

---

<sup>5</sup> Kollman,P.,and Levin, S.,eds, 1996, Modeling of Biological Systems, National Science Foundation: Washington, D.C.



La industria del petróleo, está encontrando aceite en grandes profundidades del mar y están utilizando plataformas de perforación diseñadas con materiales más modernos para perforar y operar en forma segura en los mares más peligrosos.

Las compañías petroleras tienen planes, para perforar en mares a profundidades de 900m a 1007m, lo que equivale a construir plataformas de perforación con una estructura que sería de dos veces más altas que la que existe hoy en día.

La inventiva actual de los ingenieros, están siendo capaces de diseñar combinando, los nuevos materiales con viejas ideas y buscan alcanzar profundidades de 3000 m, en el agua de los mares profundos.

Muchas de las estructuras con las cuales entramos en contacto a diario se benefician de tales avances tecnológicos y muchos de estos avances vienen del estudio del diseño natural encontrado en el reino animal.

La construcción con productos generados a partir de la tecnología del estado sólido como es el caso de la fibra de carbón.

Debido a estos nuevos materiales, es posible que los arquitectos más audaces, experimenten en la construcción de nuevos edificios, a pesar de los tremendos obstáculos que se presentan para estas innovaciones.

En la actualidad, los arquitectos que se interesan por el diseño innovador, colaboran con fabricantes de nuevas tecnologías y con profesionales de otras disciplinas para adaptar y aplicar estos nuevos productos.

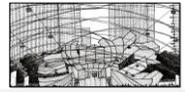
La complejidad de los actuales, nuevos y modernos edificios es un enorme reto, pues es necesario en la mayoría de los casos reflexionar y

aceptar los retos de como ensamblar y todos los detalles que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo este trabajo, pues será necesaria en muchos casos la utilización de equipo y personal muy especializado en diversas ramas de la tecnología.

Se investiga la incorporación de una tecnología del estado sólido de materiales translúcidos, transparentes y fuertes que se puedan utilizar como ventanales y muros dependiendo del uso.

De acuerdo a lo estamos describiendo, el despacho de arquitectos liderados por el arquitecto Peter testa han creado un proceso de diseño que lo han denominado como diseño emergente y que se basa en todas las nuevas tecnologías y dejando un espacio para algunas en el futuro.

Este grupo ha acuñado el nombre Diseño Emergente en el diseño arquitectónico para enfatizar estas perspectivas y se caracteriza de la siguiente manera:



Dada la complejidad del escenario del diseño, los numerosos factores de un escenario serán identificados y sus interrelaciones deberán ser bien entendidas aun cuando estas no puedan ser bien definidas.

Una solución efectiva en un escenario de diseño complejo, se lleva a cabo a través de un proceso no lineal de simulaciones experimentales de lo simple a lo complejo y complicado, involucrando investigaciones independientes, relacionadas y progresivas, este proceso interactivo ayuda a incrementar las posibles soluciones complicadas que se tendrían en el diseño.

Una solución de diseño derivada de un análisis de lo simple a lo complejo, es un estilo de investigación que nos ofrece ventajas debido a que retiene simplicidad, manteniendo una flexibilidad para ser revisada y cambiada en su caso de tal forma que se pueda presentar un nuevo escenario de diseño.

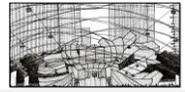
El software computacional es un medio excelente de llevar a cabo una simulación experimental de un diseño arquitectónico a través de especificaciones simples, con un software emergente nos podría proporcionar un comportamiento complejo, explorando capacidades graficas de organización de modelos y procesos escritos en forma flexible de tal forma que las alternativas puedan ser examinadas rápidamente.

La utilización apremiante en el proceso de diseño de técnicas y métodos de las disciplinas de la ciencia de la computación, la inteligencia artificial, la tecnología de los semiconductores o del estado sólido, y los superconductores.

Se investiga la posibilidad de integrar iluminación en el estado sólido, LED's <sup>6</sup> en los edificios futuros.

---

<sup>6</sup> Nick Holonyak, 1962. Inventor del LED.



#### **4.4 Aplicación a otras Áreas del Diseño.**

El uso más notable, de la fibra de carbón es el reforzamiento de materiales compuestos, particularmente la clase de materiales conocidos como plásticos reforzados de fibra de carbón. Esta clase de materiales son usados en partes de los aeroplanos, vehículos de alto comportamiento, equipos deportivos tales como bicicletas de carreras, vehículos de control remoto, hojas generadoras de viento y engranajes y otras aplicaciones que demanda la mecánica.

La fibra de carbón, es uno de los materiales líderes usados en la producción de carros de la Fórmula 1, desde la introducción y uso comercial en 1980.

La fibra, también cuenta aplicación en la filtración de gases a altas temperaturas, como un electrodo con una gran superficie e impecable resistencia a la corrosión, y como una componente antiestática con una cobertura de alto comportamiento.

Generalmente, dentro de la práctica real del diseño y el mercado, hay una tendencia hacia el uso de las fibras del carbón que implica una construcción técnica, asociada con el uso tradicional, militar y de alto comportamiento, según sea el caso. Esto se nota mejor, en el aumento que prevalece de la fibra de carbón en la joyería, plumas y relojes.

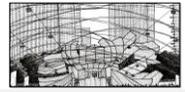
##### **4.4.1 Instrumentos Musicales.**

Algunos instrumentos de cuerdas, tales como los violines y los cellos, usan fibras de carbón reforzados. Hay también una compañía especializada en fibras de carbón para instrumentos de viento, tales como las gaitas, y las flautas se fabrican actualmente con estos materiales.

Por más de una década, varias compañías fabricantes de tambores, han estado usando las fibras de carbono en la construcción de sus instrumentos con gran éxito. La fibra de carbono resuelve un gran número de problemas inherentes a la madera en los tambores y es especialmente benéfico cuando el tambor lo usan en las marchas los cuerpos militares y bandas musicales, por el beneficio del mínimo peso y fácil manipulación del mismo.

##### **4.4.2 Utensilios.**

Los fabricantes de cuchillos, utilizan algunas veces fibras de carbón para propósitos especiales y funcionales, tales como la creación de utensilios grandes, ligeros y manipulables.



#### **4.4.2 Vehículos.**

Los marcos de alto comportamiento para bicicletas de carreteras y de montaña, están hechos de fibras de carbón con material compuesto. Se usa ampliamente también para realzar la vista de los automóviles y reducir su peso. En los carros deportivos, la fibra de carbono se usa para construir el cuerpo completo del carro o un chasis mono volumen, este avance inicia en la Fórmula 1 y gradualmente se ha adoptado en otras formas a los motores de carreras.

Los nuevos diseños de los aviones, están empezando a hacer un mayor uso cada día de las fibras compuestas de carbón. Por ejemplo, el Airbus A380 usa muchas componentes de fibras de carbón en su construcción. El aún el mas nuevo Boeing 787 será el primer jet de pasajeros con una ala principal y el fuselaje hecho completamente de este material. Esta será la forma en que el nuevo aparato saldrá a la venta en poco tiempo.

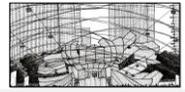
#### **4.4.3 Equipo Deportivo.**

La fibra de carbón se usa también en la construcción de lanchas de carreras de diversos tipos, así como los accesorios de las mismas. El carbón es el material principal para el uso de arquería, muchas flechas modernas están construidas con material compuesto de aluminio carbón o completamente de carbón.

En el ciclismo, el uso de este material en el cuerpo principal y sus componentes diferentes, se ha convertido en lo común desde los años 90's y los inicios del 2000. esto se ha conocido, como la revolución del carbón dando como resultado, productos muy ligeros y resistentes de uso en el deporte altamente competitivo, además de su uso en ropa, zapatos deportivos como tenis, pistolas de uso deportivos, jabalinas, etc.

#### **4.4.4 Equipo Fotográfico.**

Varios fabricantes de trípodes fotográficos, emplean fibras de carbón en el rango de tipo profesional debido a las propiedades de ligereza y alta resistencia. El uso también en la construcción parcial de cámaras fotográficas.



#### **4.4.5 Herramientas.**

Algunos tipos de materiales en herramientas, usadas en la fabricación de estructuras compuestas de acero, aluminio, goma de silicón reforzado, níquel, y fibra de carbón.

Los materiales para las herramientas normalmente usadas, deben sujetarse a condiciones de expansión termal adecuadas, buena tolerancia a condiciones extremas según el caso, condiciones deseadas o requeridas, métodos de cura, costos y una amplia variedad de otras condiciones.

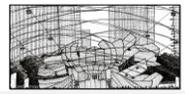
#### **4.4.6 La Mecánica de Materiales Compuestos.**

Las propiedades físicas de los materiales compuestos son anisotrópicos en naturaleza, y por ejemplo, la rigidez de un material compuesto en un panel, depende de la orientación direccional de las fuerzas aplicadas y/o momentos, aún cuando también depende del diseño. En contraste, los materiales isotrópicos, tales como el aluminio y el acero, tienen la misma rigidez sin hacer caso de la orientación de las fuerzas y los momentos aplicados.

