

UNIVERSIDAD PANAMERICANA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Con estudios incorporados a la
Secretaría de Educación Pública

**“METODOLOGIA DE BIODISEÑO PARA
TECNOLOGÍAS Y PRODUCTOS SUSTENTABLES”**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN INGENIERÍA

P R E S E N T A

ROMINA SÁNCHEZ PARTIDA

ASESOR:

ERNESTO LEONIDES RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

“Cuando las generaciones futuras juzguen a las que vinieron antes respecto a temas ambientales, tal vez lleguen a la conclusión de que no sabían: evitemos pasar a la historia como las generaciones que sí sabían, pero no les importó”- **Mikhail Gorbachev** (2002)

RESUMEN

La situación actual de las ciudades cosmopolitas contempla como uno de sus principales problemas los niveles de contaminación en el aire. Solo en la Ciudad de México, de acuerdo a SMA Inventario de A.V., el 20.4% del suelo urbano está cubierto por áreas verdes públicas y privadas. Es decir, casi el 80% de la superficie de la ciudad es superficie construida.

El objetivo de esta investigación es diseñar una metodología que permita realizar productos / proyectos sustentables capaces de reducir o no aumentar la huella ecológica causada. Como caso práctico la metodología desarrollada analiza la reducción de la huella ecológica con la implementación de pintura fotocatalítica, transformando así las superficies construidas en lienzos tecnológicos fotocatalizadores.

A mis padres Leticia Partida y Guillermo Sánchez,

A mi hermano Guillermo, a Mía y Valentina,

A Dios,

Por las oportunidades, paciencia, infinita bondad y amor.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen	3
Dedicatoria.....	4
Introducción.....	11
Hipótesis	14
Objetivo general	14
Objetivo específico	14
Capítulo 1. Antecedentes y estado de la cuestión.	15
Problemática en México	15
Gases efecto Invernadero y su relación con las industrias.	19
Análisis de contaminantes en la Ciudad de México	22
Efectos en la salud	36
Materiales para la industria de la construcción "Ecofriendly"	37
Pinturas.....	37
Muros.....	37
Concreto	37
Análisis	38
Marco Teórico	40
Metodologías de diseño	40
Método de Bruce Archer	40
Método de Morris Asimow 1970	41
Método Gute Froms (Ulm) 1963	41
Modelo general del proceso de diseño. Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco. 1977	42
Metodología de Diseño Conceptual. (Dieter & Schmidt, 2009).....	44
Metodologías de diseño sustentable	44
Espiral de diseño biomimético	45
Biotriz.....	47
Metodología de biodiseño	49
Casos aplicados biomiméticos	50
Casos aplicados de fotocatalisis. Métodos existentes de purificación del aire	52
Conceptos Básicos de Fotocatalisis	52
Fotocatalisis con TiO ₂	54

Casos aplicados EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	56
BOYSEN KNOXOUT	56
Air Clean	56
Pintura Salud Activa	57
Bionictile	58
Pintura Keim Ecosil-me.....	58
Pintura.....	59
Composición.....	59
Pinturas comerciales de uso arquitectónico.....	59
Pinturas acrílicas de uso arquitectónico	60
Pinturas vinílicas de uso arquitectónico.....	60
Aportes de las pinturas vinílicas y acrílicas al ambiente	60
Capítulo 2. Metodología propuesta.	61
Propuesta de diseño conceptual	61
Propuesta de metodología de biodiseño desglosada.....	61
Diagrama de flujo de la metodología de biodiseño propuesta	63
Capítulo 3. APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DE BIODISEÑO PROPUESTA.....	64
Proyecto aplicado	64
Análisis de Resultados :	76
Conclusión.....	78
Capítulo 4. Sugerencias para trabajos futuros.	79
Recomendaciones.	79
Bibliografía.....	80

