



UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO

Maestría en Diseño Mención Gestión de Diseño

Estado del Arte de los Nanomateriales en Arquitectura

Autora:

Arq. Patsy Georgette Bermúdez Ronquillo

**Proyecto de Investigación Presentado como Requisito para la
Obtención del Título de Magister en Diseño Mención Gestión de Diseño**

Director:

Dr. Rer. Nat. Julio C. Chacón Torres

Portoviejo, noviembre de 2019



Universidad San Gregorio de Portoviejo

Dirección de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Estado del Arte de los Nanomateriales en Arquitectura

Arq. Patsy Bermúdez Ronquillo

Ing. Mariela Coral López

Presidente del Tribunal

Arq. Andrea Bonilla Ponce

Miembro del Tribunal

Arq. David Moreira Moreira

Miembro del Tribunal

Portoviejo, noviembre de 2019



Derechos de Autor

Yo, Patsy Georgette Bermúdez Ronquillo, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Según lo establecido por la Secretaría Nacional de Derechos Intelectuales entrego el presente trabajo de investigación a la Universidad San Gregorio de Portoviejo.

Arq. Patsy Bermúdez Ronquillo



CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor de la estudiante Patsy Georgette Bermúdez Ronquillo, que cursa estudios en el programa de cuarto nivel: Maestría en Diseño Mención Gestión del Diseño, dictado en la Facultad de Postgrado de la USGP.

CERTIFICO:

Que he analizado el informe del trabajo científico con el título: “Estado del Arte de los Nanomateriales en Arquitectura”, presentado por la estudiante de postgrado Patsy Georgette Bermúdez Ronquillo, con cédula de ciudadanía N° 0908989932, como requisito previo para optar por el grado académico de Magister en Diseño Mención Gestión en Diseño y considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes necesarios de carácter académico y científico, por lo que lo apruebo.

Tutor: Dr. rer. nat. Julio C. Chacón Torres

Ibarra, 3 de octubre de 2019

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mis padres Doctor Jorge Bermúdez Sánchez y Blanca Ronquillo Fajardo que fomentaron en mí el estudio y la preparación académica.

A mi esposo Fernando Delgado Bahamonde por su apoyo incondicional en todo este tiempo de la maestría.

A mis tres amores Patsy, Nicolle y Fernando Delgado Bermúdez, que en todo momento estuvieron presentes en mi pensamiento, y me dieron sin saber ese impulso para seguir adelante en esta etapa de estudio. a mi Patsy que desde el cielo sé que me apoyaba. A Nicolle y Fernando que siempre estuvieron presentes y ayudándome de una u otra forma.

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento a mi mejor amigo, mi confidente, mi hermano, el que me regaló el don de la sabiduría y entendimiento, a mi padre celestial “Dios”, que en todo momento estuvo presente apoyándome y guiando mis pasos en toda esta etapa de estudio.

A mi esposo Fernando Delgado y a mis hijos Patsy, Nicolle y Fernando, por su comprensión por todo este tiempo que estuve ausente y a pesar de ello siempre estuvieron junto a mí en todo momento.

Al Doctor Julio Chacón, que me supo guiar de la mejor manera para la realización de este trabajo, y en especial, muy agradecida por el tiempo que le dedico para la culminación del mismo.

A mis amigos Oscar Apolo y Mariuxi Arboleda por abrirme las puertas de su hogar y brindarme hospedaje y ofrecerme su amistad, la cual valoro mucho.

A mi amiga y compañera Arq. Ana María Garcés por haberme acompañado en esta aventura de 18 módulos, donde fuimos compañeras, pero más que eso amigas y a su esposo Cesar Delgado por haber colaborado con nosotras en todo este proceso.

Resumen

El presente trabajo se fundamenta en la investigación y recopilación de datos bibliográficos acerca del uso de nanomateriales sus usos y aplicaciones en Arquitectura. Por lo cual, para su interpretación se realiza una compilación de datos históricos sobre el origen, obtención y propiedades de los nanomateriales en general y su particular integración en el campo de la ingeniería civil y arquitectura en Latinoamérica y Ecuador. En cuanto, a sus aplicaciones, se establece que la nanociencia ha contribuido en el mejoramiento de las condiciones de los elementos, y tiene en la actualidad múltiples integraciones en diferentes campos socioeconómicos, y uno de ellos es la arquitectura.

A continuación, se establece, que la industria de la construcción tiene grandes beneficios al mejorar las propiedades físicas y químicas de los materiales ofertando una mayor resistencia mecánica, elasticidad, impermeabilidad, durabilidad, y otras características que se especifican en este trabajo, de manera que, alarga la vida útil de los materiales, evitando el reemplazo de los mismos en un corto plazo. El uso de nanomateriales como parte de la elaboración de nuevos materiales para construcción contribuye a la optimización de recursos, la creación de nuevas fuentes de trabajo, alto nivel académico/científico, el cuidado del medio ambiente, entre otros.

Una vez analizado todos estos aspectos anteriores, se establece la conveniencia de la repotenciación del sistema constructivo del Ecuador, teniendo en cuenta que otros países han incrementado el uso de materiales nanoestructurados en sus sistemas de construcción, adquiriendo grandes beneficios para el país.

Palabras claves: Arquitectura; Construcción; Ingeniería; Integración; Nanotecnología; Nanociencia; Nanopartículas.

Abstract

This work is based on the research and data collection of nanomaterials and their uses and applications in architecture. To interpret them, it was performed a recollection of historical data and research of origins, extraction and properties of the nanoparticles and their particular integration in both civil engineering and architecture in Latin America — including Ecuador. Regarding the applications, it was established that the nanoscience has contributed to the improvement of the conditions of the elements, and nowadays it has multiple integrations in several fields one of them being architecture.

Thereafter, it was established that the nanoscience has significantly benefited the construction industry improving the physical and chemical properties of materials providing more resistance, elasticity, impermeability, durability and other properties that increase the life cycle of the materials, thus, decrease the short-term replacement. Moreover, the use of nanomaterials in new construction products contributes to the optimization of resources, creates new sources of work, increases the academic/scientific knowledge, and cares for the environment among others.

Once all the aforementioned factors were analyzed, it was established the appropriateness for re-potentialization of the constructive system of Ecuador, considering that other countries have secured great benefits by increasing the use of nanoparticles in their constructions.

Keywords: Architecture; Building; Engineering; Integration; Nanoparticles; Nanoscience; Nanotechnology.

Tabla de contenido

I.- Introducción	XVII
I.I Los Nanomateriales y la Arquitectura	XVIII
I.II Características Fundamentales	XIX
I.III Propiedades de los Nanomateriales	XX
I.IV Aspectos de Inversión en Investigación Científica	XX
II.- Motivación	XXIII
III.- Metodología	XXV
Capítulo 1 Revisión Teórica	27
1.1 Origen de los Nanomateriales	27
1.1.2 ¿Qué es Nanotecnología?	30
1.1.3 ¿Qué es Nano-Ciencias?	31
1.2 Métodos de Obtención de Nanomateriales	31
1.2.1 ¿Cómo se Obtienen Materiales de Tamaño Nanométricos?	33
1.3 Tipos de Nanopartículas	34
<i>Basados en Carbono.</i>	38
1.4.2.1 Basados en Carbono.	38
1.4.2.2 Basados en Metales.	40
1.4.2.3 Dendrímedros	42
1.4.3.4 Compuestos.	43
1.5.1 Propiedades Morfológicas-Estructurales.	45

1.5.2 Propiedad Térmica.....	45
1.5.3 Propiedades Mecánicas.....	45
1.5.4 Propiedades Ópticas.....	46
Capítulo 2 Estado del arte de los Nanomateriales en Arquitectura.....	48
2.1 Nanomateriales y Arquitectura.....	48
2.2 Aplicaciones de Materiales Nanoestructurados.....	50
2.3 Materiales de Construcción con Aplicación de Nanomateriales.....	52
2.3.1 Concreto.....	52
2.3.3 Nanotecnología Aplicada a la Conservación Patrimonial.....	56
2.3.3.1 <i>Avances en la Ciencia de la Nano Restauración</i>	57
2.3.4 Pintura.....	59
2.3.5 Madera.....	60
2.3.6 Vidrio.....	62
2.3.7 Aluminio.....	63
2.3.8 Metales.....	64
2.3.9 Cerámica.....	66
2.3.10 Sellantes.....	68
2.4 Riesgos para la Salud, Seguridad y Medio Ambiente.....	69
Capítulo 3 Nanotecnología en Latinoamérica.....	71
3.1 La revolución de la Nanotecnología en América Latina.....	71
3.2 Nanotecnología en América Latina y el Caribe.....	73

3.3 Patentes sobre Nanotecnología en América Latina	80
3.3.1 ¿Qué es una Patente yCuál es su Relación con la Nanotecnología?	80
3.3.3 Latinoamérica y las Patentes en Nanotecnología.....	82
Capítulo 4 Estadísticas Económicas.....	85
4.1 Impacto económico de la Nanotecnología	85
4.2 La financiación de la Investigación en Nanotecnología	86
4.3 Proyecciones Económicas de la Nanotecnología	88
Capítulo 5 Integración Social y Plan Toda una Vida	91
5.1 Plan Nacional de Desarrollo: Toda una vida	91
5.2 Proyección del Ecuador Hacia el Año 2030.....	92
5.3 Economía al Servicio de la Sociedad.....	93
5.4 Más Sociedad Mejor Estado	93
5.5 Directrices y Lineamientos Territoriales.....	94
Capítulo 6 Posibilidad de Integración de Nanotecnología en el Ecuador	96
6.1 Sistema Constructivo del Ecuador	96
6.1.1 Sistema Constructivo Tradicional.....	96
6.1.1.1 Hormigón Armado y Mampostería.	96
6.1.2 Estructura Metálica.....	97
6.1.3 Hormi2.....	97
6.1.4 HORMYPOL	97
6.2 Ciencia y Tecnología en Ecuador	98

6.2.1 La SENESCYT	99
6.2.2 Creación de Yachay Tech.	100
6.3 La Nanotecnología en Ecuador	101
6.4 ¿Es Posible el Desarrollo de la Nanotecnología en el País?	102
6.5 Estadísticas Referentes a Nanotecnología en Ecuador	103
6.6 Universidades con Carreras de Nanotecnología en Ecuador	105
6.7 Caso de Estudio sobre Nano hierro en Ecuador	108
6.8 Productos con Nanotecnología que se Comercializan o Producen en Ecuador.....	109
Conclusión	112
Anexos.....	114
Referencias	115

Tabla de figuras

Figura 1: Diagrama de los Diferentes Campos Donde se ha Incursionado en nanotecnología. Elaboración propia. Fuente: Aguayo et al (2011)	XVII
Figura 2: Diagrama de Flujo de la Metodología del Estado del Arte de Nanomateriales en Arquitectura	XXVI
Figura 3: Richard Feynman, Premio Nobel de Física 1959. Fuente: Castillo (2012)	27
Figura 4: Átomos de Xenón Vistos a Través del Microscopio Efecto Túnel. Fuente: Ashby (2009)	28
Figura 5: Comparación de Escalas entre Objetos Conocidos. Diámetro.....	29
Figura 6: Escalas de Dimensiones. Fuente: Ashby (2009)	31
Figura 7: Método de Obtención de Nanomateriales. Fuente: Gómez (2018).....	32
Figura 8: Dimensiones de Nanopartículas. Madrid (2017)	37
Figura 9: Fullerenos. Fuente: Mantilla (2012)	39
Figura 10: Nanotubo de Carbono. Fuente: Mantilla (2012)	39
Figura 11: Estructura Esquemática de un Punto Cuántico. Fuente Barros & Villaescusa (2011)	41
Figura 12: Representación Esquemática de un Dendrímero. Fuente: Alonso y Casado (2016).....	43
Figura 13: a) Vitral roseta Norte de la Catedral de Notre-Dame- b) imágenes de microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y de Campo Oscuro/DMF). Fuente: Gamo (2015).....	47

Figura 14: Nanomateriales Utilizados por División Industrial. Fuente: Stat Nano (2019).....	50
Figura 15: Evolución Global del Número de Publicaciones Aplicadas en Patentes. A.- Patentes que Agrupan la Construcción y la Ingeniería civil; B.- Patentes de la Tecnología de Superficies y Recubrimientos. Fuente: WIPO (2016)- tomado de De la Peña (2017).....	52
Figura 16: Edificio Al Shaheed en Irak. Fuente: Grávalos, & Vera.....	55
Figura 17: Palacio de los Deportes de Roma Construidas con Fibras de Acero por el Arquitecto e Ingeniero Pier Luigi Nervi. Fuente: Serrano 2018	56
Figura 18: Proyecto de Vivienda Strucksbarg Diseñado por el Arquitecto Renner Hainke Wirth, Revestido con Pintura Autolimpiable. Fuente: Ashby 2009	59
Figura 19: Crecimiento de Mohos en Madera de Pino Tratadas con Suspensiones Acuosas de Nanometales, incubadas en cámara tropical. Fuente: Goddio et al. (2013).....	61
Figura 20: Superficie con Capacidades Higiénicas Especiales para uso de Atención Médica y otros Entornos, de Fácil Limpieza, Resistente a Desinfectantes y Tiene Acción Antibacteriana.....	62
Figura 21: Vidrio Autolimpiable, con Efecto Fotocatalítico e Hidrofílicas. Ashby (2009).....	63
Figura 22: Aluminio Nanoestructurado. Fuente: http://es.guangzhouacm.com/pvdf-aluminium-composite-panel/	64
Figura 23: Barras de acero nanoestructurado MMFX2	66
Figura 24: Cerámica Novabell.....	67
Figura 25: Sellante Percenta para Mejorar las Superficies. Fuente: https://percenta-nanoproducts.com/	69

Figura 26: Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón. Sao Paulo Brasil. Fuente: Foladori-Invernizzi (2012)	74
Figura 27: Aplicaciones de Patentes por Origen. Fuente: WIPO (2019)	80
Figura 28: Distribución de las Aplicaciones de Nanopartículas Publicadas en WIPO por Campo de Tecnología. Fuente: WIPO (2019).....	81
Figura 29: : Incremento del 28% en América Latina y el Caribe de Aplicaciones de Patentes en Nanotecnología. Fuente: WIPO 2019.....	84
Figura 30: Inversión Gubernamental en Nanotecnología (en millones de dólares).89	
Figura 31: Promedio de Citaciones por Nano Artículos en los Últimos Cinco Años.	103
Figura 32 Prioridad Nacional en Nanociencia. Fuente: https://statnano.com/country/ecuador	104
Figura 33: Escala Normalizada de la Prioridad Nacional en Nanociencia para el Quinquenio 2013-2017. Fuente: Isi WOK, tomado de Gutiérrez (2018).....	104
Figura 34: Indicadores de las Diez Mejores Universidades en el Ecuador en Cuanto a Publicaciones Científicas. Fuente: Nature Index	107
Figura 35: Resultados de Publicaciones Científicas en revistas. Fuente: Nature Index	108
Figura 36: Pinturas Cóndor con Nanopartículas.....	110
Figura 37: Protección Invisible, Repelente de Líquidos Nano4life.....	111
Figura 38: Área de Hilado de Andelas Textiles en Ambato. Fuente: Diario El Telégrafo.....	111

Índice de tablas

Tabla 1: Principales Productos Nanoestructurados Efectos y Aplicaciones.....	58
Tabla 2: Políticas Públicas en Favor de las Nanotecnologías o Incluso Como Área Prioritaria en Planes de Desarrollo en Países Seleccionados de América latina.....	71
Tabla 3: Principales Sistemas Constructivos del Ecuador, Ventajas y Desventajas.....	96

I.- Introducción

El desarrollo en los últimos años de la nanociencia y nanotecnología ha abarcado muchos campos, desde la electrónica, la medicina y la ciencia de los materiales.

Por otra parte, el carácter multidisciplinario de la nanotecnología permite su integración con diversas industrias como se puede observar en la figura 1, las cuales se ven interesadas en la aplicación de las nuevas propiedades de los materiales nanoestructurados dado que a escala nanométrica el comportamiento de los materiales cambia sustancialmente (L. Gómez, López, Fort, & Álvarez, 2010b).

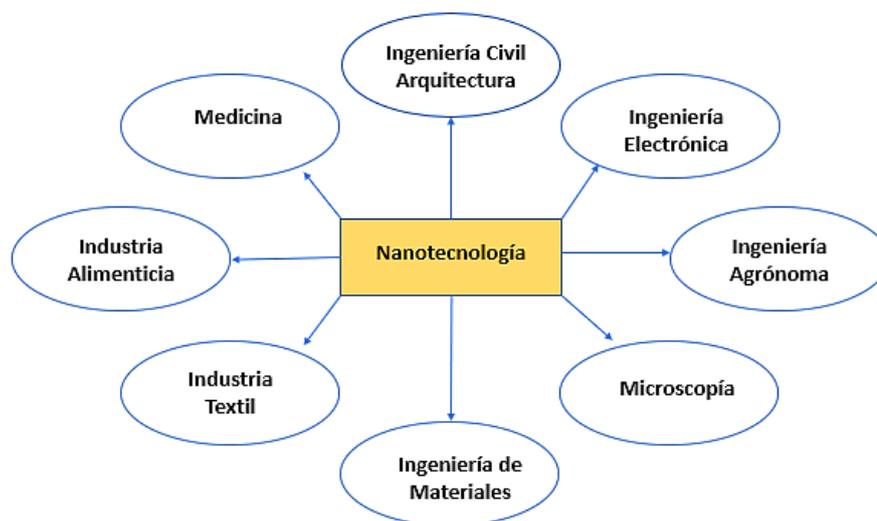


Figura 1: Diagrama de los Diferentes Campos Donde se ha Incursionado en nanotecnología.

Elaboración propia. Fuente: Aguayo et al (2011)

Como puede observarse en la Figura 1, la ciencia y la tecnología son los motores propulsores de cambios en el sistema constructivo con innovadores materiales nanoestructurados. La Arquitectura no había estado inmersa en el campo de la investigación de nuevos materiales en un principio, sin embargo, se han hecho algunos avances en ese campo dirigidos por un lado, a proteger el medio ambiente por medio de

materiales sustitutos de los tradicionales empleados en la construcción y por otro lado, mejorar las cualidades y propiedades de los materiales ya existentes (Dela Peña, 2017).

I.I Los Nanomateriales y la Arquitectura

Nanomateriales como el grafeno, los fullerenos, el nano sílice, nanopartículas de óxido de titanio, aluminio, nanotubos de carbono, entre otros, son empleados para mejorar las características de los materiales de construcción resolviendo problemas relacionados con la densidad, fuerza, durabilidad, estética; además de repelencia a la humedad, polvo y bacterias (Hernández & Solache de la Torre, 2017).

La nanotecnología tiene la cualidad de mejorar las propiedades de los materiales tradicionales y/o generar propiedades avanzadas. La principal aplicación que se espera de dichos materiales en un futuro muy cercano está orientada al ahorro energético por medio de aislantes, revestimientos y vidrios. (Martínez, López, & Martín, 2014).

Por otro lado, en el sector de la construcción la nanotecnología ha incursionado con avances tecnológicos en el hormigón reforzado, cemento con nuevas propiedades, nuevos tratamientos para la corrosión, hormigones conductores de la electricidad, aislantes térmicos y acústicos, entre otros. (Cervantes, 2011)

En otro aspecto, ejemplos de otros materiales que han mejorado sus propiedades por medio de la nanotecnología son el vidrio con revestimientos para filtrar las radiación ultravioleta (UV), o revestimientos electromagnéticos capaces de oscurecerse al aplicarles corriente eléctrica, revestimientos antimicrobianos con la adición de nanopartículas de plata para ser usados en centros de salud, pinturas con propiedades hidro y oleofóbicas en

el caso de las pinturas antigrafitis o con cualidades autolimpiables, entre otros (Martínez et al., 2014).

I.II Definiciones Fundamentales

- **Nanociencia**

El término nano es de origen griego y significa “enano”, y en términos de física equivale a las mil millonésimas parte; por lo que un nanómetro resulta de dividir un metro en mil millones de partes iguales. (Ventura, s.f.). y según Mendoza y Rodríguez (2007) “la Nanociencia es el estudio de los fenómenos y la manipulación de materiales a escala nanométrica” (p. 162).

- **Nanomateriales**

En la actualidad se han desarrollado nuevos materiales con grandes cualidades, obtenidos fundamentalmente de estudios físico-químico. “La fusión de estos campos de conocimiento se conoce como Ingeniería Molecular”, así lo define Ocampo (2001, p. 48). Recientemente se centra en un área denominada como “Ingeniería de materiales”. Estas dos grandes áreas de investigación han brindado la posibilidad de otorgar a los materiales propiedades únicas predeterminadas de acuerdo a las características intrínsecas del material y las necesidades particulares de la aplicación final.

Es la Ingeniería de Materiales la que ha permitido la creación de materiales nanoestructurados, que la Arquitectura del siglo XXI debe aprovechar para diseñar nuevas propuestas en materia de edificaciones más amigables, eficientes y duraderas (Ocampo, 2001, p. 48).

Los principales nanomateriales usados en la construcción son: Los nanotubos de carbono (CNT_s), nano sílice (SiO_2), nano alúmina (AL_2O_3), nano plata, nano dióxido de titanio, entre otras (Martínez et al., 2014).

I.III Propiedades de los Nanomateriales

Todo material se encuentra conformado de moléculas y átomos que definen y describen sus propiedades a escala macrométrica. Al poderse reducir a el tamaño de estos materiales, se produce alteración en sus componentes que provocan cambios significativos, y al analizar las propiedades de las moléculas y átomos que los conforman a nanoescala, estos cambian su comportamiento, el cual deja de regirse por las leyes Newtonianas y comienzan a tener el llamado comportamiento “cuántico”(Mendoza & Rodríguez, 2007).

Adicionalmente, las nanoestructuras o materiales nanoestructurados presentan una mayor área superficial, mayor reactividad y selectividad química, son más ligeras y presentan mejores propiedades mecánicas, electrónicas y ópticas que dependen mucho de su tamaño a esta escala y que pueden ser aprovechadas para mejorar las características ordinarias de los materiales usados de forma cotidiana (Alonso-Núñez, 2008).

I.IV Aspectos de Inversión en Investigación Científica

La fundamental característica de la nanotecnología es que, constituye un ensamblaje interdisciplinario de varios campos de las ciencias naturales. En donde intervienen varias disciplinas, como, la química, la física, la biología, la ingeniería, entre otras (Mendoza & Rodríguez, 2007). En otras palabras, el término nanotecnología abarca un amplio rango de técnicas, herramientas y aplicaciones, requiriendo de un vasto conocimiento, para ser aplicado en la investigación científica y así poder obtener,

desarrollar nanoestructuras y materiales nanoestructurados con una mayor aplicabilidad y sostenibilidad. De manera análoga, para lo que lo antes mencionado pueda llevarse a cabo, la nanotecnología requiere siempre una fuerte inversión económica inicial, la cual, en la mayoría de las universidades y centros de investigación nacionales, dicha inversión proviene del sector público, por lo cual, siempre es necesario la participación de la empresa privada. De tal forma que, este conocimiento puede adquirirse, con una intervención interna, para invertir en conocimiento el cual derivará en investigación (ciencia básica), para luego producir y generar ciencia aplicada. Lo anterior en palabras de Foladori (2012) ,es el intercambio de conocimiento por medio de convenios bilaterales y multilaterales entre países de la región que permita la difusión del conocimiento y la transferencia tecnológica (p. 9).