Las relaciones entre fuerzas/momentos y deformaciones/curvaturas, para un material isotrópico, se puede describir con las siguientes propiedades de los materiales como son: el Modulo de Young, el Modulo de Cortante, y la Relación de Poisson, las cuales son relaciones matemáticas muy simples.

Para los materiales anisotrópicos, se requiere de matemáticas de un tensor de segundo orden y puede necesitar de 21 constantes de las propiedades del material.

Para el caso especial de isotropía ortogonal, hay tres constantes diferentes de las propiedades del material para cada Modulo de Young, Modulo de Cortante, y la Razón de Poisson, para un total de 9 constantes de las propiedades del material, para describir las relaciones entre fuerzas/momentos y deformación/curvaturas.



#### **4.4.7 Fallas.**

Los choques, impactos, cargas o esfuerzos repetidos cíclicamente, pueden ser la causa de que el laminado se separe en la unión de dos hojas, una condición que se conoce como des laminación.

A continuación presentamos una Galería de Imágenes de diversos productos elaborados con fibra de carbono, como motivación para promover la innovación en el diseño.

#### **4.5 La Fibra de Carbono como Material de Diseño.**

Antecedentes.

Este es un nuevo avance en la tecnología del estado sólido dando como resultado la fibra de carbón.

Objetivo.

Realizar un estudio y construcción sobre prototipos relevantes en diversas aplicaciones del diseño.

Contenido del proyecto.

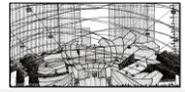
Utilización de las fibras de carbón, como un elemento innovador para el diseño de materiales en el cual los Arquitectos, Ingenieros y demás diseñadores podrán utilizar en nuevos y excitantes proyectos, tales como en la construcción, las instalaciones de cableado y comunicación inalámbrica para la integración de infraestructura de información.

Resultados.

Resaltar las propiedades y revisar las normas a la que se ajustarán esta nueva tecnología en las aplicaciones futuras en comparación a las actuales.

Conclusiones.

Establecer contactos con los fabricantes más importantes (Dupont), que nos puedan proporcionar muestras de productos y sus características, estimulando una discusión sobre las aplicaciones de los mismos. (Ver anexo A).



## 5. Los Superconductores.

### 5.1 Definición de Superconductores.

Los superconductores, son los materiales que no tienen resistencia al flujo de la electricidad, es una de las últimas grandes fronteras del descubrimiento científico, aún cuando los límites de la superconductividad no se alcanza todavía, pero las teorías que explican el comportamiento de la superconductividad están bajo constante revisión. En 1911 la superconductividad fue observada por primera vez en mercurio por el físico holandés Heike Kamerlingh Onnes de la Universidad de Leyden. (ver foto)



Cuando el enfrió a la temperatura del helio líquido, 4 grados Kelvin (-452F, -269C), su resistencia desapareció repentinamente. La escala Kelvin representa una escala de temperatura absoluta. Así pues, fue necesario llegar a la temperatura de 4 grados para obtener el fenómeno de la superconductividad. Después en 1913, el ganó el premio nobel de física por su investigación en esta área.

**Heike Kamerlingh Onnes.**

[http://en.wikipedia.org/wiki/Heike\\_Kamerlingh\\_Onnes](http://en.wikipedia.org/wiki/Heike_Kamerlingh_Onnes)

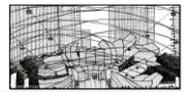
La aplicación de este desarrollo científico, tiene su aplicación en el uso óptimo de las redes eléctricas que proporcionan la energía en las construcciones.

### 5.2 Aplicación al Diseño con esta Tecnología.

Del mismo modo, en que el tamaño está limitado por la física por el tipo de material usado, el tamaño de las estructuras hechas por el hombre están limitadas. Los edificios muy grandes ejercen un tremendo esfuerzo sobre sus cimientos y esto, podría no ser soportados por los mismos, y tendrían que usarse sistemas con retroalimentación para corregir y obtener los resultados deseados.

La miniaturización, que hace cosas muy pequeñas, también poseen problemas y un ejemplo es la construcción de circuitos integrados<sup>7</sup> conocidos como microchips, los cuales buscan hacerse cada día mas pequeños y poderosos en su funcionamiento con el menor consumo de energía, sin embargo esta búsqueda genera severas dificultades.

<sup>7</sup> Jack Kilby 1958. Texas Instruments.



Lo anterior se debe a que se tendrán que usar equipos muy especializados que operarán con detalles muy finos a un nivel cuántico, además que debido a las corrientes que fluyen dentro de los circuitos actuales se comportan de manera diferente a través de estructuras muy delgadas.

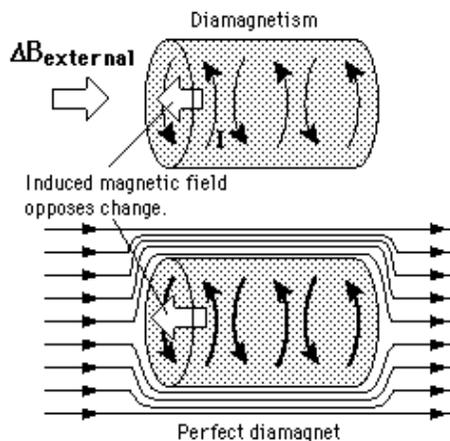
Si nosotros podemos estar cierto de algo, es que el futuro del diseño estructural será excitante. Nuevas técnicas de diseño y un conocimiento de nuevos materiales que hagan a la estructura más eficiente y segura, a través de sistemas de nanocontrol.

Los avances e investigaciones están orientadas a la creación de estructuras inteligentes y biodegradables, estructuras que pueden detectar y responder a las fuerzas externas aplicadas.

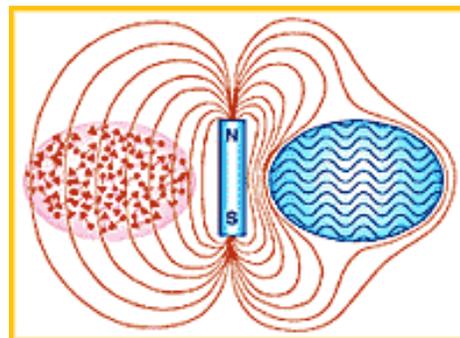
Los diseñadores actualmente piensan en las estructuras como pasivas, las cuales son afectadas por las fuerzas externas. En cambio en biología, las estructuras de los seres vivos crecen, cambian, se reproducen y se pueden restaurar inclusive.

Los investigadores buscan producir estructuras similares a los de los seres vivos por medio de nuevas tecnologías como los superconductores, la nanotecnología, la biónica y la teoría de la evolución.

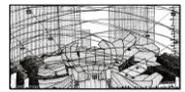
El siguiente gran paso fue entender como se comporta la materia a temperatura extremadamente fría y ocurrió en 1933. Cuando Walter Meissner y Robert Ochsenfeld descubren que un material superconductor rechaza un campo magnético (ver grafica de abajo) con el fin de aplicar este conocimiento en la construcción de redes de transporte rápidos y modernos.



### Efecto Meissner

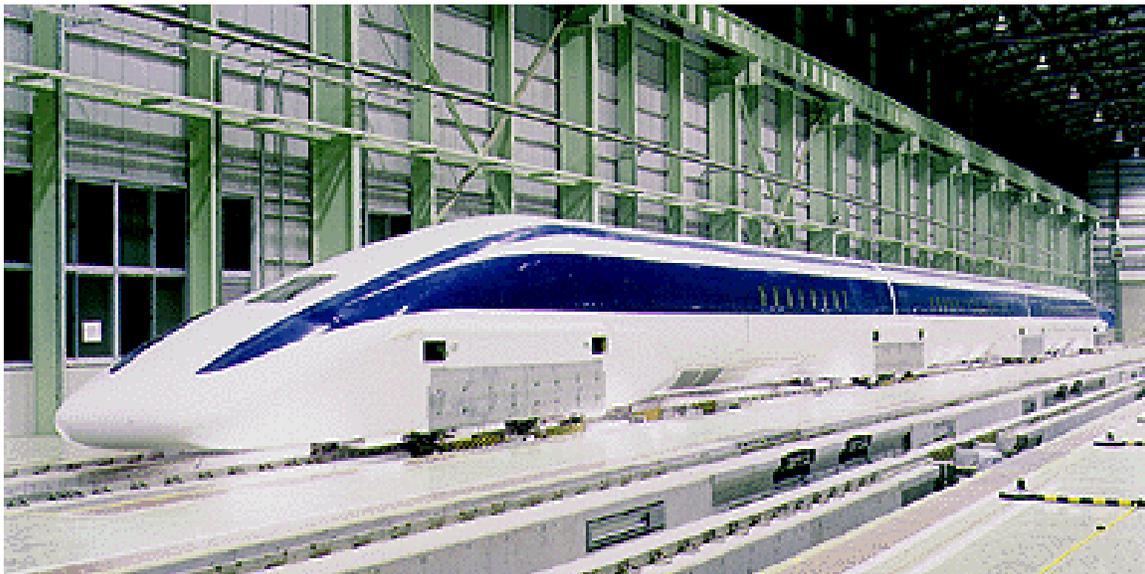


[http://en.wikipedia.org/wiki/Walther\\_Meissner](http://en.wikipedia.org/wiki/Walther_Meissner)