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE OZONO CADA HORA DE 1990 A 2018. FUENTE CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO SEDEMA. 2018	16
FIGURA 2. NIVELES DE CONTAMINANTES PARA ACTIVACIÓN DE FASES. FUENTE: PROGRAMA PARA CONTINGENCIAS AMBIENTALES ATMOSFÉRICAS. 2017.....	17
FIGURA 3. CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE POR 30 AÑOS. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME. 2014	17
FIGURA 4. CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO POR 30 AÑOS. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO. INFORME 2014.....	18
FIGURA 5. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO POR 30 AÑOS. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO. INFORME 2014	18
FIGURA 6. DIAGRAMA DE EMISIONES DE GEI PARA MÉXICO. FUENTE: INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO. 2015.....	20
FIGURA 7. EMISIONES POR FUENTE Y GAS EN UNIDADES DE CO ₂ 2019. FUENTE: INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO. 2019.....	21
FIGURA 8. ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA DIÓXIDO DE AZUFRE. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019.....	22
FIGURA 9 ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA DIÓXIDO DE NITRÓGENO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019.....	23
FIGURA 10 ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA MONÓXIDO DE CARBONO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019	24
FIGURA 11 ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA OZONO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019	25
FIGURA 12 MÁXIMO POR PPB PARA DIÓXIDO DE AZUFRE, DIÓXIDO DE NITRÓGENO Y OZONO. CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019	26
FIGURA 13. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA SALUD HUMANA. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO, INFORME 2014.	36
FIGURA 14. LADRILLOS PREFABRICADOS A BASE DE DESECHOS DE CAÑA Y PET. FUENTE: REVISTA INVI, 2008.	37
FIGURA 15. PANEL CON NÚCLEO DE AGLOMERADO DE DESECHOS RECICLADOS NATURALES. FUENTE: ECOACTIVATE, 2018.....	37
FIGURA 16. MODELO GENERAL DEL PROCESO DE DISEÑO SEGÚN LA UAM AZCAPOTZALCO. DISEÑO: ESTRATEGIA Y TÁCTICA, RODRÍGUEZ MORALES, LUIS. DICIEMBRE 2004.....	43
FIGURA 17. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE DIETER. DIETER SCHMIDT, ENGINEERING DESIGN, 2009	44
FIGURA 18. ESPIRAL DE DISEÑO BIOMIMÉTICO. FUENTE: BIOMIMICRY INSTITUTE, 2016.....	46

FIGURA 19. PATRONES DE VIDA O PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA BIOLOGÍA. FUENTE: JANINE BENYUS, BIOMIMICRY, 1997.	46
FIGURA 20. BIOMIMICRY DESIGN LENS. A. DEL DESAFÍO A LA BIOLOGÍA. B. DE LA BIOLOGÍA AL DISEÑO. FUENTE: BIOMIMICRY THINKING: BIOMIMICRY 3.8, 2014.	47
FIGURA 21. PRINCIPIOS DE INVENTIVA TRIZ. FUENTE: DAVID SÁNCHEZ RUANO, DISEÑO Y BIOMIMÉTICA, 2010.	49
FIGURA 22. DIAGRAMA DE FLUJO METODOLOGIA DE BIODISEÑO. SANCHEZ PARTIDA ROMINA, 2021.	63
FIGURA 23. MAPA DE LA ALCALDÍA IZTAPALAPA. PROGRAMA DELEGACIONAL DE DESARROLLO URBANO. 2020.	66
FIGURA 24. MAPA TOPOGRÁFICO DE LA DELEGACIÓN IZTAPALAPA. PROGRAMA DELEGACIONAL DE DESARROLLO URBANO. 2020.	67
FIGURA 25. VISTA VOLUMENTRICA Y POSICIÓN GROGRÁFICA DEL MUSEO DEL NIÑO DE IZTAPALAPA. SPRB+MX_SI. 2020.	67
FIGURA 26. ALZADO NORTE DEL MUSEO DEL NIÑO DE IZTAPALAPA. SPRB+MX_SI. 2020.	68
FIGURA 27. MAPA DE VIENTOS DOMINANTES EN LA CIUDAD DE MÉXICO. FUENTE: HOYO DE SMOG. 2021	68
FIGURA 28. MAPA DE VIENTOS DOMINANTES ESTACION IZTAPALAPA. HOYO DE SMOG, 2021.	69
FIGURA 29. TIPOS DE FITOREMEDIACIONES. BIORREMEDIACIÓN: ORGANISMOS QUE LIMPIEAN EL AMBIENTE. CUADERNO DEL POR QUÉ BIOTECNOLOGÍA. 2016.	70
FIGURA 30. MODELO RESUMIDO DE FOTOSÍNTESIS FUENTE: FUNDAMENTOS DE FISIOLOGÍA VEGETAL, 2000.	71
FIGURA 31. MODELO RESUMIDO DE REACCIÓN FOTOCATALÍTICA EXTERIOR MEDIANTE LA MOLÉCULA TIO ₂ . SÁNCHEZ PARTIDA, ROMINA. 2020.	71
FIGURA 32. UBICACIÓN DEL PREDIO Y DIRECCIÓN DEL VIENTO, ALCALDIA IZTAPALAPA. GOOGLE MAPS. 2021.	73
FIGURA 33. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO, FACHADAS CLAVE PARA APLICACIÓN DE PINTURA FOTOCATALÍTICA. SPRB+MX_SI. 2020.	74
FIGURA 34. FACHADAS NORTE. FACHADAS CLAVE PARA APLICACIÓN DE PINTURA FOTOCATALÍTICA EN ALZADO. SPRB+MX_SI. 2020.	74