La nanotecnología va a necesitar de un replanteamiento de la economía y una remodelación de numerosas estructuras y sectores productivos. En el sector público se requiere enfocar parte del producto interno bruto (PIB) en una gran inversión en conocimiento e infraestructura y en el ámbito empresarial pueden producirse importantes mejoras en los dos ejes fundamentales de la competitividad, el primero los precios se pueden reducir ofertando un mejor producto y el segundo ofreciendo mejor calidad, efecto producido por nuevos materiales que reducirán los costes y aumentan la calidad en la construcción de edificios, automóviles, aviones, etc., al conseguir que sean más económicos, eficientes y resistentes (Álvarez, 2002).

En Ecuador aún hay dos visiones contrapuestas, la primera que hay que mejorar las bases de la educación en las ciencias y la segunda impulsar este campo con la investigación científica (Gutiérrez, 2018).

Con base a todo lo antes mencionado, Este trabajo pretende ofrecer un análisis investigativo en estos ámbitos, para poder tener una visión clara de lo que se está haciendo en materia de nanotecnología en Ecuador y Latinoamérica específicamente en ámbitos dentro de arquitectura, y lo que Latinoamérica está haciendo para gestionar una mayor investigación científica. Y, por último, analizar el sistema constructivo y el interés en cuanto a Ciencia, Tecnología e Innovación en Ecuador. Una vez presentados los puntos anteriores, se podrán establecer los nichos de oportunidad en el sector de la construcción, con el propósito de mejorar los materiales de construcción en beneficio de la infraestructura en Ecuador, del medio ambiente, y de la economía, los mismos que conducen al desarrollo y el bienestar de la sociedad ecuatoriana.

II.- Motivación

En el Ecuador, en los últimos años se ha promovido la necesidad de cambiar el sistema productivo del país, por medio de cambios en la matriz productiva. Uno de estos aspectos, estuvo enfocado en el apoyo a las universidades para generar mayor y mejor investigación, de tal manera que el sistema productivo fuese respaldado en el conocimiento y generación de ideas y empresas nacionales.

La Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), ha sido la entidad encargada de la aplicación de políticas de ciencia y tecnología en las instituciones de educación superior, para así promover desde las aulas, el cambio del modelo productivo del país.

Nuestras políticas productivas actuales están enfocadas como tradicionalmente lo han estado en la producción y exportación de materia prima, siendo necesario en la actualidad ponerse a la par de otros países que han incursionado en nuevos modelos productivos como lo es el campo de investigación y producción de nuevos materiales.

Así mismo se debe establecer un modelo transformador que sea capaz de ofrecer una materia prima con un valor agregado competitivo y eficiente. Teniendo en cuenta que las políticas del estado en el plan de “Toda una vida”, va más allá del proceso productivo. De otra manera, este cambio de la producción debe estar enfocado en la generación de nuevas políticas donde el desarrollo social por medio de la aplicación de tecnologías innovadoras sea una prioridad, como lo describe el plan “Toda una Vida” a continuación.

“El interés del estado de establecer procesos de producción limpios, generación de empleo, transferencia de tecnología, uso extensivo de componentes nacional y

permanencia de capitales dentro del país, y la aprobación de la estrategia nacional del cambio de la matriz productiva, que busca el fortalecimiento del sistema productivo basado en eficiencia e innovación” (Senplades 2017).

Por lo anterior mencionado, es imperativo realizar una recopilación de los avances tecnológicos, referentes a la nanotecnología, enfocándonos en este caso, en estudios y aplicaciones hechas en materiales de construcción.

En consecuencia, el propósito de este trabajo investigativo y de recopilación bibliográfica es generar interés en el ámbito de los sistemas constructivos ecuatorianos desde el punto de vista ambientalista, económico, y eficiencia de materiales; debido a que la industria de la construcción representa un papel importante en la economía del país y también, considerando que Ecuador se encuentra en zona de alto riesgo sísmico, donde las edificaciones deben ofrecer no sólo buena estética y funcionalidad sino también seguridad.

Por lo expuesto, en nuestro país se hace necesario incorporar políticas de Estado en cuanto a la investigación sobre nuevos materiales, y así avanzar en el área del conocimiento e incorporarnos a las tendencias de las investigaciones a nivel mundial sobre este campo, no sólo por parte del estado sino también en el ámbito empresarial. Con el fin de, implementar nanomateriales en el sector industrial de la construcción, y así cumplir con las metas propuestas por el gobierno ecuatoriano. Donde intervengan entidades educativas (generadoras de conocimiento), entidades públicas y la empresa privada.

III.- Metodología

Para la realización de este trabajo se utiliza una metodología de investigación cualitativo-documental. Por medio de un levantamiento sistemático de datos, se realiza una compilación bibliográfica de la literatura existente sobre nanotecnología y sus principales aplicaciones en la arquitectura, así como datos respecto a la nanotecnología en Latinoamérica y el Ecuador, por medio de motores de búsqueda en la red virtual de artículos científicos (*Google Scholar, Scopus*), repositorios, libros, revistas científicas, conferencias, periódicos e indicadores estadísticos.

Para el desarrollo de esta investigación, en una primera parte, se recopilan datos históricos de nanotecnología, para luego analizar la obtención, clasificación y propiedades de los nanomateriales de forma general. A continuación, se revisa trabajos sobre los diferentes usos de los nanomateriales y sus aplicaciones, en base a la experiencia de las investigaciones con respecto a la durabilidad, la resistencia térmica, resistencia a la intemperie, resistencia a las bacterias, resistencia a los hongos entre otras propiedades; teniendo en cuenta los que repercuten directamente en la construcción y mantenimiento de edificaciones arquitectónicas.

Por otro parte, se recaba información sobre las investigaciones y las implementaciones que se están haciendo en países latinoamericanos con respecto a estas nuevas tecnologías industriales. A continuación, se analiza el aspecto económico de la inversión de los países a nivel mundial en nanotecnología. Posteriormente, se realiza una revisión a los elementos que conforman el plan “Toda una Vida” en Ecuador, para tener una visión clara de los intereses del país en innovación y tecnología. Y, por último, se estudia el actual sistema constructivo ecuatoriano, y lo referente a ciencia tecnología e

innovación en Ecuador. Por consiguiente, lo que se quiere lograr con este trabajo, es establecer una propuesta para su análisis, de las áreas de oportunidad donde se pudiera implementar el uso de la nanotecnología en el contexto ecuatoriano, teniendo en cuenta que se puede mejorar sustancialmente, el confort, la economía y la seguridad de la población estableciendo sistemas constructivos más resistentes y eficientes, muy necesarios en países como el nuestro que están expuestos a riesgos naturales y ambientales. En el siguiente diagrama se ilustra la secuencia antes mencionada de la metodología a utilizar.

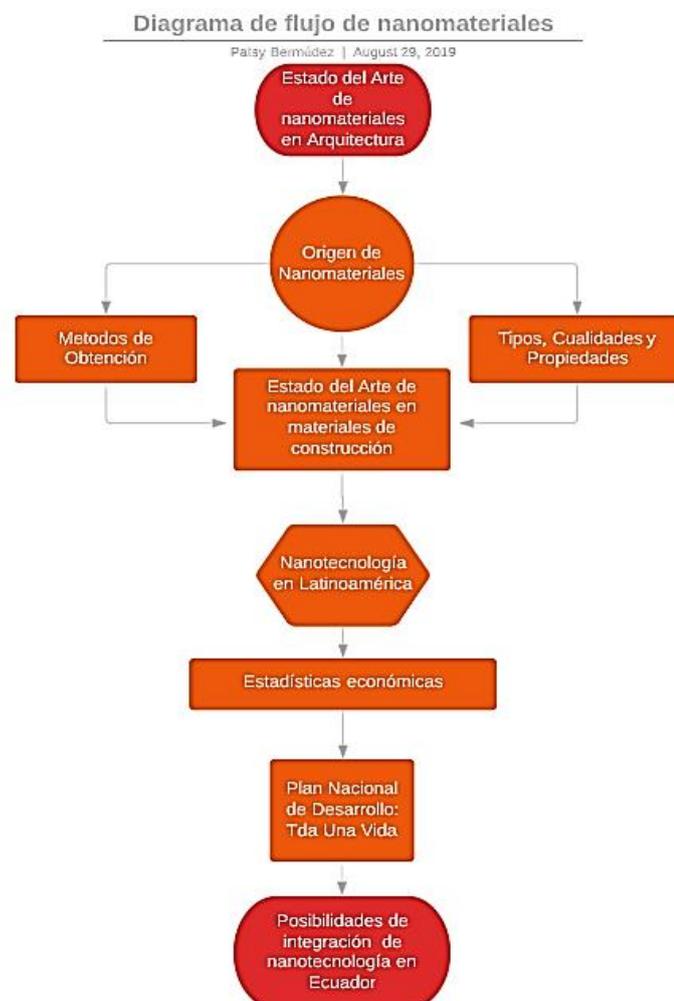


Figura 2: Diagrama de Flujo de la Metodología del Estado del Arte de Nanomateriales en Arquitectura

Capítulo 1

Revisión Teórica

1.1 Origen de los Nanomateriales

El doctor Richard Feynman (Figura 3) ganador del premio Nobel de Física (1965), fue el pionero en incursionar en la utilización de la estructura atómica construyendo átomo por átomo, adelantándose de esta manera con el concepto de actividades nanotecnológicas. (Quintili, M 2012). El 29 de diciembre de 1959, él pronunció la célebre frase “*There is Plenty of Room at the Bottom*” (Existe bastante espacio en el fondo), en su discurso en el Instituto Tecnológico de California (De la Paz, García, & Pérez, 2015).



Figura 3: Richard Feynman, Premio Nobel de Física 1959. Fuente: Castillo (2012)

Algunos años después, durante una conferencia dictada por el profesor Norio Taniguchi en la Universidad de Ciencias de Tokio en 1974, se pronunció el término “Nanotecnología”, aplicándolo a la transformación de materiales cuando se manipula átomo por átomo y molécula por molécula. (Molina, 2016)

A partir de ese año, las nanociencias crearon un gran interés en los científicos que con optimismo comenzaron a trabajar en distintos temas. Años después comenzó a tomar sentido la idea de manipular manualmente átomos y moléculas, apoyados por la teoría propuesta por el Dr. K. Eric Drexler, que publicó dos libros *Engines of Creation: The Coming era of Nanotechnology* (1986) y *Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation* (1992). En sus publicaciones hacía referencia a la primera descripción científica detallada de los avances de la miniaturización (Molina, 2016).

Más adelante, los finlandeses aportaron a esta nueva ciencia cuando por manipulaciones obtuvieron un “proceso de capas atómicas”, consiguiendo finalmente la aceptación de la nanotecnología como la ciencia del futuro. En consecuencia, a partir de ese momento a la palabra nanotecnología se la reconoce como el término para identificar los avances tecnológicos generados por la nanociencia, cuyo principio es controlar y manipular la materia en una escala menor a un micrómetro es decir, a nivel de átomos y moléculas (Quintili, 2012).

De manera paralela, en la década del 80, En el laboratorio de IBM, los investigadores Heinrich Rohrer y Gerd Binnig, inventaron el microscopio efecto túnel (*STM, Scanning Tunneling Microscope*) con el cual era posible visualizar y manipular los átomos y las moléculas, fue Eigler quien los observó por primera vez y empleó 35 átomos (ver figura 4) de xenón para escribir las letras del logotipo de IBM (Gómez, 2018).

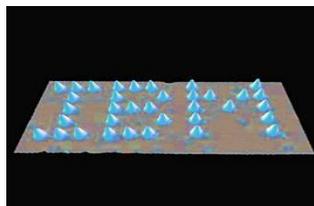


Figura 4: Átomos de Xenón Vistos a Través del Microscopio Efecto Túnel. Fuente: Ashby (2009)

Ya en 1985 Los profesores Kroto y Smalley, encontraron una nueva estructura estable cuando estaban experimentando con el carbono gaseoso para convertirlo en hollín, llamándola “fullerene (fullereno)” con base en carbono sesenta (C60), la cual es una estructura semejante a una pelota de fútbol pero en escala nanométrica, ver Figura 5 (de ahí el nombre de fullerenos o buckybolos), a la cual se la conoce como fullerenos en honor al arquitecto Buckminster Fuller (Quintili, 2012).

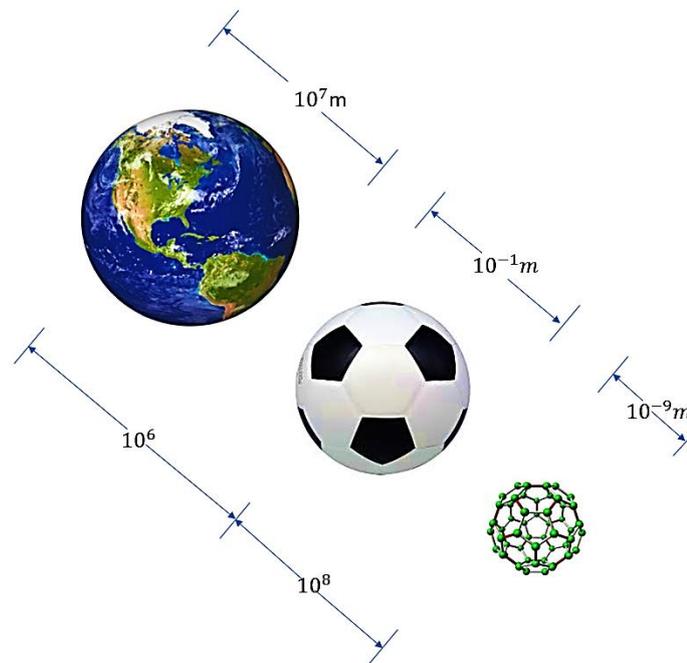


Figura 5: Comparación de Escalas entre Objetos Conocidos. Diámetro

Tierra 12 750 km = 12.75×10^6 m

Pelota de fútbol 22 cm = 2.2×10^{-1} m- C60

Molécula 7 Å = 7×10^{-10} m

Fuente: Elaboración propia

En 1990, se comienza a escribir los primeros artículos en campos relacionados con la escala nanométrica con temas como: micro máquinas, nanoelectrónica, ingeniería molecular, entre otros. A la par, Japón financia proyectos sobre nanotecnología, que se plantea como una investigación prioritaria para la aplicación industrial.

Es por esa época que Estados Unidos comienza a interesarse en la nanotecnología y la fabricación molecular, y es la OTA (Oficina de evaluación Tecnológica del congreso) la que realizó estudios sobre el futuro de la miniaturización (Mantilla, 2012).

Ya por 1991, Japón anuncia su primera fábrica de manipulación de átomos, donde se comienza a aplicar la técnica “Bottom-up”, utilizando un microscopio electrónico de barrido, construyendo las estructuras más pequeñas a partir de componentes moleculares.

Por consiguiente, en el siglo XXI, comienza a manifestarse el interés de las grandes potencias industrializadas en aplicar la nanotecnología, y los grandes avances comienzan a manifestarse como: la estructura molecular del ADN, la robótica, la biomedicina entre algunos otros. Avances que causaron gran impacto en todo el mundo. Desde el año 2002, las grandes potencias mundiales comenzaron a invertir en investigaciones y experimentos con nanomateriales, aplicándolos en muchos materiales, proporcionándoles nuevas características ofreciendo materiales con grandes cualidades y propiedades. Los campos en los que ha incursionado la nanotecnología son tan amplios, encontrándose presente en la actualidad en casi todas las industrias como la automotriz, farmacéutica, construcción, textil, entre otras (Mantilla, 2012).

1.1.2 ¿Qué es Nanotecnología? Nanotecnología es la ciencia aplicada, que permite el diseño, la caracterización, la producción y la aplicación de estructuras moleculares, por medio de un conjunto de técnicas que permite la manipulación de átomos y moléculas con absoluta precisión a escalas nanométricas, (es decir en la escala entre 1 y 100 nanómetros), para construir estructuras microscópicas con especificaciones atómicas complejas y particulares. El prefijo “nano” proviene del griego “*nanos*” que significa enano, y el prefijo

nano representa la milmillonésima parte (ver figura 6), por lo que un nanómetro resulta de dividir un metro en mil millones de partes iguales, o lo que es lo mismo dividir un milímetro en un millón de partes (Ocampo, 2001).

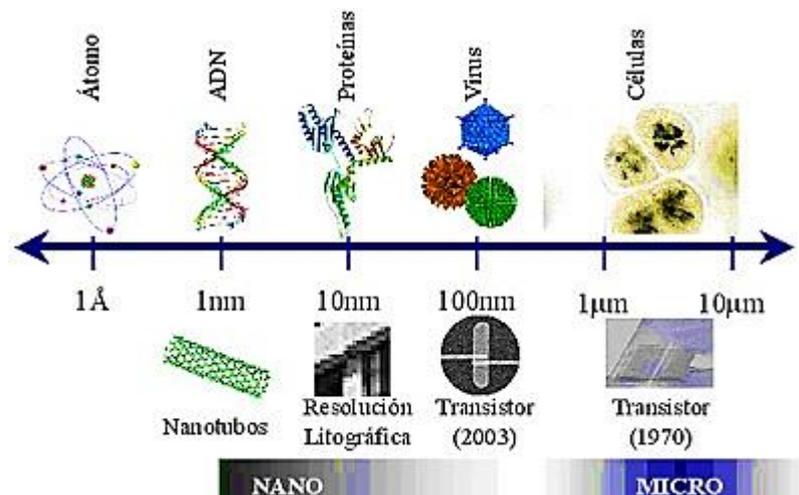


Figura 6: Escalas de Dimensiones. Fuente: Ashby (2009)

1.1.3 ¿Qué es Nano-Ciencias?. La nanociencia es la ciencia que estudia el comportamiento y las propiedades de materiales a escala nanométrica. Los estudios a esta escala se fundamentan en conceptos de física cuántica y no de la física clásica (Newtoniana) lo cual integra otras áreas del conocimiento como: la física y química cuánticas, la ciencia de los materiales y la biología molecular. Por lo tanto, se da a conocer como una ciencia interdisciplinaria donde su principal objeto de estudio son los nanomateriales y la modulación de sus propiedades (Quintili, 2012).

1.2 Métodos de Obtención de Nanomateriales

Existen dos métodos de obtención en la nanotecnología, según la técnica de aplicación que son: Top-Down (reducción del tamaño), que es con la que se logra la “*miniaturización*” de estructuras a escala nanométricas, siendo este método el de uso más

frecuente en la actualidad. Y el otro método es la técnica Bottom up (Auto ensamblado), como se puede apreciar en la figura 7. Lo que quiere decir que es parte de una estructura nanométrica y se lo adapta a un proceso de montaje que crea un mecanismo mayor. A este autoensamblado se lo conoce como nanotecnología molecular. El cual fue desarrollado por el científico Eric Drexler (Quintili, M 2012).

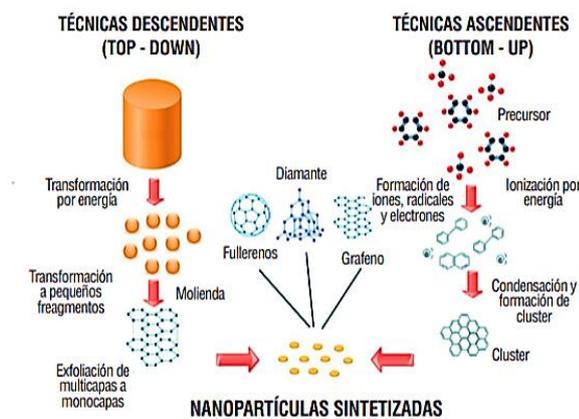


Figura 7: Método de Obtención de Nanomateriales. Fuente: Gómez (2018)

Como menciona Gómez (2018), el sistema Top Down, consiste en la división de material macroscópico o grupo de materiales sólidos hasta obtener tamaño nanométrico.

Ejemplo de algunos métodos usados son la molienda y el desgaste abrasivo, métodos químicos y la volatilización de un sólido seguidos por la condensación de los componentes volatilizados (p. 77).

Consecuencia de ello, se obtiene una serie de ensambles que se controlan con suma precisión hasta lograr el tamaño deseado. Un Ejemplo es la técnica de fotolitografía que se la usa en la industria de semiconductores para crear circuitos integrados (M. Gómez, 2018).

Por otro lado, Drexler en 1986 plantea la posibilidad de construir objetos más grandes a partir de componentes atómicos. Es a esta técnica que se la conoce como Bottom-up, siendo una visión más cercana de la nanotecnología desde la Química, pero también es factible por la vía abierta del uso del microscopio de fuerza atómica o de barrido/transmisión electrónica (Serena & Correia, 2003).

Por medio de esta técnica se obtienen nanopartículas con capacidad de autoensamblarse o autoorganizarse a través de la condensación de átomos o moléculas en una fase gaseosa o en solución. Este autoensamblaje sucede por un cambio controlado de un disparador químico o físico específico, así como una alteración en el pH, la concentración de un soluto específico o la aplicación de un campo eléctrico. Este autoensamblaje es posible por la termodinámica y las interacciones moleculares competitivas que incluyen interacciones hidrofóbicas-hidrofílicas, enlaces de hidrógeno y las interacciones de Van Der Waals que minimizan los estados de energía para las diferentes configuraciones moleculares (Gómez, 2018).

1.2.1 ¿Cómo se Obtienen Materiales de Tamaño Nanométricos? En la naturaleza existen algunos elementos y compuestos químicos, de los cuales se puede obtener la escala nanométrica de los mismos de una manera más fácil como, por ejemplo: los nanotubos de carbono. Por otro lado, hay materiales que se los obtiene por medio de moldes mediante el método de síntesis, es decir se realiza en un molde sobre un sustrato y en él se desarrolla una reacción química o física, la cual comienza el proceso de autoensamblaje de átomos y/o moléculas para generar nanoestructuras con propiedades específicas. Este tipo de moldes muy pequeños no se los ve a simple vista, sino utilizando

un microscopio electrónico, el cual puede aumentar el tamaño de los objetos en 100,000 veces más (Kirschenbaum, 2011).

1.3 Tipos de Nanopartículas

Las nanopartículas para ser aplicadas o integradas a macro materiales como el cemento, arcilla, madera, vidrio, etc. se encuentran en el mercado en una amplia gama de formas, para ser usadas en una gran cantidad de aplicaciones, las mismas que se encuentran presentes como elementos básicos, compuestos y óxidos, de varias aleaciones; también se los puede obtener como: carburos, sulfuros y otras formas. Estas nanopartículas pueden ser de plata (Ag), oro (Au), aluminio (Al) y hierro, (Fe).

Compuestos como: el carburo de tungsteno (TiC) y el óxido (como dióxido de titanio, TiO_2). Disponibles en forma de nanopartículas y otros como nanopolvo, (es decir nanopartículas de menos de 30 nm. de diámetro en polvo y no solución líquida). Los diámetros de las nanopartículas pueden variar, por ejemplo, las nanopartículas de plata se las encuentra desde 10 nm hasta el tamaño de micras ($2 \mu m$). El dióxido de titanio (TiO_2), ampliamente utilizado para aplicaciones fotocatalíticas (autolimpiante, antimicrobiano), su tamaño varía de 5 a 20 nm., mientras que en otra forma (rutilo) su diámetro puede ser más grande de 40 a 50 nm. Otros nanocompuestos poliméricos se basan en nanopartículas de arcillas dispersa, llamadas a menudo nanofillers (Ashby, Paulo J S, & Schodek, 2009).