Un magneto moviéndose en un conductor genera e induce corriente eléctrica en el mismo. Este es el principio sobre el cual opera el generador y motor eléctrico. Pero en un superconductor, las corrientes inducidas generan exactamente un campo espejo causando que el magneto sea rechazado. Este fenómeno es conocido como Diamagnetismo y referido como el "Efecto Meissner". El efecto Meissner es tan fuerte, que un magneto puede levitar sobre un material superconductor. Una aplicación de esto son los vehículos de transportes, tales como los trenes que pueden flotar sobre fuertes magnetos superconductores, eliminando virtualmente la fricción entre el tren y sus pistas, evitando la pérdida por calor de los sistemas convencionales además de ser mas pequeños en tamaño. Las aplicaciones que se esperan son enormes, en diversas áreas técnicas, incluyendo la medicina.

### 5.3. Aplicación al Diseño de Trenes de Alta Velocidad.

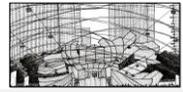


**El tren Yamanashi MLX01 MagLev**

<http://en.wikipedia.org/wiki/SCMaglev>

El primer tren MAGLEV en el mundo, usado para servicio comercial fue el de ida y vuelta en Birmingham, Inglaterra, sacado de circulación en 1997 después de operar por 11 años. Un Maglev está operando actualmente en un recorrido de alrededor de 30 km en el aeropuerto de Shanghái, China.

Un grupo Coreano de Superconductividad, ha llevado la tecnología Biomagnética un paso más adelante con el desarrollo de un oscilador SQUID de doble relajación (Superconducting QUantum Interference Device) para usarse en Magneto Encefalografía.



Los SQUID son capaces de censar un cambio en un campo magnético en un rango de un billón de veces más débil, que la fuerza necesaria para mover un compás. Con esta tecnología el cuerpo podrá ser explorado a cierta profundidad sin la necesidad de fuertes campos magnéticos.

Los aceleradores de alta energía, nunca hubieran sido viables sin el uso de los superconductores. Las investigaciones sobre las partículas de alta energía que puedan ser capaces de acelerar partículas subatómicas a velocidades muy cercanas a la velocidad de la luz, basan su principio fundamental en magnetos superconductores para que esto pueda ser posible. El CERN un consorcio de varias naciones europeas y está haciendo algo similar con su Large Hadron Collider (LHC) construido a lo largo de la frontera Franco Suiza.

Existen otros aceleradores como el protón- antiprotón en el Fermilab, y fue el primero en el uso de magnetos superconductores, así como el acelerador de electrón protón conocido como HERA en Alemania. Todos estos desarrollos están basados en el uso de esta tecnología con el fin de producir grandes cantidades de energía con dispositivos de diminutas dimensiones.

#### **5.4. Los Superconductores en el Diseño de Generadores Motores y Computadoras.**

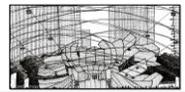
Los generadores eléctricos hechos con alambres superconductores<sup>8</sup>, son mas eficientes que los generadores con devanados de alambre de cobre. De hecho, su eficiencia es superior al 99% y su tamaño reducido a la cuarta parte de los generadores convencionales, y esta situación promete una penetración muy lucrativa en el uso de la energía. La General Electric tiene una estimación potencial para los generadores basados en superconductores a través del mundo, en las siguientes décadas de alrededor de 20 a 30 billones de dólares. Últimamente, la división de energía de la GE ha recibido 12.3 millones de los fondos del departamento de energía de los Estados Unidos para movilizar la tecnología de generadores superconductores de alta temperatura hacia una completa comercialización.

La Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, en colaboración con la NASA, DARPA y varias Universidades están actualmente investigando las computadoras Petaflop. Un Petaflop son mil trillones de operaciones en punto flotantes por segundo. Hasta hoy las operaciones de computación más rápidas solamente han alcanzado velocidades del orden de teraflop, que son del orden de trillones de operaciones por segundos. Actualmente se conoce que la mas rápida es la IBM Blue Gene/L, que trabaja a 70.7 teraflop por segundo con múltiples CPU's.

El procesador simple mas rápido es un Lenslet optical DSP que trabaja a 8 teraflops. Las dimensiones de estos dispositivos son del orden de 50 nanómetros con mecanismos de conmutación no convencional, tales como las uniones

---

<sup>8</sup> US Dep. of Energy



Josephson asociadas con superconductores, para poder llevar a cabo tales altísimas velocidades.

Los investigadores<sup>9</sup> de TRW ahora Northrop Grumman han cuantificado algo más grande al predecir que 100 billones de uniones Josephson sobre 4000 microprocesadores alcanzarán 32 petabits por segundo. Estas uniones Josephson son incorporadas en transistores de efecto de campo las cuales se vuelven parte de los circuitos lógicos dentro de los procesadores. Recientemente se ha demostrado que diminutos campos magnéticos que penetran a los superconductores tipo 2, pueden ser usados para almacenar y recuperar información digital.

Sin embargo, algo que no puede desecharse es que las computadoras del futuro serán construidas en base a los dispositivos superconductores.

Tecnologías competitivas, tales como la Quantum Transistor (DELTT), Procesadores a escala Molecular de Alta Densidad, y el Procesamiento basado en DNA también tiene el potencial para llevar a cabo la meta de los petaflop.

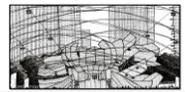
Otras de las revelaciones del uso de los superconductores es la construcción de pequeños motores de alrededor de 5000 hp., así como la construcción de nano satélites para el uso en los sistemas de comunicaciones y nano antenas ideales para el manejo de frecuencias del orden de Gigahertz y Terahertz.

Una de las aplicaciones desagradables de los superconductores es el desarrollo de la bomba E, estos son dispositivos que hacen uso de fuertes campos magnéticos derivados de superconductores para crear un pulso electro magnético muy rápido de alta intensidad derivado del superconductor (EMP) para deshabilitar el equipo electrónico enemigo.

Detectores de luz superconductores se están desarrollando, debido a su inherente habilidad para detectar cantidades de energía extremadamente débiles que se pueden usar en cámaras ópticas con una sensibilidad sensacional. En la comunicación por Internet, muy pronto los semiconductores entrarán con enrutadores digitales para la comunicación de datos de alta velocidad arriba de 160 Ghz. Dado que el trafico por Internet está aumentando exponencialmente, la tecnología de superconductores ha sido llamada para resolver esta súper necesidad.

---

<sup>9</sup> Superconductor Science and Technology



## **5.5 Los superconductores y su Aplicación en la Construcción de Redes Vehiculares.**

Antecedentes.

El uso de trenes que usan fuertes campos magnéticos, que puedan sustituir las redes tradicionales en forma más eficiente.

Objetivo.

Formar grupos académicos de profesores y alumnos, interesados en la aplicación de estas tecnologías y su inserción en los planes y programas de estudios y proyectos de investigación.

Contenido del proyecto de investigación.

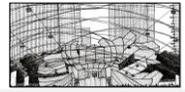
Analizar y evaluar los conocimientos teóricos y prácticos que sustenten el uso de la superconductividad, visualizando las diversas aplicaciones de esta tecnología.

Resultados.

Resaltar las propiedades y las desventajas que pueda implicar el uso de estos productos, así como las normas a las que deben sujetarse para evitar posibles daños al medio ambiente y al ser humano en su caso. (Ver anexo D).

Conclusiones.

Efectuar una búsqueda de las diversas disciplinas en las que se pueden aplicar los superconductores y sus ventajas respecto a otras ramas de la tecnología.

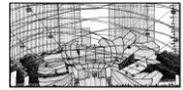


## 6.- Diodos Emisores de Luz Organica (OLED)

### 6.1 Aplicación de la Nanotecnología en la Creación de Fuentes de Luz de Tamaño Bacterial, Conocidas Como Nano Lámparas.

Es una aplicación que está revolucionando la tecnología luminosa en todo el mundo, con la fabricación de diodos emisores de luz orgánica abreviado como OLED, se están creando pantallas con estos diodos que ahorran el 50% o mas de energía respecto a las tradicionales, y se instalan en celulares, cámaras digitales , pantallas de televisión y en los automóviles mas recientes en las partes iluminosas del mismo, se espera su aplicación en aviones y en la industria de la construcción, tales como hoteles , residencias y sistemas de señalización en ciudades y carreteras.