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Partícula NO ₂ Cuajimalpa. Nota: graficado al 4 de Diciembre. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2017.....	27
Gráfica 2. Partícula NO ₂ Iztapalapa. Nota: graficado al 4 de Diciembre. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019	27
Gráfica 3. Partícula O ₃ Cuajimalpa. Nota: graficado al 20 de Marzo. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019.....	28
Gráfica 4. Partícula O ₃ Iztapalapa. Nota: graficado al 20 de Marzo. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019.....	28
Gráfica 5. Partícula SO ₂ Cuautitlán. Nota: graficado al 6 de Septiembre. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019	29
Gráfica 6. Partícula SO ₂ San Agustín. Nota: graficado al 7 de Enero. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019.....	29
Gráfica 7. Partícula CO SAN Iztapalapa. Nota: graficado al 10 de Enero. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019	30
Gráfica 8. Partícula (CO) Iztapalapa. Nota: graficado al 10 de Enero. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019.....	30
Gráfica 9. Análisis de horarios pico de emisión de partículas NO ₂ , o ₃ , SO ₂ , CO en la Ciudad de México. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019	31
Gráfica 10. Análisis mensual de las emisiones más altas por partícula en la Ciudad de México. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019	32
Gráfica 11. Gráfica anual del comportamiento DE LAS emisiones de la partícula NO ₂ a las 20 hrs. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019	33
Gráfica 12. Gráfica anual del comportamiento de las emisiones de la partícula O ₃ a las 13 hrs. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019	34
Gráfica 13. Gráfica anual del comportamiento de las emisiones de la partícula SO ₂ a las 22 hrs. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019	34
Gráfica 14. Gráfica anual del comportamiento de las emisiones de la partícula CO a las 8 hrs. Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019	35
Gráfica 15. Correlación de Pearson entre No ₂ y O ₃ . Fuente: Calidad del aire en la Ciudad de México Informe 2019	35

METODOLOGÍA DE BIODISEÑO PARA
TECNOLOGÍAS Y PRODUCTOS
SUSTENTABLES.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire en grandes ciudades como la Ciudad de México, es un tema que hoy en día se encuentra en la lupa de los temas de investigación. Actualmente la calidad del aire mantiene una constante entre "mala" y "regular" con niveles de contaminación superiores a los recomendados por la OMS. En la Ciudad de México, la calidad del aire se mide cada hora los 365 días del año, considerando de 0-50 una condición "buena", 51-100 una condición "regular" y superando los 101-300 es considerada "mala" hasta "peligrosa"

Los gases efecto invernadero son componentes químicos en estado gaseoso que pueden provenir de forma natural, así como derivados de la industrialización, alterando el equilibrio natural y por consiguiente el clima. Los gases principales generadores del ozono (principal problema ambiental hoy en día en la CDMX) son:

- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NOx)
- Bióxido de azufre (SO₂)
- Compuestos orgánicos volátiles diferentes de metano (COVDM)

En 2015, las emisiones de N₂O fueron de 265 Gg, lo que representa un incremento de 700% con respecto a 1990. La principal contribución proviene del transporte con 83.21%, otros sectores como la industria residencial representa 7.47%, y producción de calor 5.44%; en conjunto representan el 96.12% de las emisiones de N₂O en 2015.

De acuerdo a un estudio realizado por el Clean Air Institute, México es el segundo país con mayor número de muertes por contaminación ambiental, registrando 15 mil fallecimientos por año atribuibles a la contaminación del aire.