1.4 Clasificación de los Nanomateriales

Los nanomateriales se los puede clasificar por su tamaño, y por su procedencia. En cuanto a su procedencia la agencia del medio Ambiente EPA (*Environmental Protection*

Agency) de EE.UU., los ha clasificado en cuatro grupos; los basados en carbono, basados en metales, compuestos y dendrímeros (Gómez, 2018). Siendo los tres primeros los más usados en la arquitectura; y los dendrímeros en usos médicos.

1.4.1 Clasificación por sus Dimensiones. Muchas de las propiedades de los materiales dependen del comportamiento de los electrones al moverse, o dependen también de cómo estén ordenados los átomos en la materia. En el caso de los nanomateriales el espacio para el movimiento de los electrones es muy pequeño y en cuanto a la proporción de átomos en la superficie con respecto al interior es mucho más alta que en materiales de mayor tamaño. Por lo tanto, al reducirse las dimensiones de un material se pueden modificar sus propiedades electrónicas y mecánicas volviéndolos aptos para elaborar materiales con cualidades específicas (Díaz del Castillo, 2012).

Ante todo, es importante identificarlos según sus dimensiones, ya que pueden ser:

- Cero- dimensional (0-D)
- Unidimensional (1-D)
- Bidimensional (2-D)
- Tridimensional (3-RE)

Esta clasificación se basa en el número de dimensiones que no se limita en el rango de nanoescala (menor 100 nm), en este rango se encuentran las nanopartículas 0-D estos nanomateriales no tienen posibilidades de crecimiento en ningún eje dimensional. Tienen un tamaño a nanoescala determinando. La representación más común de dichos materiales puede ser:

- Amorfo o Cristalino
- Monocristalino o policristalino
- Estar compuesto de elementos simples o multi-químicos

- Exhibir varias formas
- Existir individualmente o incorporados en una matriz
- Ser metálico, cerámico o polimérico.

Por otro lado, los nanomateriales 1-D difieren de los anteriores ya que estos tienen un crecimiento a lo largo de un eje dimensional, por ejemplo: nanotubos, nanorods, nanocables y nanolistones, los cuales pueden ser:

- Amorfo cristalino
- Monocristalino o policristalino
- Químicamente puro e impuro
- Materiales independientes o incrustados en otro medio
- Metálico, cerámico o polimérico

Los materiales bidimensionales son, en su mayoría, de un espesor atómico. Dichos materiales tienden a ser planos con crecimiento en los ejes X y Y , pero no en Z . Dentro de esta clasificación se encuentran: el grafeno, nitruro de boro, seleniuro de niobio, disulfuro de molibdeno, fósforo negro, películas poliméricas, entre otras que proporcionan los nanofilms, nanocapas, y nanorevestimientos y estos a su vez pueden ser:

- Amorfo Cristalino
- Compuesto de varias composiciones químicas.
- Se utiliza como una sola capa o como estructuras multicapa.
- Depositado sobre un sustrato
- Integrado en un material matricial circundante
- Metálico, cerámico o polimérico.

Los materiales tridimensionales, conocidos como nanomateriales a granel, se caracterizan por tener tres dimensiones arbitrarias. Estos materiales tienen como composición fundamental nanoestructuras, pero tienden a producirse a macro escala. A pesar de sus dimensiones estos materiales poseen una estructura nanocrystalina. En términos de nano-estructura cristalina, los nanomateriales pueden estar compuestos de múltiple disposición típica de cristales de tamaño nanométrico. El ejemplo más común en nuestra vida de este tipo de material es el grafito. Los materiales tridimensionales pueden ser:

- Amorfo o cristalino.
- Químicamente puro e impuro.
- Materiales compuestos.
- Compuestos por multicapas.
- Mecánico, Cerámico o polimérico.

Este procedimiento de clasificación por dimensiones permite identificar y clasificar a los nanomateriales (ver figura 8) y es el sistema de clasificación más utilizado. (Ashby et al., 2009)

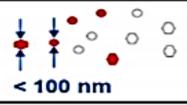
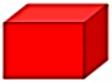
Clasificación del nanomaterial	Número de dimensiones superior a 100 nm	Número de dimensiones inferior a 100 nm	Tipo de nanomaterial	Ejemplo
0-D	0	3	Nanopartículas, puntos cuánticos, nanocápsulas, nanoanillos, etc.	
1-D	1	2	Nanotubos, nanofibras, nanocables	
2-D	2	1	Láminas delgadas, monocapas, recubrimientos,	
3-D	3	0		

Figura 8: Dimensiones de Nanopartículas. Madrid (2017)

1.4.2 Clasificación de los Nanomateriales Según su Procedencia. La procedencia de los nanomateriales tiene varios orígenes:

- Natural, al ser producidos por árboles, plantas, especies marinas o volcanes.
- Incidental, Cuando proceden de la combustión en vehículos y en procesos industriales.
- Artificial, producido por dos procesos de fabricación: descendente (método *Top-Down*) y ascendente (método *Bottom-up*), (Gómez, 2018).

1.4.2.1 Basados en Carbono. Existen nanomateriales basados en carbono con forma elipsoidal o esférica, y, por lo tanto, se lo conoce con el nombre de fullerenos; también están los que tienen forma de tubo que se los denominan nanotubos de carbono. Por otra parte, se encuentran los no esféricos/tubulares como el grafeno y grafito. Estas nanopartículas en la actualidad tienen muchas aplicaciones como: recubrimientos, aligerar el peso de los materiales, materiales más resistentes, entre otros usos (Díaz del Castillo, 2012).

El fullereno (ver figura 9) es una nueva forma de carbono diferente al grafito y diamante, denominada también C_{60} (porque contiene 60 átomos de carbono), en una de sus formas particulares, los átomos están dispuestos en un icosaedro truncado, es decir un polígono de 60 vértices, donde en cada vértice hay un átomo y en el caso del C_{60} cuenta con 32 caras, 12 pentagonales y 20 hexagonales, tomando forma de balón de fútbol de ahí su nombre. Se lo obtiene mediante la vaporización de arco eléctrico con electrodos de grafito en una atmósfera de helio a 100 torr, donde se obtiene un hollín negro que luego de rasparlo se dispersa en benceno, dando origen a un líquido rojo-marrón color vino, esta coloración es debido a la presencia de la molécula de C_{60} . Entre sus usos están los lubricantes, catalizadores y como medio de administración de fármacos (González, 2015).

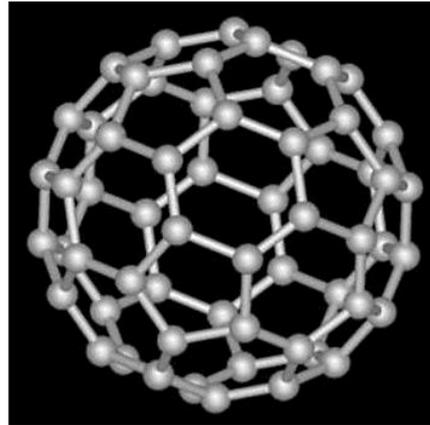


Figura 9: Fullerenos. Fuente: Mantilla (2012)

Por otro lado, están los nanotubos de carbono (figura 10) que son alótipos de carbono parecidos a un cable cuántico unidireccional, poseen una estructura tubular formada por capas de átomos de carbono, enrolladas entre sí, con un radio de dimensiones de 3 a 30 nm y de una longitud micrométrica, aunque pueden alcanzar una longitud de 20 cm (casos particulares). Sus paredes se componen de una red hexagonal, como se puede observar en la figura 8, siendo esta análoga a los planos de los átomos del grafito cuyos extremos pueden ser abiertos o cerrados por una tapa semiesférica que tiene forma de fullereno (González, 2015).

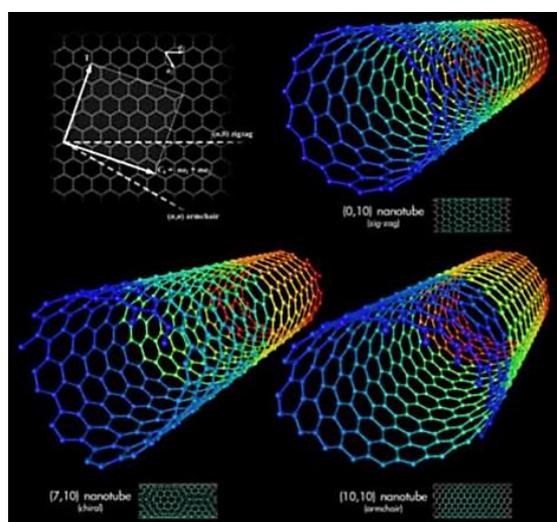


Figura 10: Nanotubo de Carbono. Fuente: Mantilla (2012)

Dentro de las propiedades más relevantes de los nanotubos de carbono, están las siguientes:

1. Los nanotubos de carbono por naturaleza pueden tener un carácter metálico o semiconductor. Los metálicos pueden tener una capacidad de conducción eléctrica 1000 veces mayor que metales como el cobre o la plata.
2. Los nanotubos de carbono son los elementos con mayor resistencia física hasta el momento, en términos de elasticidad, resultado del enlace covalente entre los carbonos del nanotubo. Un solo nanotubo perfecto es de 10 a 100 veces más fuerte que el acero. Por encima de una tensión muy elevada, sufren una deformación plástica es decir una deformación permanente (Díaz del Castillo, 2012).

Por otra parte, los nanotubos de carbono pueden ser también multicapa, si están anidados de forma precisa, pueden desplazarse unos dentro de otros sin producir fricción. Lo que le permite colocar en el sitio justo cada átomo (Díaz del Castillo, 2012).

1.4.2.2 Basados en Metales. Son nanopartículas basadas en metales, incluyen puntos cuánticos, como las nanopartículas de oro, plata y óxidos metálicos como el dióxido de titanio (Díaz del Castillo, 2012).

Los puntos cuánticos son cristales coloidales semiconductores, formados por miles de átomos ordenados en una estructura cristalina de dimensiones nanométricas que por lo general es de forma esférica. Se caracteriza porque los electrones que lo conforman se mantienen confinados en las tres dimensiones, dando lugar a diversos fenómenos

cuánticos. Para que esto se dé, la dimensión del punto cuántico debe ser similar a la del radio del excitón de Bohr (10nm para semiconductores en general). Comportándose como un único átomo, por lo que se lo conoce también como átomo artificial (Barros P & Villaescusa, 2011).

Estas nanopartículas están, en su mayoría, conformadas por un núcleo cristalino central, cubierto por una multicapa de algunos átomos de espesor, lo cual mejora la capacidad del punto cuántico para emitir luz cuando es fotoexcitado evitando así fenómenos de aglutinación. Para solubilizar, se recubre externamente con una capa polimérica, como se puede apreciar en la figura 11, y mediante el tratamiento con determinados componentes químicos, se obtienen los radicales necesarios para unir el punto cuántico a diferentes moléculas (Barros & Villaescusa, 2011).

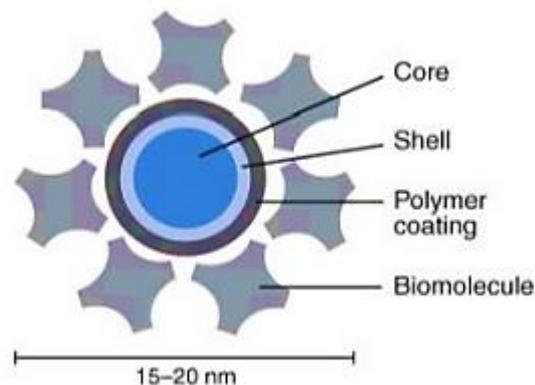


Figura 11: Estructura Esquemática de un Punto Cuántico. Fuente Barros & Villaescusa (2011)

Las nanopartículas metálicas, son generalmente de forma esférica, y las más comúnmente estudiadas son el oro, la plata, platino y paladio. Estas partículas poseen extraordinarias propiedades físicas, químicas y biológicas, destacándose las propiedades fototérmicas, que al ser activadas con luz láser desprenden calor, convirtiéndose en nano

calefactores. Además, posee propiedades magnéticas, ópticas, eléctricas y catalíticas (Díaz del Castillo, 2012).

1.4.2.3 Dendrímedros. New Kome (2005) y Fréchet & Tomaila, (2002) Consideran que los dendrímeros son polímeros con una arquitectura regular bien definida, así como altamente ramificada, y cuya principal característica es que debido a su tamaño y geometría pueden ser específicamente controlada en su síntesis, con la capacidad de poseer propiedades físicas y químicas prediseñadas y específicas. en Alonso & Casado (2016)

Los Dendrímeros son polímeros de tamaño nanométrico que se construyen a través de unidades ramificadas que parten de un centro molecular polifuncional reactivo que actúa como núcleo central de crecimiento, como se puede observar en la figura 12, en donde las tres ramas parten de un núcleo tridimensional, y cada nueva capa se construye a partir de los terminales libres de la anterior, lo que produce un sistema ordenado de monómeros de las diferentes generaciones. Conforme se van formando las capas alrededor del núcleo inicial, se da la naturaleza fractal o dendrítica de la estructura molecular creciente. Además, en su formación los dendrímeros presentan un tipo de simetría que se conoce como simetría de escala. Esta simetría se asemeja a la simetría de la rama de los árboles que parten del tallo, de ahí su nombre dendrímero que nace del vocablo griego *dendron*=árbol (Alonso & Casado, 2016).

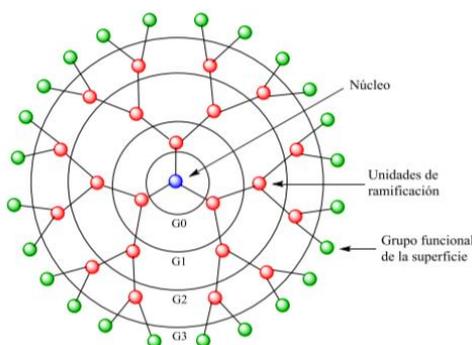


Figura 12: Representación Esquemática de un Dendrímero. Fuente: Alonso y Casado (2016)

Es desde el núcleo central y las ramas de crecimiento, que se gobierna el grupo funcional de la superficie, el tamaño, la porosidad, tipos de cavidades internas, densidad, solubilidad, etc. En conclusión el poder variar la naturaleza y tipología del dendrímero, permite manipular la composición exacta y las características estructurales de las macromoléculas, y así poder diseñar discretas moléculas de dimensiones nanoscópicas, controlando la reactividad y sus propiedades (Alonso & Casado, 2016).

1.4.3.4 Compuestos. Los nanomateriales compuestos son el resultado de la combinación de nanopartículas con otras nanopartículas o combinaciones de nanopartículas con otros materiales de mayor tamaño (Gómez, 2018).

Con lo cual, se consiguen propiedades tales como: mayor rigidez o dureza, resistencia mecánica, menor peso, resistencia a la corrosión, buen conductor térmico, luminoso o acústico, dichas propiedades no es posible obtenerlas en los materiales originales. Los nanocompuestos son materiales compuestos donde al menos una dimensión de las partículas dispersadas de la matriz polimérica tiene tamaño nanométrico, lo cual permite una elevada superficie interfacial (Díaz del Castillo, 2012).

Los materiales nanocompuestos, están formados por nano fases, es decir están formados por una microestructura compuesta por granos-cristalitos o partículas con dimensiones nanométricas y materiales amorfos que integran distintos componentes mezclados a escala nanométrica (Díaz del Castillo, 2012).

Por otro lado, el mínimo tamaño de las partículas para conservar la propiedad ferroeléctrica (tamaño crítico) cambia dependiendo de la composición y clase de los materiales. Según lo dice Ishikawa (2001) en Flores & Barrios (2009) algunas clases de materiales, el tamaño crítico varía desde 7nm. para compuestos PbTiO_3 hasta 317 nm. para el BaPbTi . El punto de Curie es el punto que cambia desde el material ferroeléctrico a la fase para eléctrica del PbTiO_3 , la misma que reduce su tamaño con el decrecimiento del tamaño de la partícula debajo de los 20-30 nm. Y en las propiedades magnéticas, el comportamiento de las partículas ferromagnéticas finas es de una sola estructura de dominio magnético llegando a ser muy pequeñas en el orden de 1 nm. y su propiedad es super-paramagnética, mientras se vuelven más finas. En este caso, aunque las partículas individuales son ferromagnéticas con la única estructura de dominio magnético, las partículas colectivamente adquieren un comportamiento paramagnético (Flores, 2009).

En palabras de Haruta (1994) se magnetizan como un todo en la misma dirección. del campo magnético externo, pero con la fluctuación termal la magnetización desaparece, cuando se remueve el campo magnético externo. Esto depende del tamaño de la partícula, la magnetización del material depende del campo magnético externo como paramagnético, cuando las partículas son lo suficientemente pequeñas, pero decrece gradualmente a medida que el tamaño de la partícula crece (Flores, 2009).

1.5.1 Propiedades Morfológicas-Estructurales. El tamaño ultrafino de la nanopartícula es una de las funciones más útiles. Esto facilita la absorción de la membrana biológica. A este efecto se lo llama de penetración y retención mejorada, dado que las partículas que tienen un tamaño aproximado de 50 a 100 nm, no se transferirán partículas a células normales, a través de la pared vascular. Estas podrían ser entregadas selectivamente a ciertas células afectadas debido al alargamiento de la brecha celular de esta parte (Flores, 2009).

Por otro lado, la gran área de superficie de las nanopartículas favorece a la solubilidad, reactividad, rendimiento de sinterización etc., relacionada con la masa y la transferencia de calor de las partículas y sus alrededores viéndolo morfológicamente aparte de la superficie y estructura interna de las nanopartículas. Otro aspecto a tomar en cuenta, es la estructura cristalina de las partículas que en algunos casos puede cambiar con el tamaño de la partícula en tamaños nanométricos (Flores, 2009).

1.5.2 Propiedad Térmica. Así como los átomos y las moléculas localizados en la superficie de la partícula empiezan a convertirse influyentes en el orden de los nanómetros, el punto de fusión decrece con respecto al material a granel, porque se pueden mover más fácilmente a temperaturas más bajas.

La reducción de punto de fusión de partículas ultrafinas se considera como de las propiedades únicas de las nanopartículas o mejora en el desempeño de la sinterización de materiales cerámicos (Flores, 2009).

1.5.3 Propiedades Mecánicas. Entre las propiedades mecánicas hay que tomar en cuenta que cuando los materiales cristalinos decrecen en tamaño aumentan su dureza, y

por lo tanto, lo mismo ocurre con la fuerza mecánica que aumenta con la reducción de tamaño de la estructura atómica de los metales y del material cerámico, o la composición de estos nanomateriales a nanoescala como dice Sekino (2000) en Flores (2009). Otra de las propiedades del material cerámico en un tamaño cristalino más pequeño que cientos de nanómetros, da como resultado el fenómeno único súper-plástico que se extiende miles de veces, desde su tamaño original a elevadas temperaturas por encima del 50% del punto de fusión, por consecuencia, puede brindar la posibilidad de procesar y obtener cerámicas como material metálico (Flores, 2009).

1.5.4 Propiedades Ópticas. A medida que el tamaño de las partículas se acerca al rango de nanoescala, la capacidad de la nanopartícula de emisión de luz aumenta y la longitud de onda de absorción de las nanopartículas disminuye. De la misma manera, las nanopartículas metálicas se consideran como sustancias luminosas con saturación de color y poseen una fuerza de teñido 100 veces mayor por unidad de volumen de nanopartícula que los pigmentos orgánicos (Guerrero et al., 2011). Del Castillo (2012) nos dice que en cuanto a “los puntos cuánticos se consiguen materiales reforzados transparentes, debido a que las partículas son tan pequeñas que no pueden dispersar la luz”. (p.75)

Un ejemplo de ello son los vitrales de las catedrales medievales entre los siglos IV y XIII, donde los artesanos que los elaboraban fueron los precursores de la Nanotecnología, ya que atrapaban inconscientemente nanopartículas de oro y plata en la “matriz de vidrio”, el objetivo era generar diferentes colores en las ventanas. Este efecto de cambio de color es un testimonio del marcado cambio en las propiedades del material producido a nanoescala.

En tiempos posteriores, se optó por pintar los vidrios superficialmente donde se vuelve a estar en presencia de un nanocomposite, en esta ocasión de una matriz vítrea con oclusiones de nanopartículas de oro y/o plata, es decir un nanocomposite cerámica/metal. En la figura 13 se puede apreciar la microscopía de electrónica de barrido y microscopía de campo oscuro de nanopartículas de oro en diferentes tamaños y formas (Gamo, 2015).

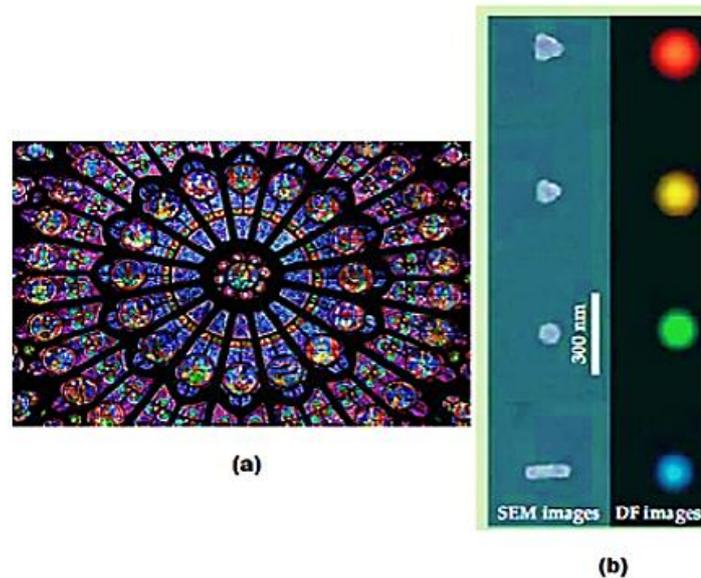


Figura 13: a) Vitral roseta Norte de la Catedral de Notre-Dame- b) imágenes de microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y de Campo Oscuro/DMF). Fuente: Gamo (2015)

Capítulo 2

Estado del arte de los Nanomateriales en Arquitectura

2.1 Nanomateriales y Arquitectura

Los nanomateriales han estado presentes en la arquitectura desde periodos medievales, donde resaltaba el color rojo rubí de los vitrales de las catedrales construidos en esa época, los mismos que eran consecuencia de nanopartículas metálicas incrustadas en el vidrio. Este efecto que producían estas partículas era altamente apreciado por artesanos y mecenas de esta época de la historia. Estas partículas las obtenían de óxidos metálicos, sacados de minas especiales. En ese entonces no hubo comprensión científica de estos fenómenos, ni hubo intentos deliberados de producir lo que ahora se conoce como nanomateriales (Ashby et al., 2009).

La ciencia de los materiales a través de la Ingeniería Molecular ha permitido crear materiales nanoestructurados, con propiedades asombrosas que están al servicio de la Arquitectura del siglo XXI, la misma que se debe aprovechar para estar a la vanguardia de otras industrias (Ocampo, 2001).

Con el pasar de los años se desarrollaron técnicas asombrosas de construcción lo que ha permitido la conservación de muchas edificaciones hasta nuestros días. A partir de la era industrial se desarrolló ampliamente la industria de la construcción con materiales como el hormigón, el acero, piedras naturales, y muchos otros, que hoy son ya tradicionales en la arquitectura (Ocampo, 2010).