También se pueden aplicar estas nano lámparas, en la medicina pues teniendo un tamaño de tipo bacterial, se podrían usar en la nano medicina con el fin de realizar diagnósticos tempranos de enfermedades a través de la ingeniería genética de alta precisión, también se podrían utilizar para la creación de pantallas de plasma que se doblen y también para insertar estas luces en textiles y zapatos deportivos. Las fuentes de luz de estas nano lámparas provienen del rutenio, elemento químico que permite a las fibras emitir o detectar fluorescencia cuando se le aplica voltaje, este elemento es tanto foto como electro luminiscente, y abren la posibilidad de construir sensores luminosos para analizar muestras biológicas y genéticas, y como consecuencia en la construcción de edificios como hospitales habría la necesidad de considerar las instalaciones con esta nueva tecnología. Considerando las normas de I.S.O. Los OLED garantizan alta eficiencia en la proporción de potencia, voltaje de operación extremadamente bajo con impurezas p y n molecular, fácil integración y capacidad de contacto, tiempo de vida de operación grande, emisión máxima con luz blanca, completamente transparente y libre de partes metálicas. El diodo luminoso de emisión orgánica de la Compañía Novaled incorpora la emisión de capas de transportes con impurezas o dopadas, los huecos son inyectados desde el ánodo y transportados por la capa de transporte de huecos p (p-HTL) a la capa emisora (EML). Los electrones se inyectan desde el cátodo y se transportan por las capas de transportes de electrones n (n-ETL). La recombinación de la carga se lleva a cabo en la capa emisora (EML), y es donde se emite la luz.



## 6.2 Eficiencia de Diodos Emisores de Luz Orgánica (OLED).

Esta tecnología de novald ha incrementado la eficiencia de potencia en dos a tres veces respecto a sus competidores, al mantener los voltajes de operación cercanos al límite teórico mas bajo, y como consecuencia permitirá pantallas que tengan un consumo de potencia bastante bajo en combinación con un tiempo de vida mayor y estabilidad en temperatura. La eficiencia en potencia es crucial para equipos portátiles.

Los OLED se mantendrán abiertos a nuevos campos de aplicación en los dominios de la iluminación. Muy delgadas pero muy amplias superficies de iluminación serán posibles de realizar, en adición se realzarán sus características, adecuando y flexibilizando los sustratos, fijando dispositivos de color y transparentes.

La aplicación de estos dispositivos al ofrecer alta eficiencia, temperatura estable, larga vida de operación, en donde tanto la blanca como la RGB de dispositivos OLED tendrán un muy buen futuro en el mercado<sup>10</sup>, pues se aplican a pantallas curvadas, flexionadas. Alexander R.M

Se utiliza una nueva tecnología basada sobre un silicón amorfo, conocido como estructura de silicón invertido la cual es una combinación altamente eficiente, en donde un procesamiento bien definido y un posterior encapsulamiento para protección son fundamentales para la alta eficiencia actual. Por ejemplo, los materiales fosforescentes típicos exhiben eficiencias de corriente superior en comparación con los materiales fluorescentes. Sin embargo, el tiempo de vida de este último es usualmente mucho mayor.

Rigurosamente se tiene que un 80% de la luz excitada es atrapada dentro, pero estudios recientes muestran, que una modificación de la superficie del sustrato contiene un enorme potencial para mejorar la eficiencia de la corriente.

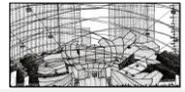
Las técnicas de dopaje permiten un alto grado de libertad sin tomar en cuenta el grueso total de un diodo. Por lo tanto, el acoplamiento hacia el exterior de la luz se puede optimizar por el grueso del diodo sin influenciar en el número de fotones generados.

El objetivo de la industria, sin tomar en cuenta la eficiencia de la potencia para aplicaciones de iluminación es de 50-80 lm/W @ 1000 cd/m<sup>2</sup> para luz blanca.

Los métodos exitosos empleados para el dopaje de materiales, han reducido los voltajes de operación y aumentado la eficiencia de la corriente al mismo tiempo, y se ha anunciado recientemente un nuevo valor record para el color verde de 110 lm/w para una emisión mínima.

---

<sup>10</sup> Novald AG, Tatzberg 49, 01307 Dresden, Germany



De estas áreas, nosotros vamos a seleccionar un espacio para desarrollar modelos y aplicaciones diversas en el diseño con estos nuevos materiales.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, en los antecedentes y las consideraciones teóricas, nosotros buscaremos utilizar los materiales que posean propiedades que mejoren en todos sus aspectos en el diseño, obteniendo una optimización en el uso de ellos.

Este trabajo es en esencia documental por lo novedoso y cambiante en tiempos muy cortos de la aparición de nuevos productos y el difícil acceso a ellos, tanto en la disponibilidad como el manejo de los mismos.

Proyecto de uso de Leds y OLeds.

Antecedentes.

El uso de los diodos emisores de luz tienen una historia que se remontan a la era del tubo al vacío y en donde varias compañías fabricantes de focos de luz tales como ( phillips, G.E, Siemens, etc. ), los han producidos.

Objetivo.

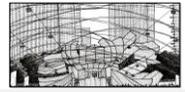
El uso de los dispositivos básicos de iluminación, usados en la industria de la construcción, y su integración a los programas de estudio en la U.A.M-X.

Contenido del proyecto.

El uso de los OLED, en la construcción de sistemas de iluminación que den lugar a incrementar la eficiencia manifestando un ahorro de energía considerable y una mayor y mejor luminosidad, pudiendo usarse en hoteles, escuelas, hoteles, sistemas de señalización en ciudades y carreteras, etc.

Resultados.

Resaltar las propiedades y estudiar el avance de esta tecnología en sus diversas aplicaciones, visualizando el potencial futuro. Considerar las aplicaciones futuras de esta tecnología. (Ver anexo B).



## Conclusiones

Si de algo podemos estar seguros, es que el futuro de las estructuras estarán ligadas al diseño y entendimiento de materiales que hagan a las estructuras más eficientes y seguras.

Los avances se enfocarán a la creación de "estructuras inteligentes", las cuales podrán detectar y responder adecuadamente a las fuerzas.

En la construcción tradicional y actual en general, las estructuras se consideran como pasivas, cosas fijas que solo están afectadas por fuerzas externas, pero la realidad es que son completamente dinámicas.

Dentro de la propuesta de las cuatro áreas a desarrollar podemos concluir lo siguiente.

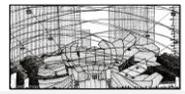
El uso del nanocemento, aun cuando muy difícil de conseguir y costoso, da lugar a considerar nuevos sistemas constructivos que dan grandes adelantos y ventajas de acuerdo a los sistemas tradicionales de construcción teniendo edificios más seguros a efectos catastróficos naturales tales como los terremotos, materiales transparentes de concreto que filtren la luz dejando pasar la luz y el calor en forma controlada, anticorrosivo y reparable, entre muchas otras ventajas futuras.

La aplicación de la fibra de carbón, se ha vuelto muy común debido a sus propiedades y un menor costo, un manejo más sencillo ha dado lugar a una popularización, pues su uso se ha extendido por diversas ramas del diseño, debido a esto esperamos darle una mayor atención dentro de nuestras posibilidades, por medio de conferencias y galerías de imágenes de diseños aplicados en diversos países del mundo.

Para el caso de los LED's orgánicos es necesario, considerar las aplicaciones futuras y actuales de estos dispositivos en los procesos de iluminación que se desarrollan a través de las construcciones residenciales y habitacionales, resaltando la eficiencia y ahorro de energía que se obtiene por el uso de estos dispositivos, los posibles ahorros evitando las pérdidas de energía en calor, así como el daño a la salud que infringen los dispositivos antiguos a la vista y al cuerpo humano.

El uso de los Superconductores.

En esta área de desarrollo se puede considerar, un trabajo de investigación selectivo pero a la vez muy importante, pues va ligado a la construcción de equipos y materiales tecnológicos de vanguardia que impactan en el desarrollo de la construcción de ciudades y suburbios debido a los medios de transportes del futuro, entre otras muchas cosas como lo hemos mencionado con



frecuencia. Aún así, persisten problemas como el uso de temperaturas muy bajas que se han ido resolviendo con el tiempo, por las investigaciones recientes al ir aumentando la temperatura con la meta de simplificar los procesos en donde es necesario utilizar sistemas complejos para obtener los resultados deseados, a temperaturas criogenas.

Aún cuando lo hemos mencionado recurrentemente, la teoría de la evolución y la biónica juegan un papel predominante en el diseño, en el surgimiento de las nuevas tecnologías, y por lo tanto es necesario promover conferencias e intercambios con centros y universidades que trabajen estas áreas.