La nanotecnología ofrece la oportunidad de mejorar los materiales tradicionales con cualidades que hacen que un material sea más resistente y eficiente, lo que nos

permitiría separarnos de las antiguas técnicas de construcción donde se emplean materiales que fomentan la explotación de mineral y la deforestación de bosques entre otros, lo cual perjudica enormemente al medio ambiente. (Ocampo, 2001)

Los Arquitectos somos los responsables del diseño de edificaciones funcionales y de buena estética para lo cual en la mayoría de casos se destruye el hábitat natural para dar paso a edificaciones, además, de generar en el proceso constructivo el envenenamiento con cal, cemento, cascajo, ácidos, polvo; entre más grande sea el desarrollo de una urbe, más grande será la nube de polvo que se disperse a zonas vecinas, generando, no sólo contaminación ambiental, sino también efectos dañinos para la salud. (Ocampo, 2001)

Referente a, la industria de la construcción existen grandes aportaciones de la nanotecnología, con la integración de nanomateriales que ofrecen ligereza, eficacia en las instalaciones, menos uso de maquinaria pesada, reducción de energía, entre otras ventajas (Cervantes, 2011). De tal manera que, hoy en día es posible construir edificaciones asombrosas difíciles de imaginar décadas atrás. Con los nuevos materiales con aplicación de nanopartículas ya sea incorporados en ellos o como revestimientos, se puede tener edificios con pinturas autolimpiables, vidrios antirreflejos, aceros y hormigones más resistentes, maderas antimoho y resistentes a la humedad, pisos antibacteriales, etc. mejorando el rendimiento y eficiencia de las edificaciones del siglo XXI.

A continuación, en la figura 14 se puede observar el nanomaterial usado según la industria en la que se emplea y en la industria de la construcción los nanomateriales más usados son: Plata, dióxido de titanio, dióxido de silicio, tungsteno, arcilla y otros, siendo el

dióxido de titanio y el dióxido de silicio los más empleado; según los indicadores de Stat Nano 2019.

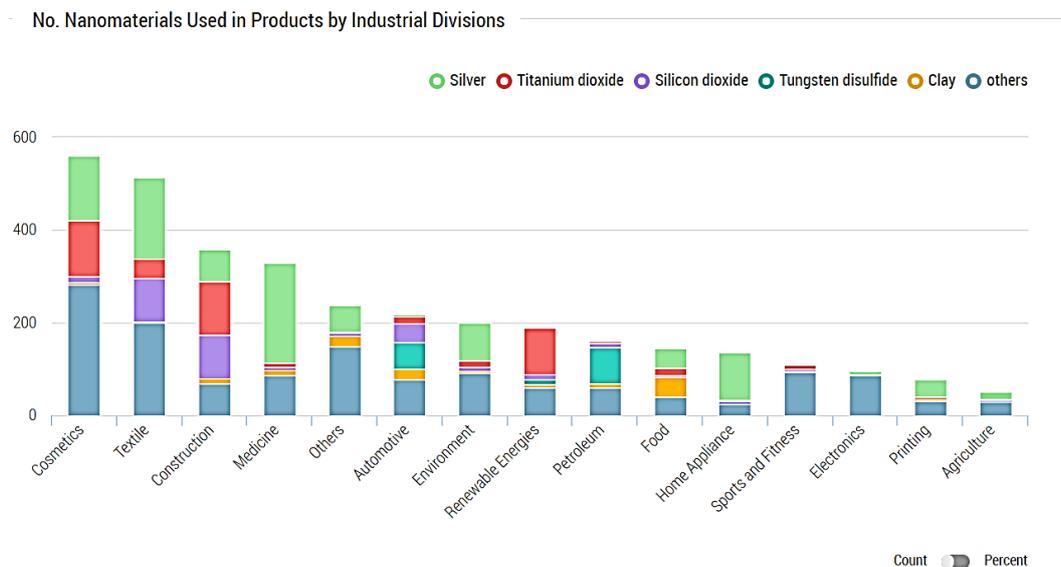


Figura 14: Nanomateriales Utilizados por División Industrial. Fuente: Stat Nano (2019)

Ante todo, este planteamiento se hace necesario evaluar la posibilidad de generar cambios en el sistema constructivo, que permitan el uso de materiales más eficientes, resistentes y duraderos, evitándose así el uso de materia prima en cantidades excesivas, más aun teniendo hoy en día a la nanotecnología que permite obtener materiales nanoestructurados (materia prima combinada con nanomateriales) que brindan una mayor viabilidad y tiempo de vida dentro de los sistemas de construcción.

2.2 Aplicaciones de Materiales Nanoestructurados

Las aplicaciones de nanomateriales que se le dan a los materiales de construcción tradicionales son:

- Aditivos nanoestructurados, aplicados al cemento y otros aglomerantes para obtener compuestos que a su vez descomponen los compuestos orgánicos volátiles, con cualidades de autolimpiables, antibacterianos o para incorporar nanosensores

que pueden otorgar la información del estado o la calidad del aire en el interior de los edificios.

- Materiales sellantes o aislantes, presentados al mercado como aerogeles, vidrio nano poroso o paneles aislados al vacío.
- Vidrios con característica de resistencia al fuego, y con recubrimientos funcionales capaces de filtrar radiaciones.
- Materiales inteligentes que por medio de sensores reaccionan a estímulos como humedad, cambio de temperatura, tensión entre otros.
- Materiales autorreparables (Palma, 2015)

Por lo expuesto, se deduce que, en la industria de la construcción, la aplicación de nanotecnología se concentra en cuatro sectores:

1. Materiales que tiene que ver con el cemento como el hormigón o mampostería entre otros.
2. Aislamiento para el control del ruido o regulación de la sensación térmica.
3. Nano recubrimientos para mejorar o proteger superficies, mejorando su funcionalidad como por ejemplo autolimpiables o sellantes.
4. Resistencia a altas temperaturas (resistencia al fuego), (Palma, 2015).

En cuanto a la industria de recubrimientos a continuación en la figura 15 se presentan las estadísticas del número de patentes, la letra A, representa a las patentes referentes a la construcción y la ingeniería civil, y la letra B, a publicaciones de patentes de recubrimientos, y como se puede apreciar hasta el 2014 se ha ido incrementado el número de publicaciones.

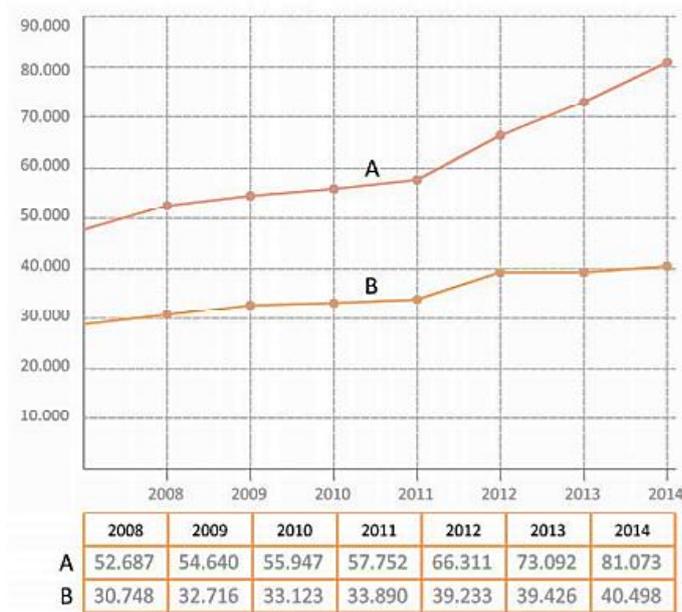


Figura 15: Evolución Global del Número de Publicaciones Aplicadas en Patentes. A.- Patentes que Agrupan la Construcción y la Ingeniería civil; B.- Patentes de la Tecnología de Superficies y Recubrimientos. Fuente: WIPO (2016)- tomado de De la Peña (2017)

2.3 Materiales de Construcción con Aplicación de Nanomateriales

2.3.1 Concreto. El hormigón es el material más usado en el sistema constructivo, su origen se remonta a finales de la república romana, donde se lo denominó “*opus caementicium*”, fue el causante de una gran revolución arquitectónica, ya que se hicieron obras de ingeniería como: puentes, acueductos, puertos, entre otras, y se logró dar formas caprichosas como cúpulas, arcos y bóvedas (Vera & Grávalos, 2009).

El cemento representa la principal materia prima del hormigón y según Attcin (2000) en (Vélez & Mendoza, 2016), considera que “el cemento en su proceso de fabricación emite grandes cantidades de CO_2 a la atmósfera, se calcula que una tonelada por cada tonelada de cemento producido” (p. 14). Con lo cual la industria de la construcción es una de las más contaminantes del mundo.

Desde su descubrimiento el hormigón ofrece excelentes comportamientos a la compresión, pero es muy débil frente a la tracción y a la flexión. Los romanos empleaban la crin de caballo como fibra mejorando las propiedades del hormigón, entre ellas la tenacidad, el módulo elástico, el comportamiento a la fatiga, la resistencia al impacto, a la abrasión, la retracción o expansión, evitando la formación de grietas. A partir de la revolución industrial se le incorporó el acero denominándose hormigón armado con lo cual se solucionó parcialmente la resistencia a la tracción y flexión (Vera & Grávalos, 2009).

En la década del 60 se comienza a usar las fibras discontinuas, siendo su principal ventaja la resistencia a la tracción y flexión del hormigón a un coste moderado, pero su principal desventaja era el ataque por ácido y los problemas de corrosión. Actualmente se usan fibras discontinuas para reforzar el hormigón empleado en prefabricado, pavimentos, revestimientos refractarios, etc. Dentro de estos filamentos sintéticos se encuentran las fibras de carbono y la mayor parte de estas aplicaciones se basan en la conductividad eléctrica de esta fibra, así como también su resistencia a la tensión y alta flexibilidad. (Vera J & Grávalos, 2009)

En los últimos años la nanotecnología se ha hecho presente en la industria de la construcción por medio de la implementación de aditivos al hormigón, como el nanosílice que se adiciona al hormigón mejorando su reología, y sus propiedades mecánicas en menos tiempo. Otra nanopartícula que se le añade al hormigón o al mortero es la nanopartícula de dióxido de titanio, con lo cual se obtiene pavimentos o fachadas autolimpiables y anticontaminantes. Por otra parte, también existen productos comerciales como el carbón negro nanométrico usados para pigmentar el hormigón (Vera & Grávalos, 2009).

Un gran aporte del arquitecto húngaro Áron Losonczi es el concreto translúcido, que se lo conoce con el nombre comercial de Litracon, (*light-transmitting concrete*). Está conformado de un microcemento (96%) y (4%) de fibra óptica, orientados en la misma dirección de una cara, que transmite luz y permite ver la cara del concreto como translúcida, mientras que en la dirección transversal no se percibe la luz, observándose a esa cara opaca. Las fibras ópticas actúan como elemento que ofrece mayor resistencia al hormigón y también como elemento transmisor de luz (Palma, 2015).

Cabe recalcar que, se han hecho ensayos con nanofilamentos de carbono (los nanotubos de una capa, y los nanotubos multicapas), con muy buenos resultados. Para la los ensayos se aplicaron técnicas de dispersión, funcionalización, análisis, etc. Las cuales se han adaptado al campo de nanocomposites de matriz polimérica, siendo este más duro y más asentado que los nanocomposites de matriz cementicea. El uso de nanofilamento, permite al hormigón obtener tres grandes ventajas, una de esta es con referencia a las propiedades mecánicas que las vuelve más elevadas; esto se comprobó al realizar medidas directas a los nanotubos mediante la instalación de un módulo de carga instalado en un microscopio electrónico de barrido, que dio como resultado mayor tensión, máxima de rotura, y entre 3 y 20 veces más resistente a la tracción que las fibras de carbono y el doble de módulo. Una segunda propiedad es la relación de aspecto mucho más elevada, evitando la propagación de grietas. Y una tercera propiedad es que son de un diámetro menor lo que permite que se presenten más espaciadas en la matriz, y por lo tanto tener mayor área de contacto con esta (Vera & Grávalos, 2009).

Además, con la aplicación de filamentos de carbono el hormigón, adquiere la propiedad de conductividad eléctrica; una de sus aplicaciones es el apantallamiento

electromagnético (cúpula de hormigón que contiene filamentos de carbono) lo que permite que actúe como una pantalla ante ondas electromagnéticas, provocando que las ondas lleguen a la estructura reflejadas o absorbidas, y no pasen a través. Otra solución que se obtendría con la aplicación de filamentos de carbono discontinuos, es la protección catódica de la armadura de acero, con lo cual se solucionaría el problema de la corrosión del acero. El costo de la aplicación de nanotecnología en el hormigón es aún algo elevado, pero en la actualidad ya existen edificaciones con estructuras compuestas de fibras de carbono y con árido ligero, como lo es el edificio “*AL Shaheed* en Irak” (ver Imagen 16).en donde para la selección del material se optó por materiales ligeros, y de elevada resistencia (Vera & Grávalos, 2009).



Figura 16: Edificio Al Shaheed en Irak. Fuente: Grávalos, & Vera.

Por otro lado, el hormigón tiene buena resistencia al fuego, siendo esto una ventaja frente a otros materiales de construcción. Pero el hormigón armado, al tener la presencia del acero se podría ver afectado si es expuesto a altas temperaturas, es decir si la temperatura traspasa el hormigón, y, por lo tanto, el acero se podría volver vulnerable frente al fuego debilitando la estructura. Bajo este aspecto, se realizó un estudio al hormigón para analizar su comportamiento frente al fuego aplicando nanofibras de acero

con el propósito de aumentar su tenacidad, aumentar la tensión con carga máxima, y, a la vez incrementar la absorción de energía frente a la flexión. El hormigón pretensado y reforzado con nanofibras da como resultado un hormigón con muy buenos resultados en cuanto a su ductilidad, tenacidad, y resistencia a la tracción. Una muestra de ello es el Palacio de los deportes de Roma construido con fibras de acero, (ver figura 17) el cual muestra un mejor comportamiento ante el agrietamiento y de deformación de los elementos estructurales expuestos a sismos (Serrano, 2018).



Figura 17: Palacio de los Deportes de Roma Construidas con Fibras de Acero por el Arquitecto e Ingeniero Pier Luigi Nervi. Fuente: Serrano 2018

2.3.3 Nanotecnología Aplicada a la Conservación Patrimonial. Investigaciones muy recientes llevadas a cabo en Bélgica, Grecia, Italia, Holanda, Irán, Jordania, México, Reino Unido, República checa, Rumania, Qatar, Turquía y otros países, han concluido que la nanotecnología es de gran utilidad en el mantenimiento, la conservación y restauración del patrimonio arquitectónico. Además, la integración de nanotecnología en la conservación del patrimonio cultural en las construcciones históricas o patrimoniales, es muy necesaria, debido a que los “nano productos” tienen la capacidad de transformar las superficies normales en superficies inteligentes, reduciendo los costos de mantenimiento, y el impacto ambiental generado por el mantenimiento tradicional en las edificaciones.

(LaRussa et al, 2016; Moradi & Taher Tolou, 2013; Kroftová & Zigler, 2013) en (Molina, 2016).

El principal aporte de la nanotecnología en la conservación patrimonial es, el de las superficies autolimpiables, lo cual se logra de dos maneras: mediante superficies hidrófobas y a través de superficies hidrófilas. Esto se logra por medio de la hidrofobia, que en términos de nanomateriales y nanosuperficies, se conoce como efecto flor de loto (*Lotus-Effect*), el cual tiene la característica de repeler el agua y mantenerse siempre limpia, Lo cual es idóneo para la conservación de obras arquitectónicas expuestas a la intemperie como lo son edificios patrimoniales (Molina, 2016).

2.3.3.1 Avances en la Ciencia de la Nano Restauración. Existen ya en el mercado productos como el silicato de etilo (TEOS) con diferentes nombres comerciales algunos de ellos son: Kimistone KSF, Siletil 100, KEIM Silex OH, que tienen un agente hidrofugado que al aplicarlo sobre una roca queda ocluido en los poros y después de evaporarse, reacciona con el agua formando partículas de gel de sílice, lo que cohesiona el material y forma puentes de unión entre los granos (Madrid, 2017),

La suspensión alcohólica de nanopartículas de cal (Hidróxido cálcico) se encuentra en el mercado con el nombre de “*Nanorestore*” de procedencia italiana, por su baja concentración es el indicado en la restauración de frescos, y el “*CaloSil*” fabricado en Alemania, es un consolidante para piedra y mampostería. Además, hay que mencionar que la Universidad de Florencia con el financiamiento de la Unión Europea se encuentra desarrollando nanomateriales, para la conservación y preservación de obras de arte (Madrid, 2017).

De otra manera, la nanopartícula de hidróxidos de diferentes elementos químicos, es el principal nanomaterial para tratar los materiales en restauración y conservación, debido a la estructura cristalina de redes típicas que poseen estos materiales. Dentro de ellos son comunes los Hidróxidos de magnesio, ($Mg(OH)_2$), Hidróxidos de calcio ($Ca(OH)_2$), Y los Hidróxidos de estroncio($Sr(OH)_2$), (L. Gómez, López, Fort, & Álvarez, 2010a).

A continuación, en la tabla 1, se encuentran los productos nanoestructurados, que se usan en la conservación de patrimonios culturales, el efecto que producen y las aplicaciones. La nanotecnología ha sido muy útil en la conservación de objetos históricos y artísticos como papiros, madera, cerámica, piedra, papel, edificaciones, esculturas, entre otros. Creando así grandes soluciones empleando el uso de nanomateriales en la conservación del patrimonio cultural (Molina, 2016).

Tabla 1

Principales Productos Nanoestructurados Efectos y Aplicaciones		
<u>Nanoproductos</u>	<u>Efecto</u>	<u>Aplicación</u>
Hidróxido de Ca, Mg	Consolidante	Piedra, pintura, madera, papel, morteros
Hidróxido de Sr	Eliminación de sales	Lienzos
Hierro magnético (ferrita)	Limpieza de otros productos	Lienzos
Óxido de silicio	Consolidante	Morteros y piedra
Nano-óxidos	Hidrofugante	Piedra natural, ladrillos, madera, hormigón
Óxido de Mg, Zn, Ti, Pd: Plata	Biocida	Diferentes superficies

Fuente: Gómez 2010

2.3.4 Pintura. De la Peña (2017) plantea la posibilidad de la aplicación del grafeno a las pinturas para modificar sus propiedades al interés de las necesidades de la arquitectura, lo presenta como la nueva piel arquitectónica. El estudio de pinturas ha basado parte de su investigación en que la estructura molecular de las variantes del grafeno sea compatible químicamente con las resinas constituyentes de las pinturas. (p. 10)

La industria de la pintura está en constante innovación, ofreciendo un producto que cubra las necesidades existentes, por lo tanto una mejora en sus propiedades, con la aplicación de nanomateriales por medio de una compatibilidad de los nanocompuestos con la matriz de la pintura, podrían mejorar su comportamiento frente a los agentes atmosféricos, la estabilidad química, el comportamiento antibacteriano, la resistencia mecánica, la hidrofobicidad, etc., como se muestra en a figura 18 vivienda con pintura autolimpiable (De la Peña, 2017).



Figura 18: Proyecto de Vivienda Strucksbarg Diseñado por el Arquitecto Renner Hainke Wirth, Revestido con Pintura Autolimpiable. Fuente: Ashby 2009

La pintura tiene un fin de protección o estético, es una industria que ha estado en constante evolución con avances notables debido a la investigación en el campo de la química del polímero. Por lo tanto, no es de extrañar el interés de esta industria en la

nanotecnología, contando ya hoy en día con pinturas con cualidades de resistencia mejorada a los rasguños y a la abrasión, dureza, brillo y firmeza del color, pinturas que tienen la características de autolimpiables (Ashby et al., 2009).

Además, el efecto fotocatalítico descompone u oxida ciertos materiales en presencia de la luz, donde sustancias orgánicas comunes se descomponen, se aflojan y suben a la superficie, y mediante la acción de la hidrofílica permite que el agua llegue a la superficie a través de lluvia o forme láminas delgadas y planas, lo cual permite quitar el material orgánico suelto. Este material puede ser el óxido de titanio que posee gran efecto fotocatalítico, que tiene la propiedad de volver a la superficie transparente con lo cual se podría obtener pinturas nanoestructuradas con características de antibacterianas, antimicrobianas integrando la presencia de nanopartículas de plata a su matriz (Ashby et al., 2009).

La hidrofobicidad es la generada por los nanomateriales creando el efecto loto, donde Mojica (2014) comenta que se comercializan en el mercado pinturas ecológicas y revestimientos con la cualidad de autolimpieza como las ofrece la empresa “*Lotusan*”, las mismas que ofrecen resistencia a la humedad, protección contra la suciedad, lo que quiere decir es que si llueve la pared queda completamente limpia (p. 55).

2.3.5 Madera. En cuanto a la madera se ha experimentado con la aplicación de nanomateriales para mejorar la resistencia de la madera con respecto a hongos y mohos. Este experimento se realizó con nanocompuestos empleando nanopartículas de Zn y/o Cu, donde utilizaron la tecnología de la impregnación sumergiendo las muestras de madera de pino a presión y temperaturas variables, y, a la par, ya se habían creado cultivos de hongos

para exponer a la madera a ese ambiente. Siendo la nanopartículas de zinc aplicado en concentraciones del 5%, la que dio mejores resultados, como se ve en la figura 19, Tomando en cuenta la puntuación de 0 a 8, alcanzó 7 puntos con lo cual la madera evidencio mínimo crecimiento de moho (Goddio, Mancini, Gervasio, & López, 2013).

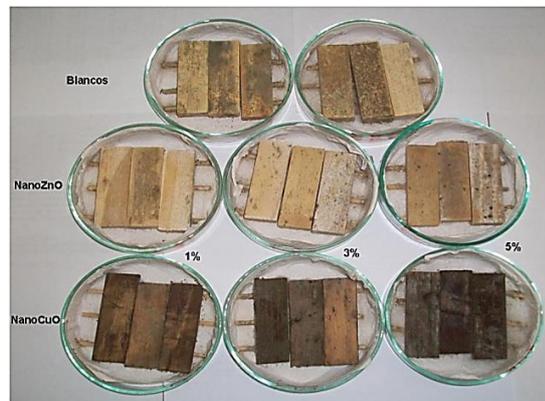


Figura 19: Crecimiento de Mohos en Madera de Pino Tratadas con Suspensiones Acuosas de Nanometales, incubadas en cámara tropical. Fuente: Goddio et al. (2013)

Existen ya en el mercado productos con nanopartículas de cobre o de plata que tienen la propiedad de ser antimicrobiana o antibacterianas, se las está usando en diseño de muebles, se la aplican de manera superficial o incluida en el material de acabado de la madera como puede ser la laca, el cual aparte de proteger a la madera, es ideal para evitar que bacterias o microbios se establezcan en este recubrimiento (ver figura 20), convirtiéndose en muebles ideales para zonas como las instalaciones hospitalarias y en cualquier otro ambiente como instituciones educativas o viviendas.(Ashby et al., 2009)



Figura 20: Superficie con Capacidades Higiénicas Especiales para uso de Atención Médica y otros Entornos, de Fácil Limpieza, Resistente a Desinfectantes y Tiene Acción Antibacteriana

Fuente:(cortesía Kush.) Ashby (2009) p. 420

2.3.6 Vidrio. En cuanto al vidrio la nanotecnología ha hecho grandes aportes como vidrios inteligentes que cambian alguna de sus propiedades según se de algún cambio en el ambiente, tales como, los vidrios fotocromáticos que según la intensidad de la luz varían su transparencia. Los vidrios termocromáticos que tiene la propiedad de cambiar su transparencia de acuerdo a la temperatura y los vidrios electrocromáticos que tienen la cualidad de perder su transparencia al aplicarles corriente eléctrica. (Palma, 2015).

En otros aportes, se puede mencionar el vidrio con acción de autolimpieza producto de recubrimientos, que producen propiedades fotocatalíticas e hidrófilas (efecto Loto, ver figura 21), pueden obtener los comportamientos anti empañamiento, anti reflejo, y autolimpiable, ya que puede disolver y eliminar los gases tóxicos. Características que son posibles mediante la propagación de la gota de agua, que vuelve en gran medida invisible al vidrio, además mediante la disminución de reflexión que conduce a una mayor transmisión de luz. En estos efectos interviene el Dióxido de Titanio (TiO_2) que produce

una reacción catalítica que cuando se somete a la luz ultravioleta ayuda a oxidar sustancias extrañas y las descompone. Estos recubrimientos son del orden de 15 nm, y son transparentes. Mientras más delgado el recubrimiento se obtiene mayor transparencia (Ashby et al 2009).



Figura 21: Vidrio Autolimpiable, con Efecto Fotocatalítico e Hidrofilicas. Ashby (2009)

Palma (2015) también se refiere a “fachadas que cambian con la temperatura, por medio de la homeostática, que es una doble piel de vidrio, capaces de abrirse y cerrarse dependiendo de la temperatura exterior del edificio, debido a una autorregulación de los elementos que constituyen la fachada dinámica sujeta a cambios de la luz solar y la temperatura generada por el clima”. Este fenómeno se lo conoce como homeostasis, y es un estudio realizado por “*DECKER YEADON’S*” de New York (p. 69). Lo cual repercute en un importante ahorro energético.

2.3.7 Aluminio. El uso del aluminio es a nivel mundial más que el acero, esto es debido a que las nuevas aleaciones de aluminio han sustituido al acero, su uso más común es en el sector aeroespacial. La innovación en este campo se ha dado gracias a las aleaciones del aluminio (ver figura 22) y la causa principal es la reducción de peso en ciertos componentes mecánicos (Guerrero et al., 2011).



Figura 22: Aluminio Nanoestructurado. Fuente:<http://es.guangzhouacm.com/pvdf-aluminium-composite-panel/>

El aluminio es un material muy utilizado en la construcción debido a sus cualidades de ligereza, resistencia a la corrosión, buen conductor del calor y electricidad. En nuestro país su uso más común es en puertas y ventanas. Con la aplicación de nanomateriales se le otorga más resistencia a este material, por medio de una aleación del mismo aluminio que posee núcleos icosaédricos nanométricos, que le dan a este metal resistencia mecánica superior a la del titanio y a la de algunos aceros sometidos a elevadas temperaturas.

Otra ventaja es que pierde poca resistencia mecánica cuando se vuelve a calentar, pero con menos peso, dado a la aleación del aluminio que tiene una densidad de 3.0, frente a la del hierro (7.8) o la del titanio (4.6). En el sistema constructivo se lo podría aplicar en las estructuras metálicas de aluminio, obteniéndose secciones más pequeñas con resistencia similares, reduciendo el peso de la construcción y abaratando costos (Mojica, 2014).

2.3.8 Metales. Los metales son sustancias inorgánicas y en esta clasificación tenemos los metales puros o aleaciones, como: el acero, aluminio, magnesio, zinc, hierro fundido, titanio, cobre, níquel, etc. Los metales poseen una estructura cristalina en la que los átomos están dispuestos con cierto orden y disposición geométrica. Esencialmente

están formados por agregados policristalinos, los mismos que tienen diversas formas y composiciones y presentan buena conductividad térmica y eléctrica, buena resistencia mecánica, elevada rigidez, ductilidad o conformabilidad y resistencia al impacto como lo indica (Guerrero et al., 2011, p. 21).

Palma (2015) nos describe aceros nanoestructurados usados en armaduras, resistentes a la corrosión, muy similares a las características del acero inoxidable, de menor coste y con propiedades mecánicas superiores a la del acero tradicional.

Así mismo, Guerrero et al. (2011), afirman que se están desarrollado procesos de fabricación para obtener metales, aleaciones y superaleaciones con grandes cualidades para usarlos en condiciones extremas, y por otra parte al trabajar con aleaciones se pueden manejar dos variables como lo son la composición y la microestructura, lo cual permite modificar sus propiedades. Además, las aleaciones son polifásicas a temperatura ambiente y al variar de temperatura llegan a sufrir grandes transformaciones. De tal manera el objetivo de la investigación científica de los nuevos materiales metálicos, es llegar a obtener excelentes cualidades tales como: elevada resistencia a la tracción, alto límite elástico, dureza, resistencia a la fatiga y al desgaste, (una muestra de ello son las barras MMFX2 de acero nanoestructurado, como se muestra en la figura 23), entre otras propiedades según la necesidad. (p. 22)



Figura 23: Barras de acero nanoestructurado MMFX2

Fuente:<http://nuevatecnologiasymateriales.com/aplicaciones-de-la-nanotecnologia-a-la-industria-de-la-construccion/>

Por otro lado, se sabe que la corrosión y el deterioro del acero en la industria de la construcción es causa de grandes pérdidas en la economía mundial. Por lo tanto, se han hecho investigaciones para desarrollar productos por medio de materiales nanoestructurados para corregir esta problemática. Además, hay que tener en cuenta que muchas técnicas tradicionales como el cromado no son buenas para la salud, debido a que por ejemplo puede causar degeneración del ADN o algunos tipos de cáncer.

En la actualidad hay una serie de compuestos tales como aleaciones, cerámicas y polímeros que se los están utilizando para evitar la corrosión en el acero de construcción.

De otra manera también se sabe que existen materiales nanotecnológicos como las nanopartículas de magnesio que están dando grandes resultados para prevenir la corrosión en metales entre ellos el acero utilizado en la construcción (Hernández & Salache, 2017).

2.3.9 Cerámica. La empresa *Percenta* que elabora nanorevestimientos, realizó estudios con el fenol que en presencia de la nanopartícula TiO_2 puede ser degradado por radicales hidroxilos directamente o a través de portadores fotogenerados, como ocurre en

los procesos fotocatalíticos. El tamaño comercial del TiO_2 micro viene en forma de polvo y está presente industrialmente en porcelanas, gres o azulejos. El Dióxido de titanio (TiO_2), es considerado uno de los mejores semiconductores como fotocatalizador debido a sus características sobresalientes incluyendo actividad fotocatalítica, inercia, física y química, y es un producto disponible en el mercado y de bajo costo. Actualmente se usa el TiO_2 sobre baldosas para la degradación de diferentes moléculas orgánicas (Bianchi et al., 2017),



Figura 24: Cerámica Novabell

Fuente: <http://blog.tumanitas.com/suelos-ceramicos-antideslizantes-con-nanotecnologia-avanzada/>

Mojica (2014) indica que la actividad fotocatalítica en proceso de oxidación avanzada TiO_2 (óxido de titanio) tiene un doble efecto sobre la suciedad que recae en paredes y pisos a diario, problema que se puede resolver con el producto “*Active clean air & Antibacterial ceramic*”, (ver figura 24) que con el fuerte poder oxidante de la acción fotocatalítica del producto, permite la eliminación de bacterias, (según la norma ISO

27447). Bacterias dañinas para la salud como: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* (p. 62).

Este efecto se logra a través de la hidrofilia, que es la propiedad física que tienen los materiales individuales o unidades químicas de vinculación con el agua. Es decir, la capacidad de absorber o retener el agua dentro de sí mismo o en la superficie. Por lo tanto el dióxido de titanio en presencia de la luz, atrae las moléculas de H_2O (humedad) presentes en el ambiente o en la superficie del piso, lo que impide que las impurezas se adhieran a la superficie (Mojica, 2014).

2.3.10 Sellantes. Los selladores son aplicados a las superficies para prevenir o minimizar la absorción penetración o el paso de líquidos o gases. Se sabe que el tamaño o distribución de las partículas afectan a la reología de los selladores; por lo tanto, el uso de nanopartículas aumenta la capacidad de los sellantes. La mayoría de los sellantes nanoestructurados ahora desarrollados toman la forma de nanorecubrimientos, nanofilms o nano pinturas, como se puede apreciar en la figura 25. Donde los sellantes nanoestructurados pueden adquirir menor espesor que los sellantes tradicionales y con mejores cualidades y propiedades (Ashby et al., 2009).

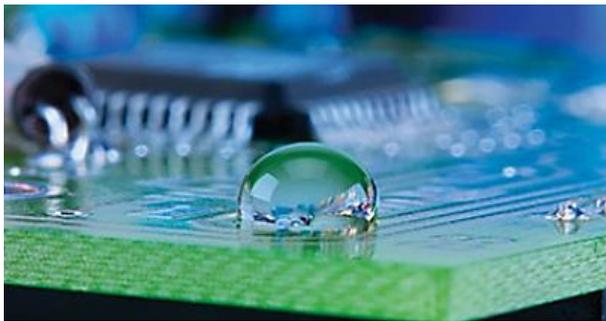


Figura 25: Sellante Percenta para Mejorar las Superficies. Fuente: <https://percenta-nanoproducts.com/>

En la industria de la construcción los sellantes son de mucha utilidad ya que son usados en cubiertas, cisternas, impermeabilización de paredes entre otros, teniendo un tiempo de vida útil en algunos casos cortos, por lo tanto, los nano sellantes serán de mucha utilidad a esta industria.

2.4 Riesgos para la Salud, Seguridad y Medio Ambiente

Los principales riesgos de la manipulación o de exposición a nanopartículas pueden ser por tres vías: la dérmica, inhalatoria y digestiva. El riesgo por la vía respiratoria puede ser por la forma y composición química del nanomaterial, debido a que este puede depositarse en distintas partes del sistema respiratorio. Considerándose este, el principal riesgo en los trabajadores de la construcción. El riesgo dérmico se debe al tamaño de la partícula, que, a menor tamaño es más fácil que penetre en la piel a través de los poros, esto se puede dar, cuando se realiza trabajos de taladrado, lijado, corte, perforaciones, etc. y el riesgo digestivo puede deberse a una mala higiene después de la manipulación de nanomateriales o por deglución por la vía respiratoria (Martínez et al., 2014).

Debido a, este tema, han existido grandes controversias acerca del uso de nanopartículas en relación a la salud, debido a su micro tamaño; ya sea por ingesta de medicamentos, por uso cosmético, por penetración en la piel, por inhalación, o por una mala manipulación. Por otro lado, se han demostrado los grandes beneficios del uso de nanomateriales en medicina, y en el campo general de tratamientos, pero también quedó claro que si se usan incorrectamente, los riesgos para la salud serían ciertamente perjudiciales (Ashby et al., 2009).

Además, según Quintili (2012) en referencia al riesgo de las nanopartículas con el medio ambiente nos dice que:

Las partículas en contacto con el medio que le rodea podrían reaccionar de infinitas maneras dependiendo de la nanopartícula, el medio (agua, aire, suelo), y las condiciones (temperatura, frío, otras nanopartículas etc.). Esas nanopartículas en dichos medios y condiciones, hoy por hoy son la preocupación y el objeto de estudio en la investigación del impacto que podría resultar de la interacción de las nanopartículas con el medio ambiente y con el ser humano (P.143).

Capítulo 3

Nanotecnología en Latinoamérica

3.1 La revolución de la Nanotecnología en América Latina

Las políticas de innovación en la región se remontan a la década de los 50, cuando algunos países se interesaron por el diseño y creación de organismos públicos, orientados a la difusión y promoción del desarrollo científico. Fue a partir de ese momento que surgen los consejos científicos en algunos países de la región.

Es así como surge el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico en Brasil en 1951, más adelante en 1958 Argentina crea el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, en 1967 Chile crea la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnología. Estas instituciones tenían la responsabilidad de la creación de centros de investigaciones, así como la promoción de proyectos de innovación (CEPAL, 2014).

Por otro lado Foladori (2016) comenta que el interés en crear centros de investigación para la innovación no se dio por igual en todos los países de América latina, este interés fue dándose poco a poco, como se puede ver en la tabla 2. Brasil, Argentina y México financiaron investigaciones al respecto, crearon laboratorios multiusuarios, infraestructura adecuada con equipos tecnológicos avanzados, incrementaron clústeres de investigación, producción y promovieron la motivación de la empresa privada mediante concursos de investigación (pág.63),

Tabla 2

*Políticas Públicas en Favor de las Nanotecnologías o Incluso Como Área Prioritaria en
Planes de Desarrollo en Países Seleccionados de América latina.*

<u>Año</u>	<u>País</u>	<u>Institución promotora</u>
2000	Brasil	Ministerio de Ciencia y Tecnología
2001	México	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
2003	Argentina	Secretaría de Ciencia y Tecnología
2004	Colombia	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e innovación
2004	Costa Rica	Consejo Nacional para Investigaciones científicas y Tecnológicas
2005	Guatemala	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
2005	Ecuador	Secretaría Nacional de Ciencia y tecnología
2006	El Salvador	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
2006	Perú	Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica
2008	República Dominicana	Secretaría de Estado de Educación Superior, Ciencia y Tecnología
2009	Uruguay	Gabinete Ministerial de la Innovación
2010	Panamá	Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

Fuente: Foladori 2016 (p. 64)

En lo posterior, se fueron dando inversiones importantes en países como Argentina, Brasil y México, creándose a la par, la competitividad, por ejemplo, según los analistas se dice que Argentina invierte en un principio 50 millones de dólares mientras que Brasil alrededor de 190 millones de dólares entre 2004 y 2009, por parte del ministerio de Ciencia y Tecnología. México se estima que invirtió 60 millones de dólares del 2005 al

2010. Con respecto a, Chile 30 millones de dólares en el mismo período que México.

Datos tomados de (Guillermo Foladori, 2016).

Así mismo, se crearon empresas públicas e instituciones de apoyo a la investigación científica y tecnología en sectores estratégicos de la región. A este impulso de desarrollo tecnológico se sumó el sector público con la formación y capacitación del capital humano. En ese entonces predominaba un enfoque lineal en la visión de la innovación, que partía desde la investigación científica básica, luego la investigación aplicada, luego el desarrollo del producto, por último, la comercialización (CEPAL, 2014).

El objetivo principal de esta revolución tecnológica es que el cambio suceda en la funcionalidad de la materia prima. Con tan sólo introducir nanomateriales en alguna materia prima, se obtiene un producto totalmente diferente y competitivo en relación a la obtención tradicional del producto (Foladori, 2016).

3.2 Nanotecnología en América Latina y el Caribe

A partir de, que Estados Unidos lanza su iniciativa nacional de Nanotecnología en el año 2000, incentiva al resto del mundo en desarrollar investigaciones en materia de nanociencia. Fue el momento crucial para que, Instituciones internacionales como el Banco Mundial, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y la Organización de Estados Americanos, ejercieran su influencia en América Latina de incursionar en nanotecnología. Este interés no solo se creó en países mayores como Brasil, Argentina y México, sino también en países pequeños como Uruguay, República Dominicana, Cuba o Costa Rica, y en países medianos como Perú, Colombia, Venezuela o Chile (Foladori et al, 2012).

Además, Se han creado convenios bilaterales y multilaterales entre países de la región que permiten la transferencia de tecnología y compartir conocimientos. El primero fue el centro Brasil-Argentina de Nanotecnología en el 2005. Posteriormente se crearon otros como el centro virtual Brasil-México de nanotecnología, el Centro virtual México-Argentina o las escuelas Chile-Brasil de Nanotecnología (Foladori, et al 2012).

Por otro lado, vale recalcar que el único laboratorio de luz sin crotón (es el que permite explorar la estructura de la materia) de América Latina está en Brasil, se encuentra ubicado en Campinas, Sao Paulo, funcionando desde 1997 (figura 26). El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) incentivó el desarrollo de la nanociencia a fines del año 2000(Foladori, Invernizzi & Lau, 2012).



Figura 26: Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón. Sao Paulo Brasil.

Fuente: Foladori-Invernizzi (2012)

De manera paralela, Brasil dio su gran paso cuando el Ministerio de Ciencia y Tecnología y el CNPQ organizaron el primer *work shop* “Tendencias en Nanociencias y Nanotecnologías”. El cual tuvo la intervención de 32 investigadores de diversas áreas de las ciencias físico-naturales e ingenierías llegando al consenso de crear un programa que

estímulo a esta área emergente, creándose un grupo de trabajo para que analice las competencias brasileñas en nanotecnología. Después de esto se crearon cuatro redes financiadas por cuatro años y estas son la Red de Materiales Nanoestructurados, Red de Nanotecnología Molecular e Interfaces, Red de Nanobiotecnología y Red de Nanodispositivos y Semiconductores y Materiales Nanoestructurados. Estuvieron involucrados en este proyecto 300 investigadores, 600 estudiantes de doctorado, 77 universidades y centros de investigación y 13 empresas de diferentes regiones del país (Toma, 2005) en (Foladori, Invernizzi, & Lau, 2012),

Posteriormente, en el año 2004 se incorpora el programa para el desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología en el Plan Plurianual 2004-2007 de Brasil. En ese plan se estableció la construcción de laboratorios y redes de investigación y redes de proyectos de investigación y desarrollo. Impulsando a partir de ese momento las investigaciones en el área de nanofotónica, nanotecnología, y materiales bioestructurados, nanotecnología molecular e interfaces, nanobiomagnetismo, recubrimientos nanoestructurados, microscopia, nanotubos de carbono, simulación de nanoestructuras, glico-nanobiotecnología y nano cosmético (Foladori, 2012).

En consecuencia, se han destinados importantes recursos a las diferentes regiones del país incrementando las capacidades materiales y humanas de investigación. En la actualidad Brasil cuenta con laboratorios y centros de investigación considerados los mejores de la región (Foladori, et al 2012).

El sistema científico argentino, lo conforman cuatro ramas de actividad, donde brindan sus aportaciones 250 científicos aproximadamente. La primera rama la conforma

el Centro Atómico Bariloche (CAB) y La comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en Física y Materiales, y estas a su vez están controladas por la red de Sistemas Microelectromecánicos (MEMS). En lo que se refiere a Química y Materiales está el Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y aplicadas (INIFTA) de la Universidad de la Plata. En lo que se refiere a Biología La Universidad Nacional de Córdoba, y el Centro de Investigación en Química Biológica de Córdoba. Por otro lado, Está el Centro de Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas, y la Comisión Nacional de Energía Atómica entre otras instituciones del estado que se dedican a desarrollar materiales nanoestructurados en los campos relacionados a seguridad del medio ambiente, diagnósticos médicos, y la industria farmacéutica (Quintili, 2012).

En México, el CONACyT, a finales del 2006, lanzó una convocatoria para la creación de laboratorios, apoyando dos propuestas en el área de la nanotecnología, creándose el Laboratorio Nacional de Nanotecnología (NaNoTeCH) en la ciudad de Chihuahua, el segundo en San Luís de Potosí el Laboratorio Nacional de Investigaciones En Nanociencia y Nanotecnología (LINAN).

Más adelante, en el 2008, se formó el consorcio académico nano UNAM, el mismo que fue una inquietud del centro de Investigaciones Interdisciplinaria en Ciencias y Humanidades, del Centro de Nanociencias Aplicadas y Desarrollo Tecnología Ambiental. Luego en 2009 surgió la integración del Instituto de Física, el Instituto de Investigaciones en Materiales, el Instituto de Investigaciones en Materiales, El Instituto de Biomédicas, el Instituto de Ciencia Físicas, el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, el de Investigaciones de Investigaciones Sociales, el de Investigaciones Sociales, el de

Investigaciones Sociales, el de Investigaciones Filosóficas y la facultad de derecho. NanoUNAM es la responsable de la revista interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología, donde se dan a conocer los trabajos referentes a las ciencias implicadas, también se encarga de los encuentros Internacionales en Nanociencia y Nanotecnología (Takeuchi, 2011).

Colombia ubicó a las nanotecnologías dentro de las ocho áreas estratégicas en Ciencia y Tecnología; y en el 2005 al Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, le asignaron el Consejo Nacional de Nanociencia y Nanotecnología (Foladori, et al 2012).

En Chile las actividades científicas, tecnológicas y de innovación están coordinadas por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad y por un comité conformado por cuatro Ministerios, el de Educación, Hacienda, Economía, y además sobresalen La Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) y el programa del Milenio. El CONICYT es el que financia y supervisa la formación de capital humano. Por otra parte, El Programa del Milenio promueve y financia la creación de centros de excelencia (Zumelzu & Zárata, 2011).

Venezuela, El encargado es el “Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2030”. donde resalta la importancia de incursionar en nanotecnología. En 2010 se creó la Red Venezolana de Nanotecnología, juntando a los investigadores de las principales universidades, centros de investigación, agencias gubernamentales y el sector productivo (Foladori, et al 2012),

Perú, creó el “Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano”, encargándose a las universidades los grupos de investigación sobre nanotecnología, determinando a la nanotecnología como área estratégica de desarrollo del país (Foladori, et al 2012).

En Uruguay se creó “El Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en 2010 (Foladori et al., 2012).

República Dominicana al igual que otros países de América latina depende del sector público para el I+D+i, recibiendo pocos recursos del sector privado. Un estudio realizado por el BID en el año 2003, reportó que la fuente principal de innovación es la transferencia de conocimiento que viene como valor agregado del contenido tecnológico de la maquinaria importada, y, por otro lado, el papel secundario de desarrollo tecnológico originado por empresas o universidades. Indicadores del Foro Económico Mundial, apunta a determinar que República Dominicana depende de la colaboración Universidad-Industria- como un elemento clave de un sistema nacional de innovación, que aún no está muy desarrollado en República Dominicana (Navarro, 2009).

Costa Rica, en el año 2012 establece la declaratoria de interés público de Investigación en Nanotecnología y sus Aplicaciones. De la misma manera, ese mismo año El ministerio de Ciencia y tecnología y Telecomunicaciones, incluye a las investigaciones en nanotecnología entre las siete áreas prioritarias del plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014, el cual se encarga de los estudios de materiales avanzados y sus propiedades, promoviendo la creación del Laboratorio Nacional de Nanotecnología (Rivera-Álvarez & Vega-Baudrit, 2015).

Cuba, El “Centro de Estudios Avanzados” dedicado a investigaciones sobre nanotecnología y el de tecnologías convergentes en el 2010 (Foladori, et al 2012).

En cuanto a Ecuador, el interés sobre las actividades de Ciencia y Tecnología comienzan a tomar importancia en el 2005 creándose diferentes secretarías sobre este tema, pero es a partir de 2008 que se las vincula con la educación superior, siendo en la actualidad La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) la entidad del gobierno ecuatoriano encargada de la rectoría de políticas públicas en los temas de su competencia, como lo son la Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, teniendo una relación directa con el ejecutivo y la educación superior.

En definitiva, el interés sobre los nanomateriales sigue en crecimiento en la región, como se puede apreciar en la figura 27, donde la concentración de aplicaciones de patentes se mantiene en los mismos países, pero se observa que América Latina tiene interés en nanotecnología.

PCT applications by origin

PCT applications are highly concentrated among a few origins.