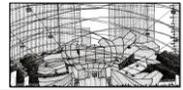
### **Picotecnología.**

Debemos considerar la llegada de la manipulación de la materia a una escala pico métrica, que se usa para referirse a la fabricación hipotética de estructuras donde los átomos y dispositivos están posicionados con exactitud subnanométrica. Esto es importante, cuando se desea la interacción entre un solo átomo o molécula, debido a la enorme resistencia cuando dos átomos están muy cercanos, pues las fuerzas a muy corta distancia varían inversamente proporcional con la distancia de separación, y en general los modelos y terminología que se usan en la química, como las fuerzas de van der Waals y las unidades angstroms se usan para describir este fenómeno y manipulación en esta escala, describiendo como se involucran la alteración de la estructura y las propiedades químicas de los átomos individuales a través de la manipulación de los estados de energía de los electrones para estados meta estables o estables con propiedades inusuales; tales manipulaciones incluyen a la química asociada con estados de oxidación con electrones en estados excitados. Sin embargo, el tamaño de estas transformaciones son más grandes que un pico metro y se trabaja en el campo de la química. A esto se le conoce como Femtotecnología.

Femtotecnología consiste en la manipulación de estados de energía, excitados dentro del núcleo atómico para producir estados meta estables (protones y neutrones).

También se consideran, las formas más avanzadas de nano tecnología molecular que consisten en moléculas compuestas de nucleones en lugar de átomos, y que imaginan crear máquinas que se reproduzcan a niveles de los virus en biología, y esto se lograría con moléculas compuestas de nucleones.

El proyecto "Nuevas Tecnologías para Estructuras y Construcción", busca presentar los nuevos retos que debe el diseñador enfrentar en un futuro



inmediato, y la incorporación de estos temas en los planes de estudios correspondientes en los niveles de licenciatura y postgrado.

**Este trabajo lo expongo de la siguiente forma:**

Una introducción donde presento los antecedentes e historia de los temas a tratar:

Utilizar los nuevos materiales en la construcción y estructuras los cuales son más resistentes a factores externos aleatorios tales como los terremotos y otros fenómenos naturales que pueden generar vibraciones y resonancias, además de que las estructuras podrán ser inteligentes pudiendo aplicarse al diseño en Arquitectura e Ingeniería.

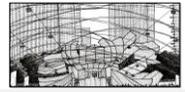
La Biónica tiene una fuerte relación entre la Evolución tecnológica, la Nanotecnología, los Superconductores y los Oled

Los Superconductores tienen primordial importancia en la levitación magnética y es extremadamente excelente en la fabricación de vehículos de transporte como el tren MAGLEV, el cual flota a través de un campo magnético eliminando virtualmente la fricción con las pistas, además de la aplicación de los superconductores en la construcción de supercomputadoras, construidas por I.B.M. como la Sequoia, que será la mas rápida y la de mayor capacidad de procesamiento, y que se piensa entregar en el año 2011 al departamento de energía para su uso en el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore y tendrá un rendimiento de 20 petaflops que es la unidad de rendimiento de una computadora según las operaciones que realiza en un segundo, las actuales apenas rebasan la barrera de un petaflops por segundo.

Los OLED, es una tecnología que está revolucionando la iluminación a nivel mundial y que son los conocidos diodos emisores de luz, y que se espera puedan ser utilizados en residencias, señalización en ciudades y carreteras.

La llegada de la llamada Pico tecnología o Femtotecnología, avizora un futuro revolucionario como el de la nanotecnología y que se espera acelere todo y avance en direcciones todavía no muy conocidas.

Aquí no se termina esta investigación y tema sino que inicia la época de las Tecnologías de la Información y la Comunicación llamadas (T.I.C) en las áreas del Diseño, Construcción, Ingeniería, Arquitectura y diversas disciplinas en el área de la Salud y la Sociedad.



## **Bibliografía General**

MORGAN, Sally & Adrian. (2004) "Design of Structures Science", Morgan Publisher Evans Inc.

HAL Amick & Paulo Monteiro. (2004) "Instalaciones para nanotecnología". Prentice Hall.

ACKERMAN, E. & Englewood Cliffs (1962). "Biophysical Science" Prentice Hall.

WILEY, John & Sons Inc. (1996) "Architectural Graphic Standars" The American Institute of Architects. Tenth Edition.

Williams T. Thomson. (1982)  
Teoría de Vibraciones y Aplicaciones.  
Prentice Hall

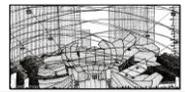
Donald Cardwell. (1994)  
The Fontana History of Technology  
Harper Collins Publishers Ltd.

Richard Courant and David Hilbert (1953)  
Methods Mathematical of Physics  
Wiley Interscience Inc.

Glyn James (1993)  
Advances Modern Engineering Mathematics  
Addison Wesley Publishing Company Inc.

Kimberly Elam (2003)  
Geometría del Diseño  
Estudio en Proporción y Composición  
Trillas.

Gyorgy Doczi (1996)  
El Poder de los Límites  
Proporciones Armónicas en la Naturaleza, el Arte y la Arquitectura  
Editorial Troquel.



## **Nanotecnología.**

Fritz Allhoff and Patrick Lin (eds.), (2008)  
Nanotechnology & Society ::Current and Emerging Ethical Issues  
( Dordrecht: Springer).

Fritz Allhoff, Patrick Lin, James Moor, and John Weckert (eds.), (2007)  
Nanoethics: The Ethical and Societal Implications of Nanotechnology (Hoboken:  
John Wiley & Sons).

Maynard Andrew, (2007).  
The twinkie Guide to Nanotechnology Woodrow Wilson International  
Center for Scholar.

J. Clarence Davies, (May 2007).  
EPA and Nanotechnology: Oversight for the 21 st Century, Project on Emerging  
Nanotechnologies,

Williams Sims Bainbridge: (June 27 2007).  
Nanoconvergence: The unity of Nanoscience, Biotechnology, information  
Technology and Cognitive Science,  
Prentice Hall.

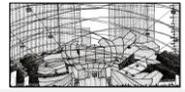
Lynn E. Foster: Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunity,  
December 21 2005  
Prentice Hall

Hunt, G & Mehta, M (eds) (2008)  
Nanotechnology: Risk, Ethics & Law, Earthscan, London.

Hari Singh Nalwa (2004),  
Encyclopedia of Nanoscience and Technology (10-Volume Set)  
American Scientific Publishers

Michael Rieth and Wolfram Schommers (2006),  
Handbook of Theoretical and Computational Nanotechnology  
(10- Volume Set), American Scientific Publishers

Akhlesh Lakhtakia (ed) (2004).



The Handbook of Nanotechnology. Nanometer Structures: Theory, Modeling, and Simulation. SPIE Press, Bellingham, WA, USA.

Fei Wang & Akhlesh Lakhtakia (eds) (2006).  
Selected Papers on Nanotechnology, Theory & Modeling(Milestone Volume 182). SPIE Press, Bellingham, WA, USA.

Jumana Boussey , Georges Kamarinos, Laurent Montés(editors)(2003), Towards Nanotechnology, "Nano et Micro Technologies", Hermes Sciences Publ.,Paris.

The Silicon Valley Toxics Coalition (April, 2008),  
Regulating Emerging Technologies in Silicon Valley and Beyond

Genetics Engineering & Biotechnology News (January, 2008),  
Getting a Handle on Nanobiotech Products Regulators and Companies Are Laying the Groundwork for a predicted Bright Future

## **Semiconductores**

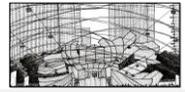
Alan B Grebene (1972).  
Analog Integrated Circuits Design  
Van Nostrand Reinhold Company

Hans. R. Camenzind.(1973).  
Electronic Integrated Systems Design  
Van Nostrand Reinhold Company

Franklin. C. Fitchen. (1973)  
Electronic Integrated Circuits and Systems  
Van Nostrand Reinhold Company

Morton. L. Topfer. (1973)  
Thick – Film Microelectronic: Fabrication, Design, and Systems Applications of MOS/L.S.I.; Engineering Staff of American Micro - Systems, Inc.  
Van Nostrand Reinhold Company

Morton L. Topfer. (1973).  
Thick-Film Microelectronics: Fabrication, Design and Application  
Van Nostrand Reinhold Company



Engineering Staff of American Micro-Systems, Inc (1973).  
MOS Integrated Circuits: Theory, Fabrication, Design, and Systems Applications of  
MOS/L.S.I.  
Van Nostrand Reinhold Company

Athanasios Papoulis (1968).  
Systems and Transforms with Applications in Optics  
Mcgraw-Hill Book Company

Eugene Jahnke & Fritz Emde (1945)  
Tables and Functions with Formulae and Curves  
Dover Edition

### **Fibras de Carbono**

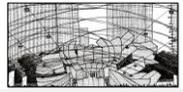
Brave new solid – state, carbon – fiber world (2004).  
Arquitectural Record

Carbon Fiber Future Metropolis Magazine.  
(February 2003).  
Courtesy of Peter Testa Architects.