A6. PCT applications by origin, 2018

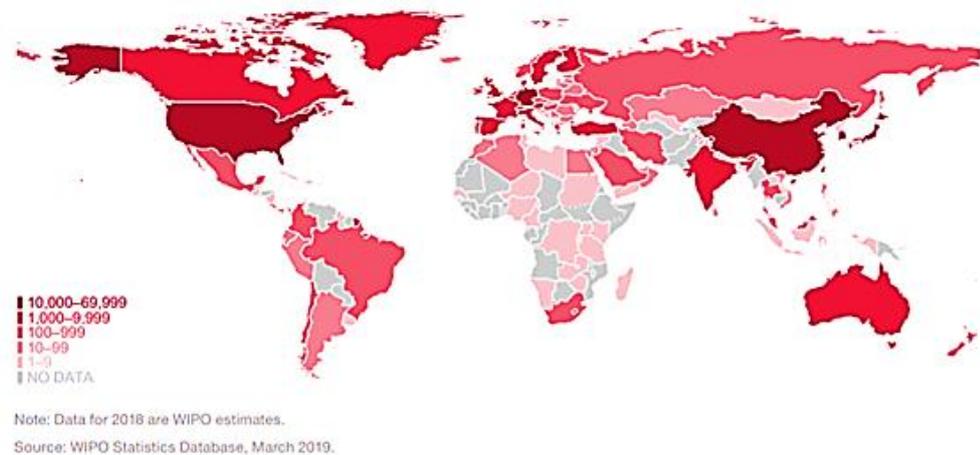


Figura 27: Aplicaciones de Patentes por Origen. Fuente: WIPO (2019)

3.3 Patentes en Nanotecnología

Según WIPO (*World Intellectual Property Organization*) (2019), una Patente es un derecho exclusivo que se concede sobre una invención. En términos generales, una patente faculta a su titular a decidir si la invención puede ser utilizada por terceros y, en ese caso, de qué forma. Como contrapartida de ese derecho, en el documento de patente publicado, el titular de la patente pone a disposición del público la información técnica relativa a la invención.

En cuanto a las primeras patentes referentes a nanotecnología comenzaron a aparecer en 1976 en la USPTO (*United States Patent and Trademark Office*) y en 1980 para EPO (Oficina Europea de Patentes) y la oficina japonesa de patentes (JPO) (Li, Lin, Chen, y Roco, 2010). Fue a partir del 2004 que se clasifican en un grupo específico en EPO y USPTO (Pastrana, Ávila, & Moreno, 2012),

La principal oficina que recibe solicitudes de patentes con el término nano es la de Estados Unidos (USPTO) con el 56%, le sigue la oficina del tratado de patentes (PCT) con el 28%, la (EPO) recibe el 11% y por último la oficina de Japón con el 4% (ELSEVIER, 2012; EPO 2011; Murphy, Munshi, Kurian, Lakhtakia, & Bartlett, 2011), citado en Pastrana (2012).

A continuación, se puede observar en la figura 28 la distribución de las aplicaciones de patentes por campo de Tecnología, donde se establece una comparación entre los años 1978-1998 y 1999-2018, donde se puede observar que en lo referente a Ingeniería civil ha decrecido las publicaciones de patentes en nanotecnología (WIPO 2019).

S7. Distribution of published PCT applications by field of technology, 1978–1998 and 1999–2018

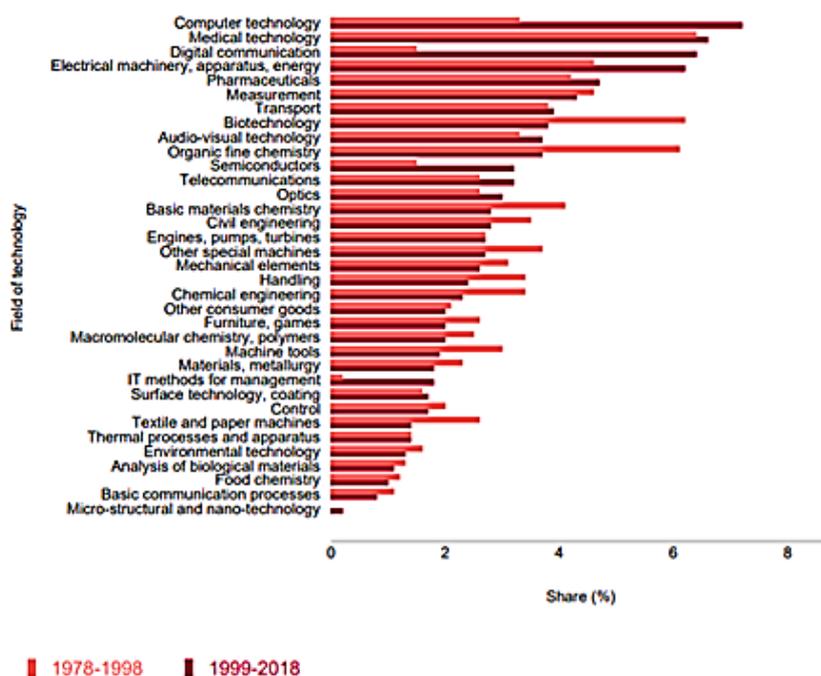


Figura 28: Distribución de las Aplicaciones de Nanopartículas Publicadas en WIPO por Campo de Tecnología. Fuente: WIPO (2019)

3.3.1 Latinoamérica y las Patentes en Nanotecnología. En la base de datos WIPO, se encuentran las patentes nanotecnológicas de Latinoamérica, encontrándose sólo de Argentina, Brasil, Colombia, Chile y México. Con tan solo 333 de las 100.000 que se encuentran a nivel mundial, estando el 90% de estas patentes en las oficinas de Brasil y México. Además, hay que tomar en cuenta que el 80% de los inventos de estas patentes han sido desarrolladas por extranjeros, las restantes han sido desarrolladas por centros de investigación, universidades o empresas locales (Pastrana et al., 2012).

Aparte, cuando se analiza el aplicante, se encuentra que en la región Colombia y Chile sus patentes provienen de universidades, en Brasil y México provienen de la industria y en Argentina lo genera la industria y las universidades.

Por consiguiente, se deduce que los avances sobre esta nanociencia los desarrollan en su mayoría las universidades, siendo los principales campos las ciencias de materiales, farmacéutica, física, ingeniería, bioquímica genérica, biológica molecular y cosméticos (Pastrana et al., 2012).

En otro aspecto, hay que tomar en cuenta las regulaciones en cuanto a la propiedad intelectual, ya que son necesarios para el desarrollo de las industrias y de los nuevos negocios. Por ejemplo, en Argentina no hay quien regule esta actividad y suelen ser trámites engorrosos para investigadores y empresarios pudiendo perder el interés, debido a que hay trámites que pueden llegar a demorar 9 años. Una solución en parte ha sido la creación de clases específicas para patentes nanotecnológicas, así como la capacitación constante de examinadores. Finalmente, estos trámites para países que quieren seguir

invirtiendo en esta industria estos trámites deberían de demorar entre 2 y 3 años (Quintili, 2012).

A continuación, se puede ver en la figura 29, que ha habido un incremento de aplicaciones de patentes en la WIPO, el 28% en América Latina y el Caribe que el resto de regiones, como se puede observar en la tabla WIPO 2019.

With growth of 28%, Latin America and the Caribbean saw the steepest increase in filings among all geographical regions in 2018.

A9. PCT applications for the top countries by region, 2016–2018

Region	Name	Year of international filing			Regional share 2018 (%)	Change from 2017 (%)
		2016	2017	2018		
Africa	South Africa	287	295	274	63.3	-7.1
	Morocco	35	47	49	11.3	4.3
	Egypt	44	36	44	10.2	22.2
	Others	59	91	68	15.2	-27.5
	Total*	425	469	433	0.2	-7.7
Asia	China	43,091	48,905	53,345	41.7	9.1
	Japan	45,209	48,205	49,702	38.9	3.1
	Republic of Korea	15,555	15,751	17,014	13.3	8.0
	India	1,528	1,583	2,013	1.6	27.2
	Israel	1,838	1,816	1,899	1.5	4.8
	Turkey	1,065	1,251	1,578	1.2	26.1
	Singapore	864	867	930	0.7	7.3
	Saudi Arabia	294	378	661	0.5	74.9
	Malaysia	189	141	143	0.1	1.4
	Thailand	155	156	105	0.1	-32.7
	Others	345	414	485	0.4	17.1
	Total*	110,133	119,467	127,875	50.5	7.0
	Europe	Germany	18,307	18,951	19,883	32.1
France		8,210	8,014	7,914	12.8	-1.2
United Kingdom		5,504	5,568	5,641	9.1	1.3
Switzerland		4,369	4,488	4,568	7.4	1.8
Sweden		3,719	3,975	4,162	6.7	4.7
Netherlands		4,675	4,430	4,138	6.7	-6.6
Italy		3,362	3,225	3,337	5.4	3.5
Finland		1,525	1,601	1,836	3.0	14.7
Austria		1,422	1,397	1,475	2.4	5.6
Spain		1,507	1,418	1,409	2.3	-0.6
Others		6,981	7,624	7,532	12.2	-1.2
Total*		59,581	60,691	61,895	24.5	2.0
Latin America and the Caribbean		Brazil	587	589	619	33.7
	Mexico	289	270	274	14.9	1.5
	Chile	197	167	245	13.3	46.7
	Panama	60	9	185	10.1	1,955.6
	Colombia	100	143	163	8.9	14.0
	Barbados	114	67	96	5.2	43.3
	Antigua and Barbuda		57	96	5.2	68.4
	Argentina	46	36	42	2.3	16.7
	Peru	24	33	38	2.1	15.2
	Others	91	66	81	4.4	22.7
	Total*	1,488	1,437	1,839	0.7	28.0
North America	United States of America	56,591	56,676	56,142	95.9	-0.9
	Canada	2,336	2,400	2,422	4.1	0.9
	Total*	58,927	59,076	58,564	23.1	-0.9
Oceania	Australia	1,835	1,852	1,825	86.7	-1.5
	New Zealand	307	273	278	13.2	1.8
	Others	3	2	2	0.1	0.0
Total*	2,145	2,127	2,105	0.8	-1.0	
Unknown		208	244	289	n.a.	n.a.
Total		232,907	243,511	253,000	n.a.	3.9

* indicates share of world total.

n.a. indicates not applicable.

Note: Data for 2018 are WIPO estimates. This table shows the top countries in each region (with a maximum of 10 countries per region) whose applicants filed more than 20 PCT applications in 2018. Data for all origins are reported in statistical table A28.

Source: WIPO Statistics Database, March 2019.

Figura 29: Incremento del 28% en América Latina y el Caribe de Aplicaciones de Patentes en Nanotecnología. Fuente: WIPO 2019

Capítulo 4

Estadísticas Económicas

4.1 Impacto Económico de la Nanotecnología

Son muchos, los efectos positivos en el impacto económico con la implementación de la nanotecnología. Sin embargo, es necesario debatir aspectos como el consumo de energía de la producción de nanomateriales, tomando en cuenta la ética ecológica. En cuanto a, los beneficios del uso de nanomateriales existen también un sobredimensionamiento acerca de sus cualidades, por lo tanto, hay que tener cautela a la hora de invertir en los beneficios de la nanociencia. Por lo que, se puede pasar del optimismo propio de la primera etapa a la cautela en las valoraciones posteriores (Fernández, 2013).

Después, de que Estados Unidos tomará la iniciativa de incursionar en el área de la Nanotecnología, fue al año siguiente (2001) que la nanotecnología se incorporó a la agenda de la política de algunos países. La motivación principal fue que esta nanociencia podía incursionar en diversos campos económicos, reconociéndose a la nanotecnología como la nueva revolución industrial (Seoane, 2014).

Según, la compañía de análisis estratégico *Científica*, en su informe de 2011, señalaba que China en el 2010, había invertido más que Estados Unidos en nanotecnología, ubicándose por primera vez en primer lugar, evidenciándose así la carrera tecnológica de estas dos naciones. Además, “*Científica*” señala que la inversión desde el año 2000 hasta la fecha del informe Julio de 2011 fue de 67.500 millones de dólares, considerándose una gran inversión en investigaciones nanotecnológicas (Fernández, 2013).

Por otro lado, Foladori (2016) menciona la desventaja que se le presenta a las empresas pequeñas, que a pesar de que los costos para producir algunos nanomateriales es relativamente accesible, el hacerlo industrialmente no lo es, debido al alto costo del equipo sofisticado que se necesita para la obtención de nanomateriales así como las dificultades de producir materia prima homogénea y transferible a una producción masiva (p. 73).

4.2 La Financiación de la Investigación en Nanotecnología

Desde 1997, las investigaciones en nanotecnología han avanzado de una forma constante. En ese año Estados Unidos invirtió 2700 millones de dólares con el propósito de fomentar la investigación en Nanociencia y Nanoingeniería. Los países industrializados asiáticos, no se quedaron atrás promoviendo desde sectores industriales y gubernamentales el desarrollo de la nanotecnología, con similares inversiones que Estados Unidos, por ejemplo, Japón invirtió desde 1997 hasta 2003 la cantidad de 2,850 millones de dólares. En el caso de China primero formó miles de científicos fuera de sus fronteras en el campo de la nanotecnología e invirtió en infraestructura científica y tecnológica, de manera acelerada (Serena & Correia, 2003).

En Europa, a pesar de poseer una gran comunidad científica, se establecieron planes nacionales o europeos sobre nanotecnología considerados como un aporte clave para el desarrollo de la región de una forma pausada. En Alemania por ejemplo en 1998 se establecieron 6 centros nacionales de nanotecnología. En Francia se constituyó un gran centro de Nanotecnología (MINATEC en Grenoble), Reino Unido también se embarcó en la iniciativa de la Unión europea, creó un consorcio con la finalidad de no perder terreno frente a Estados Unidos o Japón. Estos lentos pasos se vieron consolidados con la inversión de 1,300 millones de Euros en el período 2003-2006, con lo cual se fomentó el

auge creándose más de 160 redes nacionales dedicadas a desarrollar proyectos de investigación en esta nanociencia (Serena, 2002).

En cuanto a, América Latina los países que más han invertido en Investigación y Desarrollo son Brasil, Argentina y México. La aportación económica de estos países fueron Brasil con 270 millones entre el 2004-2007, México con 14 millones entre 1998-2004 y Argentina 10 millones en el 2005 y, 10 millones en el 2010. Cabe mencionar que desde el 2000 al 2007 se han hecho 5,254 publicaciones científicas, México 2,216 y Argentina 1,376. Además, en lo que se refiere a patentes latinoamericanas, Brasil registró 89, México 28 y Argentina 12. Además, el Banco Mundial sugiere que la Investigación y Desarrollo tiene una importancia relevante en el desarrollo de los países en vía de desarrollo, y, les aconseja que prioricen la innovación para ser más competitiva a la región. (Foladori et al 2012)

Chile fue el prototipo del propósito del Banco Mundial, en 1991 destinó un préstamo de 5 millones de dólares para el periodo de dos años y medio, en lo cual Chile incrementó ese valor con 10 millones más por parte de su presupuesto nacional, con lo cual invirtió en la creación de varios institutos de investigación en Nanotecnología (Foladori, Figueroa, Záyago-Lau, & Invernizzi, 2012).

Asimismo, La Organización de Estados Americanos promovió el paradigma de la economía del conocimiento. Promoviendo algunos encuentros entre ellos la Cuarta Reunión Ordinaria de la Comisión Interamericana de Ciencia y Tecnología (COMCYT) de la OEA, la cual se celebró en Washington DC en 2004, en el cual se tomaron en cuenta cuatro talleres tratados en diferentes países. Uno de estos talleres se realizó en Ecuador en

2003, donde se abordaron temas sobre las políticas hemisférica para el desarrollo científico y tecnológico en las Américas, y, se plantearon cuatro áreas estratégicas para la región estas fueron: tecnologías limpias y energías renovables, biotecnología, redes de información y tecnología, los materiales y la Nanotecnología. Años después, en 2010 se realizó un taller en Argentina, donde la UNASUR (Unión de los Países de Sudamérica) planteó el trazo de un camino para la Ciencia, Tecnología e Innovación, que incluyó a la Nanotecnología como área estratégica (Foladori et al., 2012).

Después de toda esta inquietud internacional, durante la primera década del siglo 21, muchos países latinoamericanos incluyeron a la Nanotecnología como área estratégica para fomentar la competitividad. Siendo el caso tanto de los llamados países grandes como Brasil, México y Argentina, países medianos como Colombia, Perú y Venezuela y los denominados países pequeños de América central y otros como Uruguay, y Ecuador (Foladori et al., 2012).

4.3 Proyecciones Económicas de la Nanotecnología

Burrows director de la *Nanoscience and Nanotechnology Initiative*, opina que la nanotecnología se supone el mayor avance de la historia, ya que desde la edad de piedra lo que se ha venido haciendo es darles nuevas formas a los materiales existentes. Y, sobre nanociencia señala que esta nueva ciencia supone el primer cambio verdadero en el campo de la tecnología. Esto es posible gracias a los esfuerzos económicos y financieros que se han venido realizando en los últimos años (Álvarez, 2002).

Más Adelante Quintili (2012) decía que para promover los avances tecnológicos y no estancarse, y correr el peligro de quedarse atrás, era necesario:

- Promover la nanotecnología en todo el sistema educativo público y privado
- Promover créditos y financiamientos, para el desarrollo de proyectos de investigación.
- Adecuar el sistema jurídico y legislativo.
- Incentivos fiscales para el estímulo emprendedor
- Crear un sistema adecuado para depósito de patentes (p. 143).

Esta es la opinión de Quintili (2012) en cuanto a Argentina, pero bien se lo puede aplicar en otros países en desarrollo.

En la actualidad, los países cada vez más se interesan en invertir en Nanotecnología, siendo la mayor inversión de parte del gobierno de cada país, a continuación, se puede ver en la figura 30, las principales inversiones en nanotecnología en millones de dólares.

INVERSIÓN GUBERNAMENTAL EN NANOTECNOLOGÍA

	2011	2012	2013	2014	2015	2020
1 India						
2 Japón						
3 Malasia		428				4000
4 Nueva Zelanda						
5 Corea del Sur		370	2020			
6 Taiwán	98,53	95,23				
7 Estados Unidos	1847,3	1857,3	1550,2	1537,5	1536,9	

Figura 30: Inversión Gubernamental en Nanotecnología (en millones de dólares).

Fuente: Stat Nano <https://statnano.com/report/n3>

En lo referente al caso particular de Ecuador, también le ha dado importancia a la innovación como instrumento para transformar la estructura productiva y reducir la desigualdad social. A pesar de ello, la promoción de los actores de desarrollo en

innovación, no ha tenido el impulso que han experimentado otros países de la región.

Conviene enfatizar, que en lo que, se ha venido estableciendo interés es en las reformas en Educación Superior (Milia, 2014).

Cabe señalar que, dentro del Plan Nacional de desarrollo del gobierno ecuatoriano (*Plan Toda una Vida*), las actuales autoridades se han planteado retos de políticas públicas para una sociedad cambiante, en el contexto del siglo XXI. Basándose en algunos planteamientos del anterior plan del “*Buen Vivir*”. En una visión a largo plazo se propone logros importantes como mayor equidad y justicia social, el desarrollo de capacidades del talento humano y capacidades productivas, entre algunos aspectos, y por otro lado desde la perspectiva económica, cambiar el patrón de especialización primario-exportador basado en la explotación de recursos naturales. Siendo este un modelo mantenido durante toda la vida republicana, el mismo que ha vuelto a la economía vulnerable ante la dinámica del comercio exterior; limitando la tecnificación de su producción, e incluso afectando la sustentabilidad ambiental. Estos tópicos en cuanto al actual modelo económico. Y, lo que se propone para un futuro cercano, es profundizar en el impulso a la productividad, la diversificación productiva y la Bioeconomía (Senplades, 2017).

Ante, estas iniciativas de gran magnitud el incentivo en el desarrollo basado en el conocimiento e investigación, sería una buena estrategia de inversión para el cambio de la matriz productiva.

Capítulo 5

Integración Social y Plan Toda una Vida

5.1 Plan Nacional de Desarrollo: Toda una vida

El gobierno del Ecuador a través de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo- Senplades 2017, elaboró una hoja de ruta del país, que orienta las acciones del estado en beneficio de la ciudadanía, dicho plan busca planificar para “*Toda Una Vida*” la garantía de los derechos durante todo el ciclo de vida del ciudadano ecuatoriano (Senplades, 2017). El objetivo de este plan se detalla en los artículos 280 y 293 citados a continuación.

Art. 280.- El Plan Nacional de Desarrollo es el instrumento al que se sujetarán las políticas, programas y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del Estado; y la inversión y la asignación de los recursos públicos; y coordinar las competencias exclusivas entre el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados. Su observancia será de carácter obligatorio para el sector público e indicativo para los demás sectores (Senplades, 2017).

Art. 293.- La formulación y la ejecución del presupuesto General del Estado se sujetarán al plan Nacional de Desarrollo. Los presupuestos de los gobiernos autónomos descentralizados y los de otras entidades públicas se ajustarán a los planes regionales, provinciales, cantonales y parroquiales, respectivamente, en el marco del Plan Nacional de Desarrollo, sin menoscabo de sus competencias y su autonomía (Senplades, 2017).

5.2 Proyección del Ecuador Hacia el Año 2030

En la página 33 del Plan Nacional de Desarrollo- “*Toda Una Vida*”, se encuentra un literal que fomentaría lo siguiente, “El uso de tecnologías aplicadas al incremento de la productividad”, y más adelante se refiere a que Ecuador debe proyectarse hacia la exportación de materia prima, para reducir las desigualdades en referencia con otros países en aspectos como conocimiento, innovación y desarrollo tecnológico. A través de una consolidación de inversión en las capacidades instaladas en cuanto a talento humano, infraestructura y energías limpias (Senplades, 2017).

De lo anterior mencionado, el incentivo en inversión en talento humano sería una de las iniciativas primordiales para el desarrollo de investigaciones científicas ecuatorianas, que conduzcan a la obtención de nueva materia prima, que podrían ser nuevos materiales nanoestructurados, con el propósito de elaborar productos y así poder convertirse en un país exportador de producto terminado o en partes para ensamblaje, incursionando así Ecuador en el mercado internacional con una nueva estrategia comercial.

En otro aspecto, también Ecuador, se puede enfocar en la elaboración de nuevos materiales con un enfoque más en la inserción de materiales más eficientes en la construcción, (materiales nanoestructurados) que ofrecen buenas propiedades, los mismos que podrían bajar sus costes en el producto terminado (la vivienda) a largo plazo, ya que serían más resistentes y duraderos que los materiales tradicionales en la construcción. Y, a la vez optimiza los recursos naturales con una menor extracción de materia prima contribuyendo a la conservación del medio ambiente muy necesario en nuestros días.

5.3 Economía al Servicio de la Sociedad

En cuanto a la economía al servicio de la sociedad, en la página 74, el estado apoya el desarrollo económico con el cambio de la matriz productiva, que busca el cambio basado en eficiencia e innovación. Un campo en el cual, el incursionar en nanotecnología le daría un vuelco a la matriz productiva del país, pudiendo ser gestores de innovación. Además, dentro de sus políticas el lineamiento 4.7 lo enfoca de la siguiente manera:

4.7 Incentivar la inversión privada nacional y extranjera de largo plazo, generadora de empleo y transferencia tecnológica, intensiva en componente nacional y con producción limpia; en sus diversos esquemas, incluyendo mecanismos de asociatividad y alianza público-privadas, con una regulación previsible y simplificada (Senplades, 2017).

La inversión público-privada sería la clave para la investigación científica en nanotecnología, incentivando en la transferencia de conocimientos para ofrecer capacitación tecnológica especializada a nuestra mano de obra local, convirtiendo a las empresas ecuatorianas en empresas que cuenten con buenos conocimiento de tecnología de punta.