Goldberg, D.E, (1989).  
Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning (Addison  
Wesley: Reading, MA ).

Holland, J.H, (1975),  
Adaptation in Natural and Artificial Systems (University of Michigan Press: Ann  
Arbor, USA).

Kollman, P., and Levin, S., eds., (1996),  
“Modeling of Biological Systems, A Workshop at the National Science  
Foundation March 14 and 15, 1996” (National Science Foundation: Washington,  
D.C.)  
Langton, C.G. ed., (1989),  
Artificial Life, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity Proceedings,  
Vol. VI (Addison Wesley: Reading, MA).



Testa, P., and O' Reilly, U.M, (1999),  
"Emergent Design Studio", Media and Design Process, ACADIA Annual Meeting  
Proceedings(ACADIA: Philadelphia, PA): 338-339.

Wilensky, U. and Resnick, M, (1998),  
"Thinking in Levels: A Dynamic Systems Perspective to Making Sense of the  
World", Journal of Science Education and Technology, Vol. 8, No.2.

"Bionics & Evolution Technique".(2005)  
The Technical University of Berlin

Ralph C. Merkle Xerox Parc Palo Alto C. A. (2005)  
94304. 3333 Coyote Hill Road

"Technology Transfer Remains a Nascent Movement".(2005)  
Lynn Emann

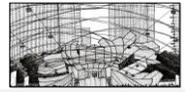
"Designer get more information earlier and faster".(2005)  
Michael Bordenaro

"The House of the Future has arrived". (2005)  
Sara Hart

"Facade Engineering Emerges".(2006)  
Sara Hart

"New Building Systems Mimic Nature". (2006)  
Nancy B. Salomon

"Colección bibliográfica en Estructuras Biológicas". (2006) Daniel O. Graney  
Alexander R.M (2006)  
"Animal Mechanics".  
Washington Seattle.



## Superconductores

Fischer Martin.

NewPathto10MW(<http://www.renewableenergyworld.com/real/news/article/2010/10/superconducting-seating-opens-path-10-mw>)Renewable Energy World,12 October. Retrieved: 14 October 2010.

L.R .Lawrence et al: "High Temperature Superconductivity: The Products and their Benefits"(<http://www.ornl.gov/sci/htsc/documents/pdf/products&Benefits2002Final.pdf>) (2002) Bob Lawrence & Associates, Inc.

HTS-110 Ltd (<http://www.hts-110.com>) and Paramed Medical Systems Inc (<http://www.paramedmedicalsystems.com/pdf/chicago06.pdf>).

Gelsi, Steve (2008-07-10). "Power firms grasp new tech for aging grid" (<http://www.marketwatch.com/news/story/power-firms-grasp-new-technology/story.aspx>). Market Watch. Retrieved 2008-07-11.

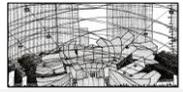
"Superconductor Electricity Pipelines to be Adopted for America's First Renewable Energy Market Hub"

(<http://www.businesswire.com/news/home/20091013005203/en>). 2009-10-13.

Retrieved 2009-10-25.

Retrieved from <http://en.wikipedia.org/w/index.php>

Categories: Superconductivity



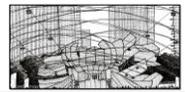
## Internet

Evolution from WIKIPEDIA.HTM

Promueve la aplicación de analogías biológicas para el estudio y diseño para sistemas de construcción, y de un modo más específico, se motivan los procesos de creatividad, por el hecho de que los organismos biológicos y sus órganos han sido bien optimizados por la evolución.

[http:// www.energy.gov/contact/newwebsite.htm](http://www.energy.gov/contact/newwebsite.htm)

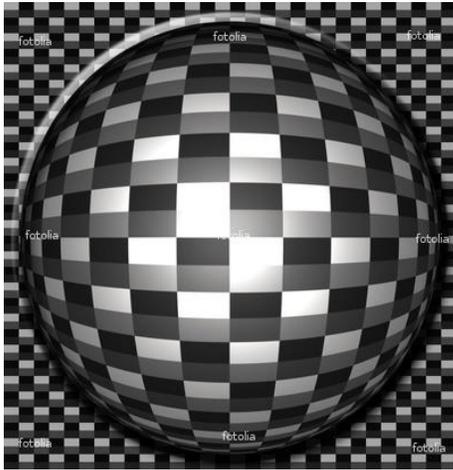
Dpto de U.S.A que se encarga de promover la innovación científica y tecnológica de nuevos materiales, nuevas fuentes de energía, limpieza del medio ambiente, y avances en seguridad y salud



## Anexos.

### Anexo A

**Galería** Imágenes que muestran el uso y la cotidianidad con la que son diseñados objetos a base de la fibra de carbón.



Diseño abstracto con material de fibra de carbón



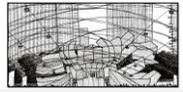
Pontiac creado a base de fibra de carbón en exteriores e interiores



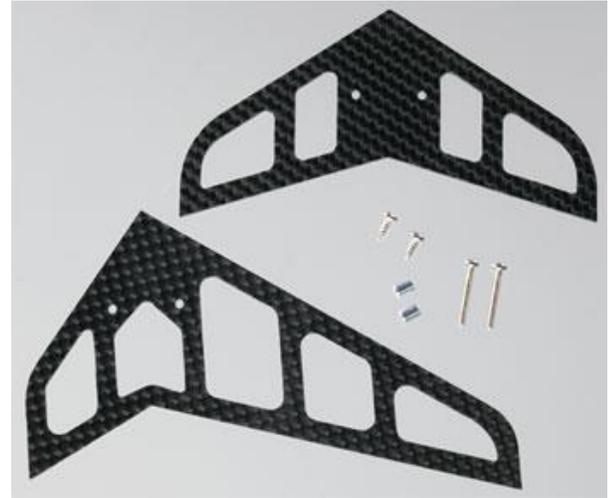
Silla elaborada con material de fibra de carbón



Dispositivo electrónico musical aplicando nanotecnología



Partes de elementos de automatización utilizando fibra de carbón



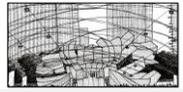
Objetos de soporte con fibra de carbón de mínimo grosor y de alta resistencia



Moto fabricada con fibra de carbón que permitirá propiedades de ligereza y por ende velocidad



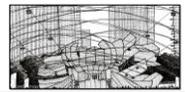
Gogles de fibra de carbón



Bicicleta de fibra de carbón que proporciona características de velocidad y seguridad.



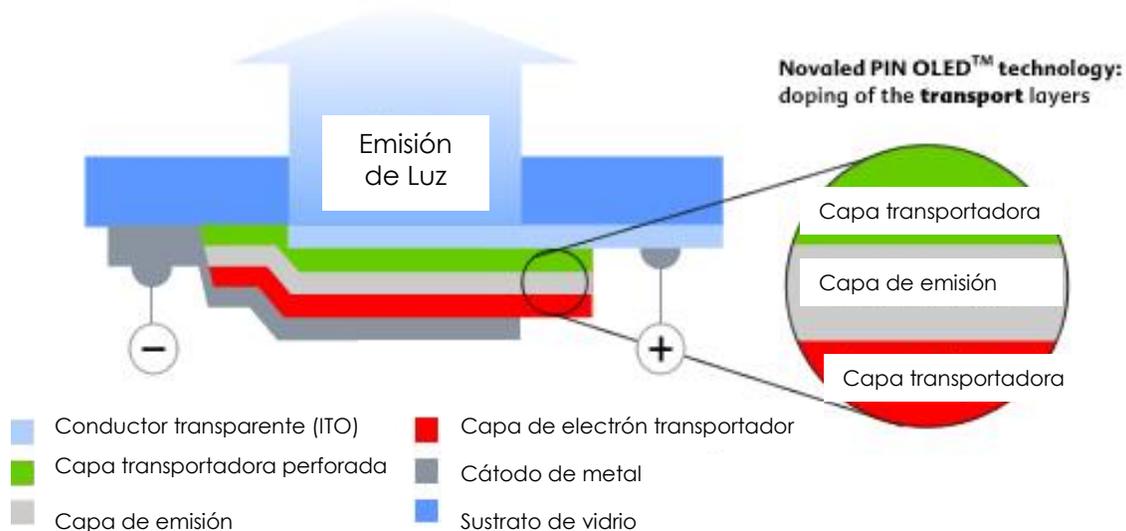
Casco protector con fibra de carbón, liviano y con gran dureza



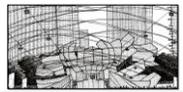
## Anexo B

### Novaled

Las ventajas excepcionales para los clientes ambiciosos Novaled se centran terminantemente en las necesidades de sus clientes. Reticulan a todos los equipos - los grupos es decir de la física, de la química, de la administración y de la herramienta - fuertemente asegurando una comprensión amplia y profunda de todos los aspectos de OLEDs: características ópticas, arquitectura de apilado, mecanismos de la degradación (producto químico y comprobación), dispositivo que procesa así como el doping y materiales del transporte. Esta comprensión profundizada permite a la compañía crear las ventajas excepcionales para sus clientes. Éstos incluyen: OLEDs con la eficacia voltage/molecular de funcionamiento extremly bajo p y n de la energía más alta que dopan la emisión superior y OLEDs blanco completamente transparentes, OLEDs metal-libre de integration/contact dando como resultado una larga vida útil y de gran capacidad.