5.4 Más Sociedad Mejor Estado

En la página 93, el diagnóstico plantea que el estado es el proveedor de educación, y salud, dentro del campo de la educación es donde el estado tiene la facultad de dotar de conocimientos en el campo de lo científico al individuo, para tener un alto nivel de investigadores que incursionen en I+D, obteniéndose así un efecto a largo plazo (Senplades, 2017).

De tal manera que, la mejor inversión de un país es invertir en conocimiento desde edades tempranas y por supuesto que abarque todas las etapas de la educación, para generar científicos, investigadores y en fin profesionales que quieran contribuir con el país compartiendo sus conocimientos adquiridos y así tener un talento humano propio volviendo al país más competitivo.

5.5 Directrices y Lineamientos Territoriales

En lo referente, a las directrices y lineamientos territoriales en la página 123, los lineamientos a.4 y a.5, se da impulso a los sistemas constructivos, a continuación, descritos:

a.4 Implementar medidas arquitectónicas y urbanísticas que propendan a la accesibilidad universal a equipamientos públicos y servicios básicos (Senplades, 2017).

a.5 Implementar sistemas constructivos seguros y energéticamente eficientes en zonas de alta exposición a amenazas de origen natural y antrópico (Senplades, 2017).

La nanotecnología puede ofrecer sistemas constructivos más eficientes, resistentes y limpios. Que serían muy recomendables para el Ecuador, en aspectos como, optimizar sus recursos naturales, y otro sería ofrecer construcciones más seguras a través de la utilización de materiales nanoestructurados que tienen múltiples ventajas mencionadas en capítulos anteriores, más aún, teniendo en cuenta que Ecuador se encuentra ubicado en zona de alto riesgo sísmico, donde se pudiera ver beneficiado con construcciones más ligeras y resistentes.

En el lineamiento g.5 de la página 125 dice lo siguiente:

g.5 Profundizar procesos solidarios y complementarios de integración regional en términos de complementariedad política, cultural, productiva, financiera, científico-tecnológica, energética, ambiental, infraestructura, regulación y control (Senplades, 2017).

El estado incentiva la integración regional que podría convertirse en un intercambio de conocimientos científico como oportunidad de desarrollo regional, a través de convenios bilaterales y multilaterales, por medios de los cuales se pueda adquirir conocimiento y tener accesibilidad a tecnología de punta. Estos convenios ya se vienen dando en otros países de la región. Según Foladori (2012) el primer convenio que se estableció fue el año 2005 cuando se creó el centro Brasil- Argentina de Nanotecnología, Dándose posteriormente el convenio virtual Brasil-México de Nanotecnología, las escuelas Chile-Brasil de Nanotecnología, o el centro virtual México- Argentina de Nanotecnología. De esta manera se tendría una gran oportunidad de tener al alcance conocimientos y equipos necesarios para la obtención de nanomateriales con una menor inversión.

Capítulo 6

Posibilidad de Integración de Nanotecnología en el Ecuador

En este punto, hay que tener en cuenta el sistema constructivo actual del Ecuador y las políticas públicas del gobierno en cuanto a Ciencia, Tecnología e Innovación.

6.1 Sistema Constructivo del Ecuador

Los sistemas constructivos más usados del Ecuador son tres, el tradicional, el metálico y el prefabricado. Y, en cuanto a los materiales más utilizados se los ubica en tres categorías.

1. Materiales principales: piedra, ladrillo, bloque, concreto, madera y metales.
2. Materiales aglomerantes: son los materiales que sirven para unir un material con otro principal como lo son el cemento, el yeso y la cal.
3. Materiales auxiliares: Son los materiales utilizados en el acabado final y son aluminio, vidrio, pintura, impermeabilizantes, piedras naturales, entre otros (Meneses, 2017).

6.1.1 Sistema Constructivo Tradicional. Este sistema constructivo, también llamado “in situ”, es utilizado en las estructuras, instalaciones, terminaciones superficiales de una obra y cerramientos de la edificación, donde se usa materiales en estado primario, diseño estructural de forma manual, y, mano de obra calificada (Salvatierra & Villavicencio, 2017,).

6.1.1.1 Hormigón Armado y Mampostería. Estas construcciones se basan en una serie de materiales como: materiales pétreos de origen natural, manufacturado con pétreos, vegetales, sintéticos, metálicos como el acero y los materiales producidos por la industria petroquímica (Meneses, 2017).

6.1.2 Estructura Metálica. Este sistema está constituido por un sistema de estructura metálica (columnas y vigas de acero) lo que permite grandes luces, y se complementa con paneles prefabricados de hormigón (Meneses, 2017).

6.1.3 Prefabricado Hormi2. Es un sistema constructivo que se lo está empleando en el Ecuador en los últimos años, se trata de paneles modulares producidos de forma industrial. Estos paneles cumplen una función estructural. Los paneles están formados por dos mallas de acero galvanizado electrosoldadas, unidas entre sí por medio de dos conectores de acero. dejando un espacio interior que es ocupado por una placa de polietileno expandido. Este panel asegura un aislamiento termoacústico. Luego del montaje de estas placas se le adiciona dos capas de micromortero para el revocado de las paredes, y, luego 2 capas de mortero de 2,5 cm por cada lado. Se lo considera una estructura sismorresistente formada por muros portantes, losas, entre otras. Lo que significa que no necesita columnas de acero y hormigón (El Comercio, 2016).

6.1.4 Prefabricado HORMYPOL. Los paneles de HORMYPOL, están constituidos por dos láminas externas de 12 mm de espesor de micro hormigón vibro prensado y una lámina central de 50 mm de poliestireno expandido, embebidas de micro hormigón en cada una de las capas externas donde se encuentra una malla hexagonal de acero de 0.5 mm de diámetro con un paso de 19 mm (Cueva, 2019).

A continuación, se elaboró una tabla con las ventajas y desventajas de los sistemas constructivos más usados en el Ecuador. Como lo son el sistema tradicional, estructura metálica y prefabricado.

Tabla 3

Principales Sistemas Constructivos del Ecuador, Ventajas y Desventajas.

<u>Sistema Constructivo</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Desventajas</u>
Sistema Constructivo Tradicional	<ul style="list-style-type: none"> a.-Amplia libertad para el diseño de construcción del proyecto. b.-Flexibilidad para la improvisación en relación a fenómenos presentados en el transcurso de la obra c.-Adaptabilidad del diseño en relación del tipo de estructura a construir. d.-Edificación de grandes obras con equipos netamente necesarios, menos herramientas, menos equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> a.-Costo elevado de mano de obra. b.-Operarios no calificados Lentitud en el proceso. c.-Consumo excesivo de materiales
Sistema Constructivo con Estructura Metálica	<ul style="list-style-type: none"> a.- Alta resistencia b.- Uniformidad c.-Homogeneidad d.- Rapidez en el proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Corrosión de los materiales. b.-Alto costo de estructura y mantenimiento c.- Mano de obra especializada.
Sistema poliestireno expandido	<ul style="list-style-type: none"> a.-Reducción de costos b.- Optimización de tiempo y dinero c.- Resistencia sismo resistente d.- Solidez y seguridad e.- Durabilidad y versatilidad f.- Fácil construcción 	<ul style="list-style-type: none"> a.-Inexistencia de una norma técnica específica en el Ecuador b.- Dependencia de transportación para los paneles.

Nota: cómo se puede ver existen grandes ventajas en el sistema constructivo ecuatoriano, pero todo depende de saber escoger la mejor alternativa para la edificación.

Fuente: elaboración propia, datos tomados de Salvatierra y Villavicencio (2017)

6.2 Ciencia y Tecnología en Ecuador

El objetivo primordial de todo proceso económico de un país es el mejoramiento de las condiciones de vida de la población, bajo esta premisa la Ciencia y la Tecnología, constituyen un apoyo fundamental para lograr este objetivo. Es desde el 2008 que las actividades de Ciencia y Tecnología están vinculadas en la Educación Superior en Ecuador, se fomenta el desarrollo de la investigación, llegando a ponerla en el centro de la

escena en cuanto a las políticas públicas. Invirtiendo el estado en recurso humano otorgando becas de formación en el exterior y el programa Prometeo, que consistía en fortalecer las capacidades de investigación, a través de investigadores extranjeros y ecuatorianos de alto nivel; también surgió el apoyo en el mejoramiento de la infraestructura en universidades y escuelas politécnicas, además de la construcción de universidades en áreas estratégicas de la investigación, con financiamiento de proyectos de investigación, como lo es la Universidad de investigación de Tecnología Experimental Yachay Tech (Milia, 2014).

Dentro del marco de políticas públicas se han elaborado documentos, leyes, planes, instructivos, reglamentos, lineamientos, entre otros, ofreciendo un nuevo marco en las políticas para incrementar el desarrollo en Ciencia y Tecnología, donde queda enlazado la Ciencia, la Tecnología y la Educación Superior (Milia, 2014).

6.2.1 La SENESCYT (Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación). La SENESCYT, es una institución gubernamental creada para ejercer las políticas públicas relacionadas con la Educación Superior, la Ciencia, la Tecnología, y la Innovación en el Ecuador. Antes de su creación existieron otras instituciones que realizaban este trabajo, el Consejo de Educación Superior (CONESUP) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) y la Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACYT). Todas estas secretarías ejecutaron las acciones para las que fueron creadas desde el año 1979 hasta el 2010, donde habían dos secretarías SENACYT y SENESCYT, que se fusionaron mediante el Decreto Ejecutivo 517 del 15 de octubre de ese año, (Díaz, 2013; Constitución, 2010) Se establece en el Art. 1 “Fusionar la Secretaría Nacional de

Ciencia y Tecnología (SENACYT) a la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT)”, con lo cual todas “las competencias, atribuciones, funciones, representaciones y delegaciones, constantes en leyes y reglamentos y demás instrumentos normativos que hasta la presente fecha eran ejercidas por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) pasan a ser ejercidas por la secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación” (Ramírez, 2010).

6.2.2 Creación de Yachay Tech. Yachay Tech es la primera universidad pública de Investigación de Tecnología Experimental del Ecuador , creada como una ciudad del conocimiento, para promover el desarrollo de la investigación y tecnología experimental en Ciencias de la Vida, Nanociencia, Tecnología de la Información y Comunicación, Cambio Climático, Energía Renovable y Petroquímica (Milia, 2014).

Yachay EP fue creada como empresa pública mediante el decreto ejecutivo N° 1457, el 13 de marzo de 2013, y abrió sus puertas en agosto de 2014. La empresa pública Yachay EP ejecuta el proyecto Ciudad del Conocimiento y es parte del Ecosistema Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación (Elster, 2006).

La creación de Yachay Tech, fue una gran iniciativa del gobierno ecuatoriano en su interés de mejorar la calidad de la educación en el campo de la investigación científica y en la ingeniería, con lo cual, se brinda una gran oportunidad en tener al alcance docentes altamente calificados obteniéndose a corto plazo profesionales especializados en estos campos.

Uno de estos campos es la Escuela de Ciencias Físicas y Nanotecnología, donde el departamento de Nanotecnología se enfoca en tres sub-áreas: Nanobitecnología, Ciencia en Ingeniería de Nuevos Materiales y fabricación de dispositivos para el uso en Nanotecnología. Lográndose uno de los principales requisitos para el avance en el área de conocimientos sobre nanotecnología. (Yachay Tech, 2019)

6.3 La Nanotecnología en Ecuador

Ecuador ha estado apartado de los países que se han destacado por sus avances tecnológicos, lo que sí se puede decir es que se han realizado intercambios de expertos y de conocimientos con centros de punta en el mundo, dando lugar a la aventura de incursionar en nanotecnología. Es así como en noviembre de 2012 Ecuador fue anfitrión de la segunda sede de NanoAndes, incursionando así en esta área. Hoy en día Ecuador es miembro de la Red NanoAndes, que fue creada con el objetivo de desarrollar la investigación científica relacionada con nanociencia en la región. Esta Red está conformada por científicos franceses y latinoamericanos. Más adelante, en el año 2013 se celebró en el campus de la escuela politécnica extensión Latacunga el primer congreso Internacional de Nanotecnología (Cartelle & Zurita, 2015).

Por otro lado, el grupo ecuatoriano GETNano para el estudio teórico y experimental, junto con algunas universidades del país han realizado proyectos de estudio y desarrollo de nanomateriales, destacándose proyectos como el estudio de posibles aplicaciones para almacenamiento de hidrógeno molecular y metano, la construcción de nanofibras de ADN para posibles integraciones industriales, y el desarrollo de nanosistemas de identificación de moléculas para diagnóstico clínico.

Entre otros aspectos, con la intención de revisar oportunidades en el área de desarrollo de obtención de nanomateriales, la Universidad San Francisco de Quito ha auspiciado eventos, cursos, y talleres científicos en materia de nanotecnología.

En cuanto a, la empresa privada, Taruq (en el área de electrodomésticos) y pinturas Cóndor, ya han integrado nanomateriales en sus líneas de trabajo (Cartelle & Zurita, 2015).

En lo que se refiere, al sector de la construcción solo se sabe de Pinturas Cóndor que ha incursionado en la incorporación de nanomateriales en el Ecuador, y, además se están utilizando materiales como: sellantes, recubrimientos entre otros.

6.4 ¿Es Posible el Desarrollo de la Nanotecnología en el País?

En Ecuador el plan nacional de Ciencia, Tecnología Innovación y Saberes tiene a su cargo el financiamiento de las ciencias básicas, en particular la nanotecnología. Se han financiado proyectos de investigación orientados a la obtención, caracterización y evaluación de nuevos materiales con nanopartículas, materiales compuestos, nanocompuestos y materiales polímeros modificados, enfocados a incrementar el potencial industrial del Ecuador. Además, con el apoyo a las escuelas politécnicas fue posible la creación del laboratorio de nuevos materiales (LANUM), de la Escuela Politécnica Nacional. Adquiriendo, maquinaria, materiales e insumos, equipo de procesamiento y análisis, herramientas de precisión entre otros (Guerrero et al., 2011).

También, este centro cuenta con instrumental para la obtención de nanopartículas por métodos químicos y máquinas de molienda y para la caracterización mecánica, termogravimétrica, eléctrica, química, etc. Además, de poder analizar el tamaño de las

partículas utilizando métodos como el análisis por dispersión de luz láser y microscopía electrónica de barrido. En conclusión, el LANUM, es un centro significativo para el desarrollo de las investigaciones científicas en cuanto a nanotecnología (Guerrero et al., 2011).

6.5 Estadísticas Referentes a Nanotecnología en Ecuador

En lo que se refiere a estadísticas sobre el interés del Ecuador en nanotecnología, *Stat Nano* que es una entidad que proporciona la clasificación global y regional de los principales indicadores de nanociencia, tecnología e industria nos indica que el promedio de citaciones de artículos (figura 31) y de prioridad nacional (figura 32) en cuanto a nanotecnología en lo referente a Ecuador desde el 2014 al 2019 está a la baja, situación preocupante para la investigación científica. (ver indicadores completos en Anexos) (“Stat Nano,” 2019)

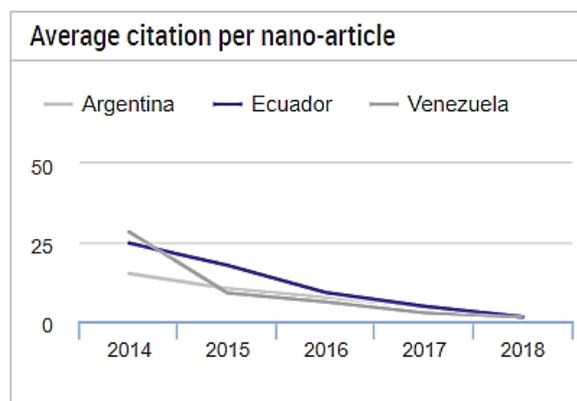


Figura 31: Promedio de Citaciones por Nano Artículos en los Últimos Cinco Años.

Fuente: Stat Nano <https://statnano.com/country/ecuador>

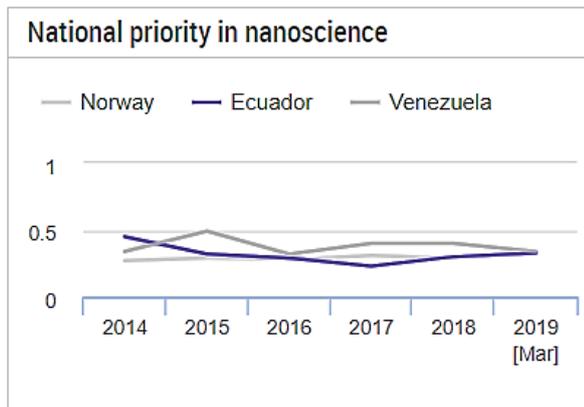


Figura 32 Prioridad Nacional en Nanociencia. Fuente: <https://statnano.com/country/ecuador>

Acerca de, las publicaciones científicas comparado con otros países de la región como Colombia, Perú y Costa Rica; Ecuador en lo que se refiere a prioridad nacional en el periodo del 2013 al 2017, se observa un buen inicio hasta el 2014 y cae sustancialmente al 2015, y luego vuelve a subir hacia el 2017, como se observa en el gráfico de indicadores de *Isi- WOK*, en la figura 33.

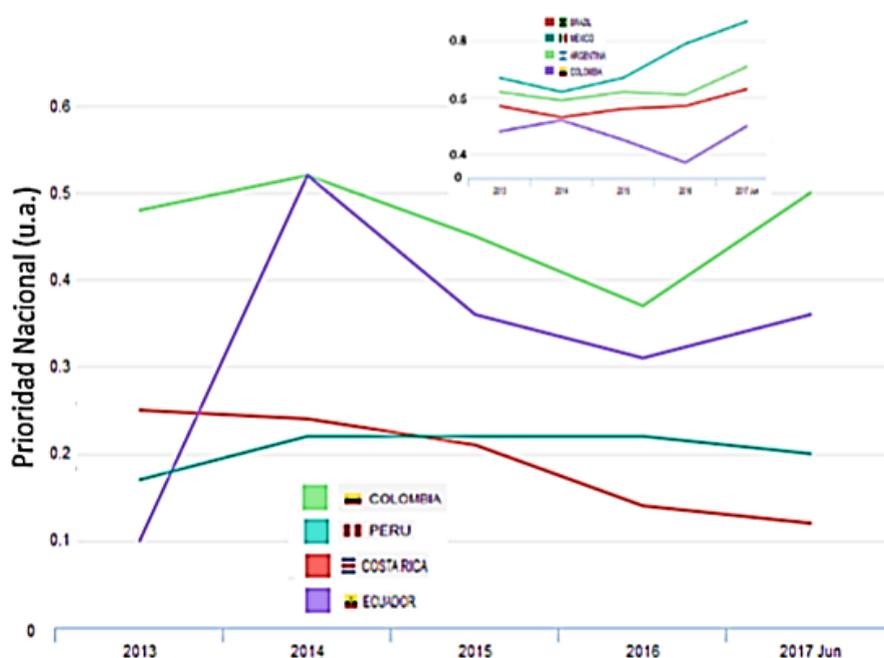


Figura 33: Escala Normalizada de la Prioridad Nacional en Nanociencia para el Quinquenio

2013-2017. Fuente: *Isi WOK*, tomado de Gutiérrez (2018)

6.6 Universidades con Carreras de Nanotecnología en Ecuador

En un artículo de diario el comercio, publicado el 8 de noviembre de 2015, se enfatiza que la nanotecnología no logra salir de las aulas como dice su titular. Esto se lo atribuye al poco apoyo de recursos económicos a la investigación. Y, por lo tanto, las propuestas se quedan sólo en teoría, produciéndose la siguiente interrogante, “¿Es necesario desarrollar en el país las nanociencias a pesar de las millonarias cifras que implican tanto su investigación y experimentos?”. El profesor Fernando Torres de la Universidad San Francisco de Quito, investigador y director del grupo ecuatoriano para el Estudio Experimental y Teórico de Nanosistemas, dice que la nanotecnología en el país tendría un efecto directo en la población, refiriéndose a la aplicación de nanotecnología en remediación ambiental, en el aprovechamiento de los materiales, en la catálisis del petróleo entre otros (Ortiz, 2015).

Por otro lado, las universidades que participan entorno a las investigaciones sobre nanotecnología y que cuentan ya con planes de estudio o de investigación son:

- Escuela Politécnica del Ejército
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador
- Escuela Politécnica del Litoral
- Escuela Politécnica Nacional
- Universidad Técnica Particular de Loja
- Universidad Yachay Tech
- Universidad San Francisco de Quito
- Escuela Politécnica Superior de Chimborazo
- Universidad Nacional de Chimborazo

De todas las universidades mencionadas, Yachay Tech es la que cuenta con la carrera de Ingeniería en Nanotecnología, a la vez que cuenta con el apoyo económico

gubernamental, en consecuencia, se espera que se cree en sus instalaciones un laboratorio para el uso de su comunidad científica y que a su vez puedan hacer uso del mismo, investigadores del país (Ortiz, 2015).

En relación con, los indicadores de publicaciones por universidades, se consultó a *Nature Index* que es una base de datos en el área de las ciencias naturales.

“*Nature Index*”, Es una base de datos de información sobre investigaciones y artículos de investigación básica publicados en un grupo seleccionado de 68 revistas científicas de alta calidad en el área de Ciencias Naturales” (Nature Index, 2019).

Otro punto a tomar en cuenta, son los resultados en cuanto a las publicaciones de las 10 mejores universidades del Ecuador, se los detalla en la tabla de la figura 34. Donde C.A. se refiere al recuento de artículos y F.C. recuento de fracciones, por sus siglas en inglés respectivamente.

Las 10 mejores instituciones de Ecuador

Institución	C.A.	FC
1) Escuela Politécnica Nacional (EPN)	71	2,39
2) Universidad Tecnológica de Yachay	6 6	2,14
3) Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)	5 5	1.12
4) Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)	5 5	1.01
5) Universidad San Francisco de Quito (USFQ)	94	0,55
6) Escuela Politécnica Superior de Chimborazo (ESPOCH)	2	0,32
7) Universidad de Cuenca	3	0.25
8) Fundación Jocotoco	1	0,20
9) Universidad Tecnológica Indoamérica (UTI)	3	0,19
10) Universidad Regional del Amazonas (IKIAM)	2	0,19

Figura 34: Indicadores de las Diez Mejores Universidades en el Ecuador en Cuanto a Publicaciones Científicas. Fuente: Nature Index

Los resultados fueron los siguientes: en el periodo que comprende el 1 de junio de 2018 al 31 de mayo de 2019, el recuento de artículos (CA) referentes a las publicaciones en ciencias físicas fueron 94 y el recuento fraccionado fue de 3.11 distribuidos en las revistas científicas detalladas en la tabla de la figura 35.

Tema	C.A.	FC
Ciencias físicas	94	3.11
<i>European Physical Journal C</i>	32	2,47
<i>Revista de Física de Alta Energía</i>	50	0,37
<i>Avisos mensuales de la Royal Astronomical Society: cartas</i>	1	0,11
<i>Nano Letters</i>	1	0,07
<i>Cartas de revisión física</i>	99	0,03
<i>Avances científicos</i>	1	0,06

Figura 35: Resultados de Publicaciones Científicas en revistas. Fuente: Nature Index

6.7 Caso de Estudio sobre Hierro Nanoestructurado en Ecuador

En el III congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental en Santa Fe, Argentina en Julio de 2017, se abordó el caso de investigación en Ecuador de la experimentación de la aplicación de hierro nanoestructurado como catalizador en el proceso OSCO de remediación de hidrocarburos en tierras contaminadas con petróleo y metales pesados en Sasha, perteneciente a Petroamazonas, localizado en el oriente ecuatoriano, a 30 minutos de la ciudad de Coca. En el campo se Sacha se procesaron tres lotes de suelo contaminados identificados como CNT, E1T5 y E1T6. Los contaminantes presentes en el lote CNT eran 15.806 mg/kg de HTP, con alto nivel de hidrocarburo policíclicos (*PAHs*), refractarios a la biodegradación. El lote E1T5 con 4.204 mg/kg de HTP, más 8,64 mg/kg de cadmio, y el lote E1T6 contenía 4.326 mg/kg de HTP, más 8,64 mg/kg de Cadmio. Finalmente, luego de 12 horas, el análisis dio como resultado tener un valor residual de 997 mg/kg de HTP que equivale al 94% de reducción de contaminación, y menos de 0,027 mg/kg de *PAHs* y 0,027 mg/kg de cadmio, lo cual según la legislación ambiental de Ecuador, están muy por debajo de los valores, permitiendo calificar al Lote

CNT como apto para ecosistemas sensibles, de igual manera, el valor arrojado en el lote E1T5 fue de 1.505 mg/kg HTP que corresponde al 64% de mitigación y 1,0 mg/kg de cadmio, lo cual permite el uso de este lote para la agricultura. En cuanto al lote E1T6, los valores bajaron a 2.969 mg/kg de HTP y 1,0 mg/kg de cadmio, correspondiente a uso industrial que permite hasta 4.000 mg/kg de cadmio, con lo cual quedó demostrado que los niveles de contaminación se redujeron enormemente manejando las variables del proceso nanocatalizador. Por consiguiente, queda demostrada la viabilidad del uso de nanomateriales en la descontaminación de los suelos y sobre todo el corto tiempo que se pueden tener estos resultados, en relación a la biodegradación que podría durar largos periodos de tiempo pudiendo ser meses o incluso años. Tomado de (López, 2017).

6.8 Productos con Nanotecnología que se Comercializan o Producen en Ecuador

En la actualidad se comercializan productos con nanotecnología en Ecuador, muchos de ellos no sabemos que tiene incorporados nanomateriales, como productos de recubrimiento o de limpieza, algunos de ellos son: Tarpuq en Cuenca, Cóndor en Quito, Textiles Andelas en Ambato, Nano4life entre otros, a continuación, una breve descripción de ellos.

Pinturas Cóndor, en la 19 edición de la feria de la construcción presentó al mercado a través de su representante Roberto Mancero dos productos con características de durabilidad y permanencia de color. Las mismas que están hechas a base de resinas, adherentes o capas con partículas medias, finas o muy finas, lo que quiere decir que están hechas con micropartículas, las cuales tiene la propiedad de impedir que las manchas crucen la capa de pintura logrando que si se raya o mancha esta se absorba. Además,

agregó que los componentes nanotecnológicos al subir a la capa superior impiden que la pintura se manche, ver figura 36, de pinturas Cóndor (La Hora, 2019)



Figura 36: Pinturas Cóndor con Nanopartículas.

Fuente: Diario La Hora <https://lahora.com.ec/noticia/1101357349/nanotecnolog3ada-aporta--a-la-industria-del-color>

Tarpuq, es la única empresa en el Pacto Andino que ofrece productos de uso electrónico como manufactura de PCBA para tecnología de montaje superficial, agujero pasante y mixto, se encuentra ubicada en Cuenca. tomado de (“Tarpuq,” 2019)

Nano4life en Quito, es una empresa que tiene presencia en cinco continentes, fundada en el año 2008, se dedica a suministrar productos nanotecnológicos para ser aplicados en todas las superficies para alargar su vida útil y a proteger el medio ambiente minimizando el consumo de productos químicos empleados en la limpieza de las superficies, como se puede apreciar en la imagen 37 a continuación.(“Nano4life,” 2019)



Figura 37: Protección Invisible, Repelente de Líquidos Nano4life

Fuente: Nano4life <https://www.nano4life.ec/textil-y-calzado/nano4-premium-textile.html>

Andelas Textiles-Piacem es una empresa de economía mixta ubicada en Ambato, fabrica telas con nanomateriales que tiene la cualidades de: termorregulación corporal y odor free, ver figura 38 de la planta textil de Andelas (El Telégrafo, 2014)



Figura 38: Área de Hilado de Andelas Textiles en Ambato. Fuente: Diario El Telégrafo

Fuente:<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/la-nanotecnología-textil-se-aplica-en-parque-industrial>

Conclusión

Como hemos mencionado anteriormente, un cambio en la matriz productiva del Ecuador es necesario para cumplir con los propósitos del gobierno con respecto al “*Plan Nacional Toda un Vida*”. Pero, esto no podría ser posible si no hay un interés de invertir en conocimiento e investigación; tanto del sector público como del sector privado. Otro punto, a tener en cuenta es establecer convenios bilaterales o multilaterales con países de la región, que ya cuentan con tecnología avanzada en la obtención de nanomateriales y también, en el ámbito de transferencia de conocimientos.

A nivel general, muchos materiales y productos basados en nanotecnología, están listos para ofrecer mejores ambientes en la vivienda y el trabajo. En cuanto al aire, se esperan mejoras por el uso de nanorecubrimientos, para ayudar a reducir la generación de partículas en el aire de muchos elementos de construcción, que causan el conocido síndrome del edificio enfermo. Por consiguiente, el uso de materiales autolimpiables y antimicrobianos pueden ayudar a obtener edificios más sanos. Por otro parte, existen pavimentos recubiertos con nanomateriales que pueden ofrecer un aire menos contaminado, además de, hormigón armado más ligero, eficiente, resistente al fuego y resistente a sismos. Entre otros beneficios, están los recubrimientos a manera de películas protectoras para la conservación del patrimonio y de edificaciones actuales. Otro aporte son los ambientes térmicos, que pueden ayudar en la eficiencia y por consecuencia en el ahorro de energía, y, sin lugar a duda en la comodidad.

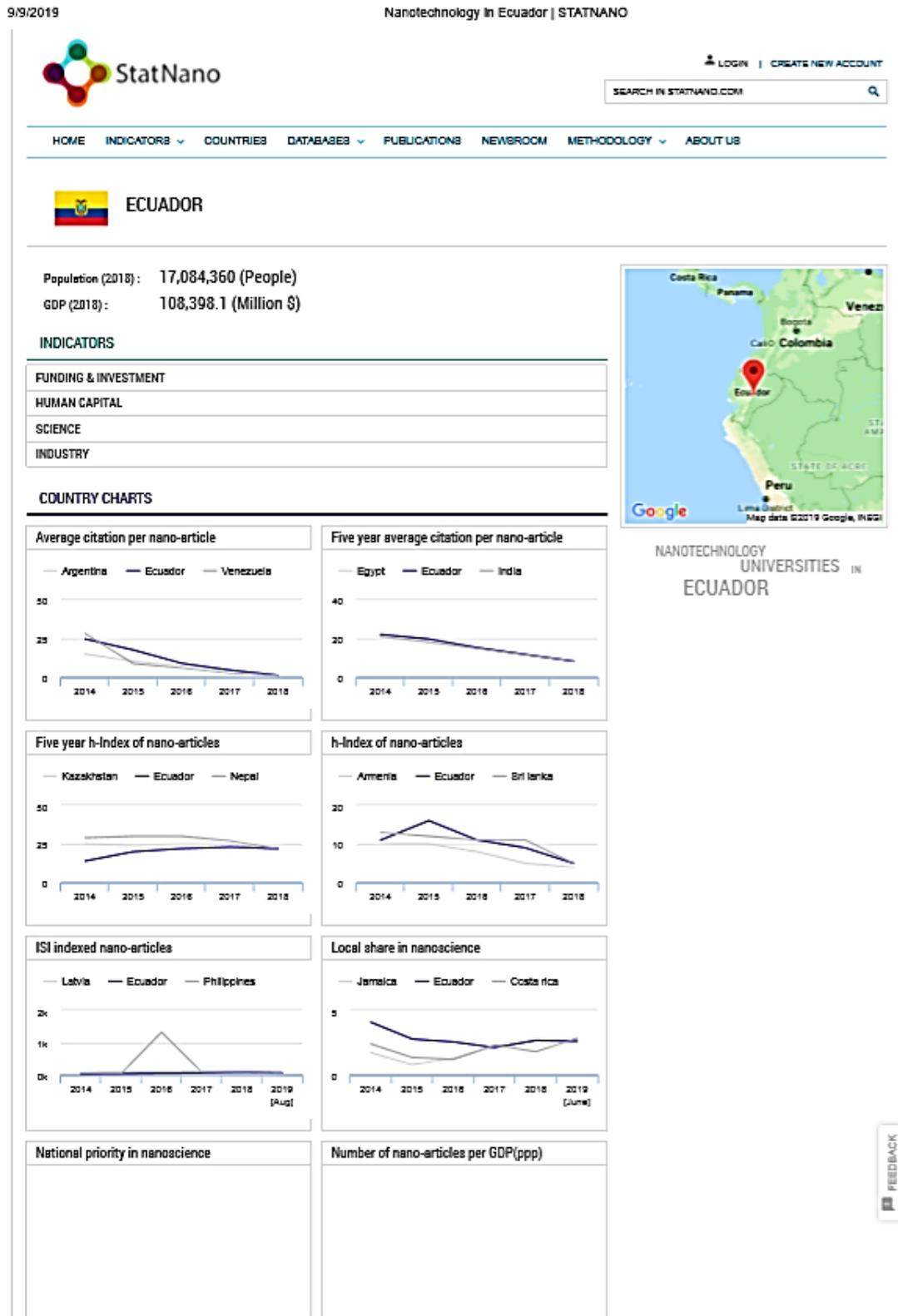
Así mismo, los elementos de acabados son primordiales para los Arquitectos donde se han obtenido pisos antibacterianos y antimicrobianos; pinturas autolimpiables, resistentes a rasguños y antigrafitis; vidrios que cambian su color con la variación de

temperatura externa ofreciendo en el interior confort térmico. En fin, las aplicaciones y resultados del uso de nanomateriales, representan grandes beneficios que podrían repercutir directamente en materiales más eficientes, más duraderos y más limpios.

En fin, con este proyecto de investigación lo que se pretende, es llegar a estudiantes y profesionales de la construcción que se interesen en la actualización de conocimientos de nuevos materiales y así beneficiarse con el uso de nanomateriales. Los beneficios son muchos, cualquier nanomaterial en realidad puede ser disruptivo, logrando cambiar la naturaleza de los materiales en significativas mejoras, que pueden representar importantísimos aportes al sistema constructivo ecuatoriano, mejoras en el confort, el medio ambiente, la economía, en la seguridad, representando también nuevas oportunidades de trabajo y por consiguiente un nuevo estilo de vida.

Anexos

Cuadro Estadístico Stat Nano Referente a Nanotecnología en el Ecuador



Referencias

- Alonso B & Casado. (2016). Dendrímeros: Macromoléculas Versátiles con Interés Interdisciplinario. *Encuentros Multidisciplinarios. UAM Departamento de Química Inorgánica*, (2016-12). [https://doi.org/ISSN: 1139-9325](https://doi.org/ISSN:1139-9325)
- Alonso-Núñez, G. (2008). Nanoquímica: ingeniería de nanomateriales. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias Y Nanotecnología*, 1(1). Retrieved from <http://revistas.unam.mx/index.php/nano/article/view/53559>
- Álvarez, J. L. (2002). Proyecciones Económicas y Sociales de la Nanociencia y la Nanotecnología. *Revista Encuentros Multidisciplinarios*.
- Ashby, M. F., Paulo J S, & Schodek, D. L. (2009). *Nanomaterials, Nanotechnologies and Design: An Introduction for Engineers and Architects Nanomateriales, Nanotecnología y diseño: Una Introducción para Ingenieros y Arquitectos*. Butterworth-Heinemann.
- Barros P & Villaescusa. (2011). Puntos Cuánticos: Nueva Aportación de la Nanotecnología en Investigación y Medicina. Quantum dots: The New Contribution of Nanotechnology to Research and Medicine. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 5, 69–102.
- Bianchi, C. L., Stucchi, M., Pirola, C., Cerrato, G., Sacchi, B., Vitali, S., ... Capucci, V. (2017). Micro-sized TiO₂ catalyst in powder form and as coating on porcelain grès tile for the photodegradation of phenol as model pollutant for water phase. *Advanced Material Science*, Vol. 2. <https://doi.org/10.15761/ams.1000121>
- Cartelle, M., & Zurita, J. (2015). La Nanotecnología En La Producción Y Conservación De Alimentos. *Revista Cubana de Alimentación Y Nutrición*, 25 N° 1, 184–207.
- CEPAL. (2014). *Prácticas y experiencias en América Latina* (Gonzalo Rivas y, Ed.).

- Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Cervantes, V. (2011). Aplicaciones generales de la Nanotecnología en el campo de la construcción. *Pitra*, 2 N° 17 .
- Comercio, E. (2016, 30 de Julio). *Un sistema modular con poliestireno y mallas de acero*.
- Constitución. (2010). *Acuerdo-133-A-2013-Reformas-becas-institucionales-2.pdf*.
- Cueva, P. (2019, 16 de septiembre). *HORMYPOL*. Retrieved from <https://www.scribd.com/document/83268757/HORMYPOL#page=1>
- De la Paz, T., García, C., & Pérez, Y. (2015). Logros y perspectivas de las nanotecnologías en estomatología. *Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta*, 41(1). Retrieved from <http://revzoilomarinellosld.cu/index.php/zmv/article/view/354>
- De la Peña, P. (2017). *Generación de un nuevo revestimiento arquitectónico, a partir del grafeno, aplicado a las pinturas exteriores de los edificios* (Alfonso García-Dra. Marta, Ed.). Universidad Politécnica De Madrid.
- Díaz, C. (2013). Historia de la SENESCYT. *Issuu*. https://doi.org/https://issuu.com/chavelitadiaz/docs/historia_de_la_senescyt.docx
- Díaz del Castillo, F. (2012). Introducción A Los Nanomateriales. (UNAM) *Lectura de Ingeniería* 20.
- Elster, J. (2006). *Rendición de cuentas*. <https://doi.org/10.2307/j.ctvm7bdsq>
- Fernández, D. (2013). Economía y Nanotecnología, Una Relación Problemática. *Revista Laguna*, 32. Retrieved from ISSN: 1132-8177
- Flores, J. & B. H. (2009). *Estado del arte de la Nanotecnología y su aplicación en e las Telecomunicaciones.pdf* (J. J. Padilla, Ed.). Universidad Pontificia Bolivariana.
- Foladori, G. (2016). Políticas Públicas En Nanotecnología En América Latina. *Problemas Del Desarrollo*, Vol. 47, pp. 59–81. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2016.03.002>
- Foladori, G., Figueroa, S., Záyago-Lau, E., & Invernizzi, N. (2012). Características

- distintivas del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina. *Revista Sociologias-Universidade Federal Do Rio Do Sul Brasil*, 14, N° 30. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86823623011>
- Foladori, G. I. N. (2012). *Implicaciones sociales y ambientales del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina y el Caribe.pdf*.
- Foladori, G., Invernizzi, N., & Lau, E. Z. (2012). *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Gamo-Aranda, J. (2015). Enseñar Nanotecnología A Través De Nuestros Antepasados Teaching Nanotechnology Through Our Ancestors. *Revista de Física*, N° 50.
- Goddio, M. F., Mancini, S. I., Gervasio, S. G., & López, G. D. (2013). Nanotecnología aplicada a la preservación de maderas. *13° Congreso Internacional En Ciencia Y Tecnología de Metalurgia Y Materiales*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3195.5202>
- Gómez, L., López, P., Fort, R., & Álvarez, M. (2010a). La aportación de la nanociencia a la conservación de bienes del patrimonio cultural. *Patrimonio Cultural España*, 4, 43–55.
- Gómez, L., López, P., Fort, R., & Álvarez, M. (2010b). Nanopartículas Para La Conservación Del Patrimonio. *Instituto de Geociencia (CSIC-UCM), Dpto. de Geomateriales*. Retrieved from digital.csic.es
- Gómez, M. (2018). Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde.pdf. *Repertorio de Medicina Y Cirugía*, 27 N° 2. <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.v27>
- González, V. (2015). *Nanomateriales de Carbono, síntesis, funcionalización y aplicaciones*.
- Guerrero, H., Dávila, J., Galeas, S., Pontón, P., Rosas, N., Sotomayor, V., & Valdivieso, C. (2011). *Nuevos_materiales_aplicaciones_estructurales_e_industriales.pdf*. Retrieved from ISBN: 978-9978-20-9

- Gutiérrez, J. (2018). El Mundo “Nano” De Ecuador, ¿Cómo De Grande Es? *Revista de Física Universidad Autónoma de Madrid, N° 56E*.
- Hernández S & Salache. (2017). Aplicación de nanomateriales en arquitectura y construcción (Applications of Nanocomposites in Architecture and Construction). *Contexto, Revista de La Facultad de Arquitectura Universidad de Nuevo León, XI. N° 14, 63*.
- Hernández, S., & Solache de la Torre, S. (2017). *Applications of Nanocomposites in Architecture and Construction- Aplicaciones de nanocompuestos en arquitectura y construcción*. Retrieved from <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/69155>
- Hora, L. (2019, 06 de Julio). Nanotecnología aporta a la industria del color. *Diario La Hora*.
- Kirschenbaum, J. (2011). *Materiales y materia prima.pdf*. Retrieved from Instituto Nacional de educación Tecnológica de Argentina.
- López, G. (2017). *Nanotecnología aplicada a remediación ambiental: cuatro estudios de caso*.
- Madrid, J. (2017). *Síntesis de nanopartículas puras de Ca(OH)₂ y Suspensiones Superhidrofóbicas: Consolidación e Hidrofugado de materiales arquitectónicos de interés patrimonial* (Universidad Politécnica de Cartagena; M. L. Torres, Ed.). Retrieved from Universidad Politécnica de Cartagena
- Mantilla, I. (2012). Potencial De Uso De La Nanotecnología En La Infraestructura Vial En Colombia. *Proyecto de Grado*. Retrieved from Universidad de los Andes
- Martínez, D., López, M., & Martín, M. (2014). *EL USO DE LOS NANOMATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN: BENEFICIOS Y RIESGOS*. Presented at the I Congreso Internacional sobre investigación en construcción y Tecnología Arquitectónicas.
- Mendoza, G., & Rodríguez, J. (2007). La nanociencia y la nanotecnología: una revolución

en curso. *Perfiles Latinoamericanos*.

Meneses, V. (2017). Optimización De Métodos Constructivos Para Reducción De Costos En Viviendas Sociales. Caso De Aplicación Vivienda Serrana En El Cantón Mejía (Ingeniería Civil; M. X. C. E., Ed.). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Milia, M. (2014). Marco de Políticas Públicas de Ciencia, Tecnología y Educación Superior en el Ecuador. Nuevos horizontes: dinámicas y condicionamientos para una Investigación. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología Innovación Y Educación*. Presented at the Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología Innovación y Educación, Buenos Aires, Argentina.

Mojica, D. (2014). La Nanotecnología En La Infraestructura Civil Estado Del Conocimiento Y Prospectiva (J. W. C. Abello, Ed.). Universidad piloto de Colombia.

Molina, L. (2016). Nanotecnología: herramienta inteligente para la conservación del patrimonio arquitectónico y urbano. *Revista de Investigación, 9, N° 1*. Retrieved from ISSN 2011-639X

Nano4life. (2019). Retrieved 2019, 3 de septiembre, from nano4life.com website:

<https://www.nano4life.ec/textil-y-calzado/nano4-premium-textile.html>

Nature Index. (2019). Scientific Reports. Retrieved 2019, 23 de septiembre, from natureindex.com website: <https://www.natureindex.com/country-outputs/ecuador>

Navarro, J. (2009). *República Dominicana: una revisión de la ciencia, tecnología e innovación*. <https://doi.org/10.23850/issn.2539-3871>

Ocampo, E. (2001). Materiales de Construcción para el siglo XXI 33763-78353-1-PB.pdf. *Revista Bitácora Arquitectura, Número 5*, 48–51.

Ocampo, E. (2010). Revista Electrónica Nova Scientia. *Revista Electrónica Nova Scientia, N° 53*, 179–193.

Ortiz, D. (2015, 08 de noviembre). La Nanotecnología no logra salir de los centros del país. *El Comercio*.

Palma, J. (2015). *Aplicación de la Nanotecnología en el diseño de edificaciones futuras sostenibles* (Maestría; I. Q. de la Cruz, Ed.). Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de ingeniería Civil.

Pastrana, H. F., Ávila, A., & Moreno, G. M. (2012). Nanotecnología, patentes y la situación en América Latina. *Www.mundonano.unam.mx*, 5(9).

Quintili, M. (2012). *Nanociencia y Nanotecnología*. 125–155.

Quintili, M. (2012). Nanociencia y Nanotecnología un mundo pequeño. *Centro de Estudios En Diseño Y Comunicación*, 126.

Rivera-Álvarez, A., & Vega-Baudrit, J. R. (2015). Divulgación De La Nanociencia Y Nanotecnología En Costa Rica 2013-2014. *Revista de Física*, N° 49 E.

Salvatierra, A., & Villavicencio, J. (2017,). Sistemas constructivos ventajas y desventajas. *Revista: Observatorio de La Economía Latinoamericana*, . Retrieved from <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/ec/2017/sistemas-constructivos-ecuador.html>

Senplades. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. Ecuador.

Seoane, M. F. V. (2014). Los desafíos de la nanotecnología para el “desarrollo” en Argentina. *Revista UNAM*, 17, N° 13. Retrieved from ISSN-e 2448-5691

Serena, P. (2002). Nanociencia Y Nanotecnología: Aspectos Generales. Retrieved from repositorio.uam.es

Serena, P. A., & Correia, y. A. (2003). Nanotecnología: el motor de la próxima revolución tecnológica. *Apuntes de Ciencia Y Tecnología*, N°9.

Serrano, R. (2018). *Estudio del comportamiento frente al fuego del hormigón en masa con adición de nanofibras de Carbono (CNFs) y su comparación con hormigones sin adición y otras adiciones* (Doctorado). Universidad Politécnica de Madrid.

- Stat Nano. (2019). Retrieved 2019, 19 de Agosto, from Statnano.com website:
<https://statnano.com>
- Takeuchi, N. & M. (2011). Divulgación y Formación en Nanotecnología en México. *Red NANODYF-CYTED*, 4(2).
- Tarpuq. (n.d.). Retrieved 2019, 04 de septiembre, from <http://tarpuq-ems.com/>
- Telégrafo, E. (2014,02 de Julio). La nanotecnología textil se aplica en parque industrial. *El Telégrafo*.
- Vélez, A. M., & Mendoza, E. A. O. (2016). Adición de nanopartículas de minerales para el endurecimiento de cementos tipo Portland. *Academia XXII*, Vol. 7.
<https://doi.org/10.22201/fa.2007252xp.2016.14.57409>
- Ventura, H. (s.f.). Nanotecnología Ilimitada. *Elisava Temes de Disseny*.
- Vera J & Grávalos. (2009). Filamentos de Carbono en Hormigones. *Dialnet*.
- Yachay Tech. (2019). Retrieved 2019, 12 de Septiembre, from yachaytech.edu.ec website:
<https://www.yachaytech.edu.ec/>
- Zumelzu E & Zárata. (2011). La nanociencia y la nanotecnología, un desafío a potenciar en el crecimiento económico de Chile. *Www.mundonano.unam.mx*, 4(2).