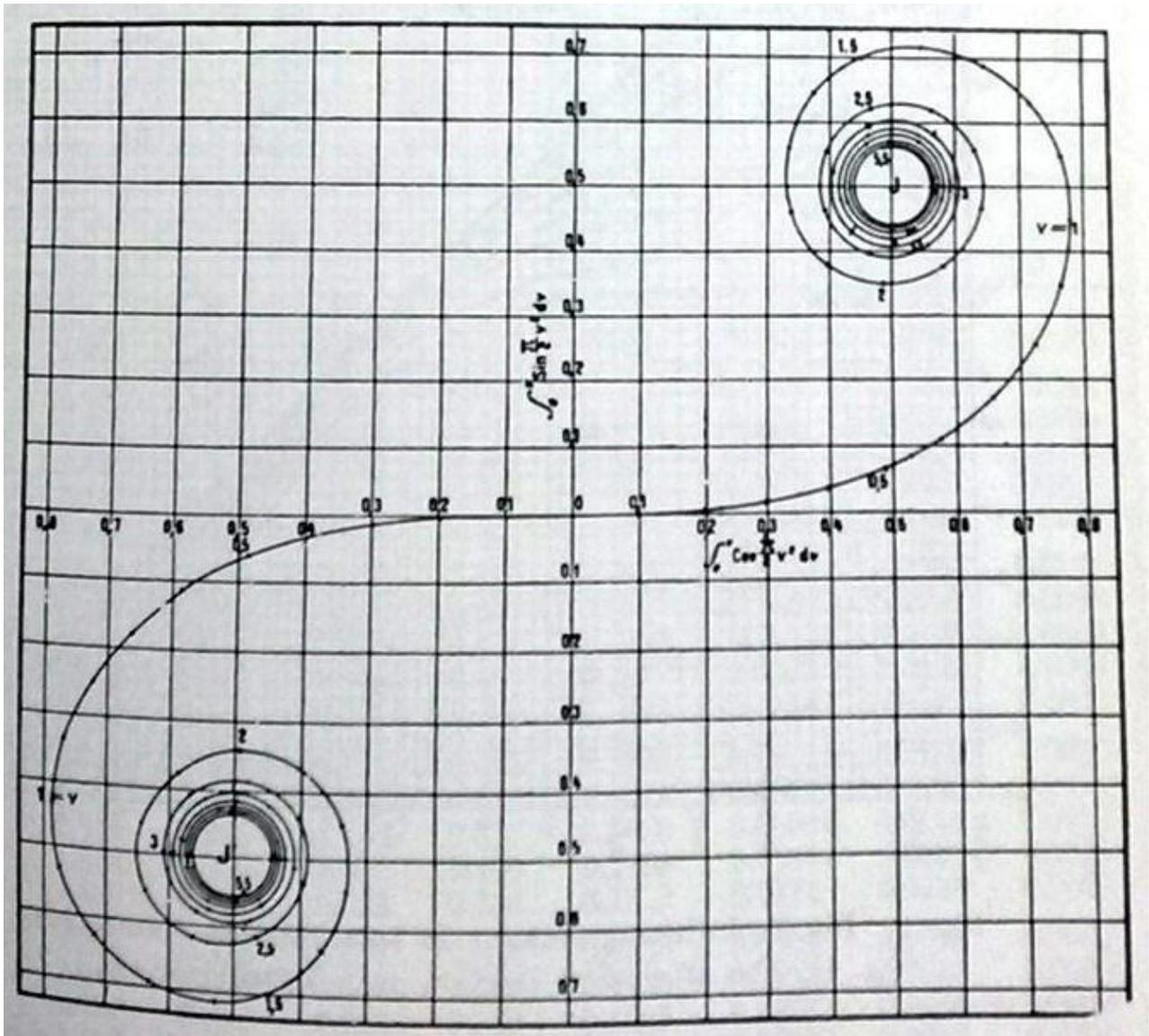


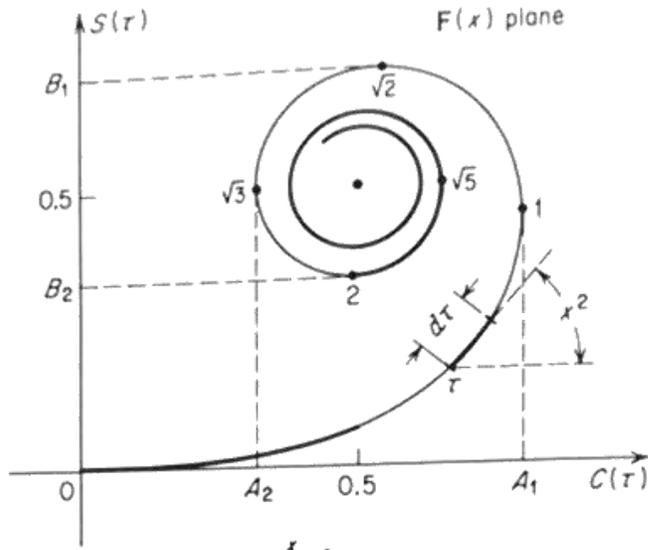
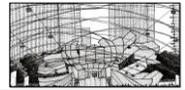
La arquitectura del principio de una emisión inferior OLED que incorpora la emisión intrínseca acorde en la PERNO tecnología de Novaled de OLED™ usando capas de transporte dopadas. Los agujeros se inyectan del ánodo y son transportados por la capa de transporte del p-agujero (p-HTL) a la capa que emite (EML). Los electrones se inyectan del cátodo y son transportados por la capa de transporte, n-electrón (n-ETL). La recombinación de los portadores de la carga ocurre en el EML y se emite la luz.



Anexo C.  
Graficas de la Clotoide a Partir de La Integral F(x).

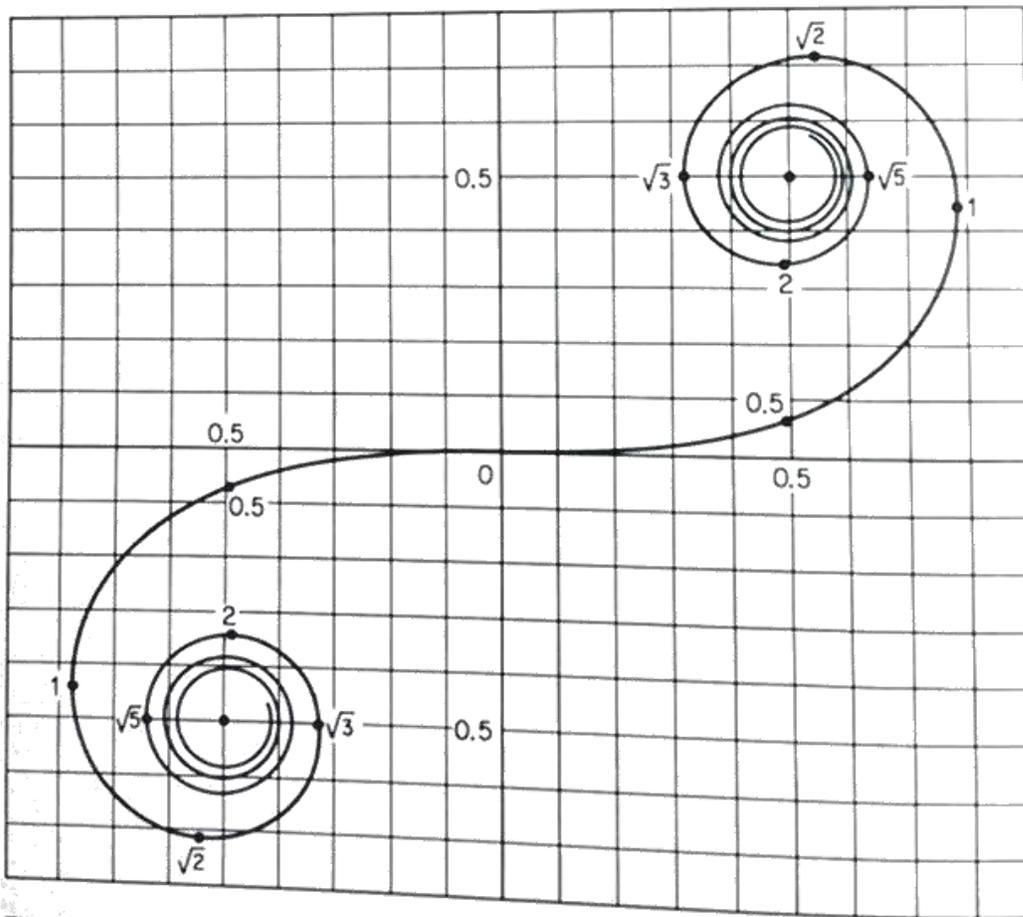
Espiral de Cornu.

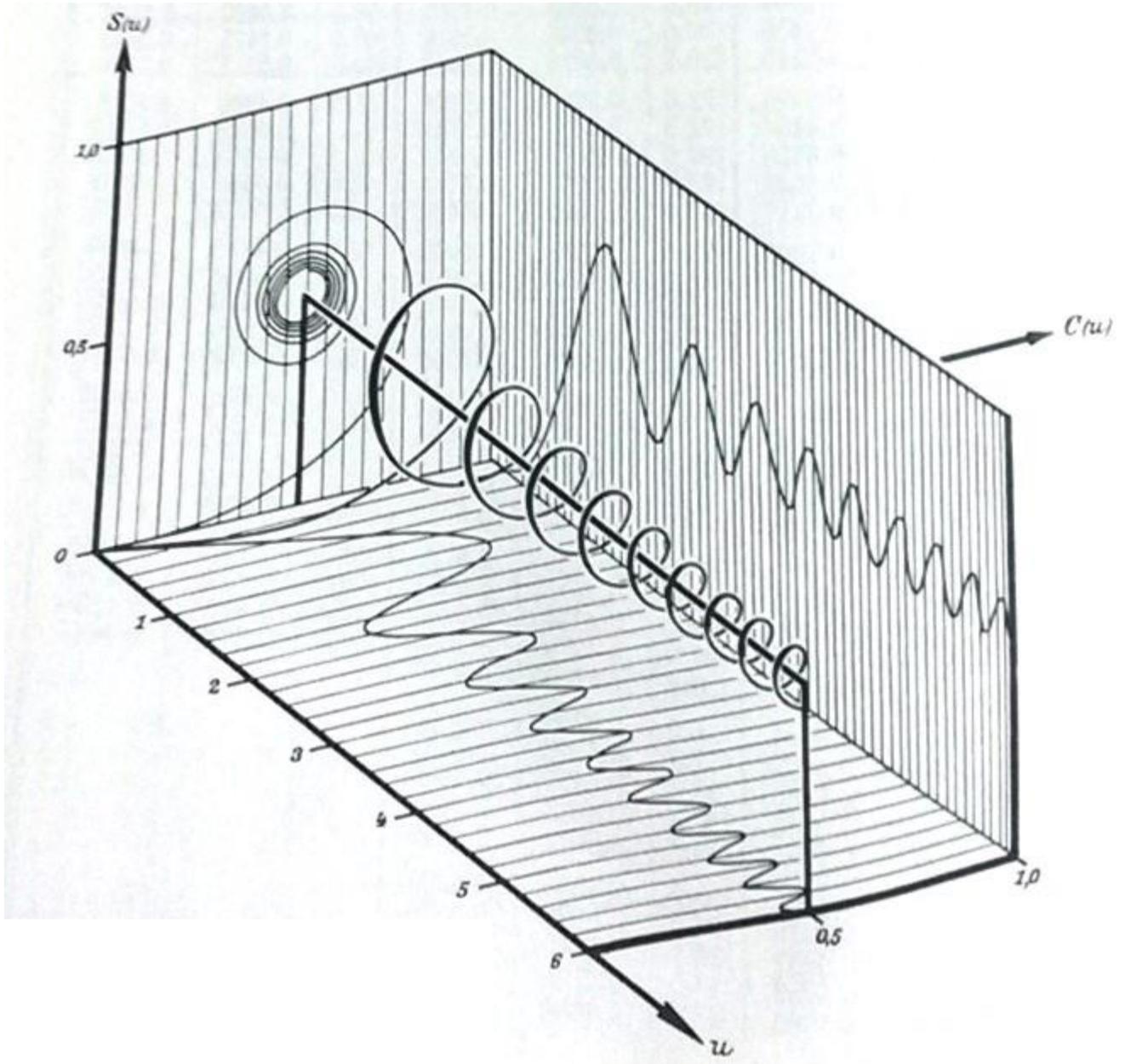
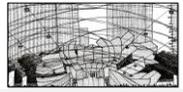




$$F(x) = \sqrt{2/\pi} \int_0^x e^{jy^2} dy = C(\tau) + jS(\tau)$$

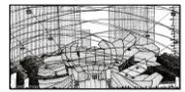
$$\tau = x\sqrt{2/\pi}$$





$$F(x) = \sqrt{2/\pi} \int_0^x e^{jy^2} dy = C(\tau) + jS(\tau)$$

$$\tau = x \sqrt{2/\pi}$$

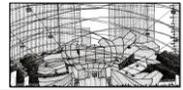


## **Anexo D.**

### **Superconductores.**

#### **Usos de los Superconductores.**

El uso de los superconductores en la levitación magnética, es una aplicación en donde los superconductores tienen un comportamiento extremadamente excelente, en donde los vehículos de transportes tales como los trenes, se puede hacer que floten sobre fuertes magnetos superconductores, eliminando virtualmente la fricción entre los trenes y sus pistas, y no solamente los electro magnetos convencionales perderán mucha de la energía eléctrica en calor, sino que ellos serán mucho más grandes físicamente que los magnetos superconductores. Un sitio de interés, fue el uso comercial de la tecnología de este tipo conocida como MAGLEV, ocurrió en 1990 cuando se ganó un proyecto de la fundación nacional de Japón. El ministerio del transporte, autorizó la construcción de la línea de prueba Maglev, conocida como Yamanashi. La línea de prueba MLX01, llega a desarrollar una velocidad increíble de 361 mph (581 kph). Aun cuando la tecnología está completamente probada, el amplio uso de los vehículos MAGLEV se ha restringido por las políticas ambientales, que se refieren a los efectos de los fuertes campos magnéticos que pueden crear daños biológicos al ser humano.



## Anexo E.

Novedades del Concreto a Nanoescala y sus Ventajas.  
Profr. Del M.I.T. ( Massachusetts Institute of Technology )  
Franz Josef Ulm. 30 de Julio/ 2009.  
Profr. De la Ecole des Ponts Paris Tech  
Universite Paris-Est  
Mr H Vandamme

Desarrollan una investigación que establece las bases para la reingeniería del concreto desde una perspectiva a Nanoescala.

La cual aumentará la durabilidad del concreto y prolongará la vida de las estructuras con la posibilidad de agregar a estructuras ya hechas la cantidad de concreto necesario para alargar y mejorar sus características por cientos de años en lugar de décadas como en la actualidad, bajando el costo de la construcción, mejoras en la calidad y una baja en la contaminación de la industria del concreto. Esto se obtiene adicionando vapor de silicio, para modificar la densidad del concreto a nivel de nanoescala logrando una alta densidad, materiales mas moldeables, durables y resistentes, como ejemplo comparan la duración de los mejores concretos usados para confinar desechos nucleares con duración de 200 años, en el caso de usar concretos de ultra alta densidad(U.H.D) estos podrían durar hasta 16000 años conservando sus características en óptimas condiciones.

Ulm y Vandamme lograron su descubrimiento e investigación utilizando un dispositivo de nano identificación el cual permite manipular y estresar las moléculas y átomos de carbono y silicio aplicando cargas y midiendo las propiedades de deformación en minutos y fracciones los cuales toman tiempos a largo plazo cuando se experimentan en escala macroscópica.

Nuevo Cemento Flexible Capaz de Repararse Mayo 27/2009.

El Ing. Victor Li de la Universidad de Michigan ha creado un nuevo tipo de concreto que tiene la propiedad de autorepararse cuando aparecen grietas sobre su superficie. Su creador asegura que este nuevo material se repara gracias a la acción del agua de lluvia o el dióxido de carbono presente en la atmósfera.

El concreto actual va reforzado con barras de acero para evitar grietas, pero el concreto que se auto repara y harían innecesarios los refuerzos de acero, además de que otra de las características de este sería su flexibilidad, que hace que se comporte mas como metal y que se dobla sin romperse, no es necesaria la intervención humana para aplicar el agua y el dióxido de carbono ya que con unos pocos días son suficientes para reparar un puente o una carretera, porque el material está diseñado para doblarse y romperse en líneas, como ocurre cuando se rompe un pelo, en lugar de romperse creando grandes espacios como suele pasar con el concreto actualmente. Es como si tuviéramos una pequeña cortada en la mano donde el cuerpo es capaz de cicatrizar por si mismo e incluso en caso de que pudiera una sobrecarga extrema generar una grieta, esta sería de dimensiones muy pequeñas, casi imperceptibles.