Las enfermedades cardiovasculares y respiratorias como el asma, algunos tipos de cáncer, nacimientos prematuros, problemas en el sistema nervioso, desarrollo motriz, mortalidad infantil entre otros, son asociados a la exposición prolongada a la contaminación ambiental. (Gabriela Alarcón, 2012)

De acuerdo a un estudio realizado por Global Footprint Network, la huella ecológica de México corresponde a 3 hectáreas por habitante, es decir, 2.7 veces el territorio mexicano. Mientras que la huella de carbono solo de la ciudad de México responde a 55.7 megatoneladas anuales de CO₂, per cápita, tiene una huella relativa de 2.8+ - 0.6, ubicándonos en la posición 37 de 187 países analizados.

Es por ello, que, al observar el panorama ambiental, es necesario crear e implementar nuevas estrategias, recursos y materiales que no solo sean amigables con el medio ambiente, sino que también aporten algo a éste.

Conviene subrayar que tanto en México como en otras naciones existen actualmente los sistemas constructivos llamados "eco friendly" para la industria de la construcción (nos avocamos a la industria de la construcción ya que con ella podemos abarcar en superficie aplicada, cantidades representativas para el impacto ambiental). Algunos ejemplos en muros pueden ser los paneles a base de desechos de sorgo y trigo, paneles de corcho, muros completos de pet, ya sea en forma de gaviones o constituido como sistema botella pet + mezcla. Así mismo, se ha expandido a otros elementos constructivos como el concreto y pinturas.

Con respecto a la Pintura como parte de los elementos constructivos, se han considerado como tema de innovación aquellas que responden a reducir los efectos negativos al ambiente. Hoy encontramos las de bajo contenido de VOC

(Traducido como: Compuestos Orgánicos Volátiles); estas pinturas son típicamente base agua, y tienen un olor más bajo que las otras; además de reducir la contaminación interior ya que no usan solventes para su dilución.

Estos materiales "eco friendly" se originan gracias al reciclaje de materia orgánica e inorgánica que permite reducir la basura desechada al ambiente, respondiendo a un diseño de reciclaje, dando una segunda oportunidad a la materia sin uso, provocando paralelamente una disminución en la producción de nuevos insumos. Los procesos de producción aun no contemplan un modelo sustentable capaz de satisfacer la necesidad actual del hombre sin alterar la misma necesidad de futuras generaciones tanto en obtención de recursos como el hecho de que el contexto será potencializado gravemente en condiciones más contaminadas.

Hoy en día los productos existentes para la industria de la construcción, cumplen objetivos específicos estéticos y técnicos, sin embargo, no son creados para favorecer la salud de aquellos usuarios que viven en un espacio; ni disminuyendo en su proceso de ejecución la huella ecológica o la huella de carbono y durante su tiempo de vida no emplean técnicas que permitan replicar los alcances de la naturaleza mejorando la situación actual.

Las metodologías actuales no proponen procesos que permitan entregables con mejoras hacia el medio ambiente. En su estudio, no se incluyen métodos de análisis de ciclos de vida para reducir la huella ecológica, ni contemplan la posibilidad de tecnologías que al incorporarse repliquen algunos procesos naturales capaces de mejorar la contaminación actual. Generar una metodología de biodiseño para productos, procesos y tecnologías sustentables con analogías naturales, es el objetivo principal de esta tesina que, aplicada correctamente, permita la generación de entregables capaces de mejorar la situación actual de contaminación.

Con la intención de que en trabajos futuros los productos que se diseñen con esta metodología de biodiseño sean concebidos desde la "cuna" para aportar al medio ambiente y reducir el impacto ecológico, sin dejar de lado la funcionalidad y estética. El siguiente trabajo contempla información y conocimiento indispensable, dividido en los siguientes apartados:

Primer capítulo

- Situación actual sobre la contaminación y sus efectos en la salud.
- Metodologías de diseño clásico:
Una de las características distintivas del ser humano es su capacidad de resolver problemas, pero más importante es la capacidad de plantearlos y resolverlos; ya sea apoyándose de una metodología de diseño que comprenda el control sistemático del proceso para producir el resultado deseado u objetivo. En este apartado se resumen las principales metodologías de diseño clásico y sus etapas primarias que sirvieron de base para evolucionar en las metodologías de diseño sustentable, ya que las anteriores no contemplan al usuario y a la biosfera como factor.
- Metodologías de diseño sustentable:
Las metodologías sustentables consisten en reconstruir sistemas productivos humanos mediante un método: imitar las acciones naturales en nuestros procesos artificiales, de manera tal que podamos resolver el problema en función mediante actividades o elementos que ya han sido comprobados por la naturaleza a lo largo de millones de años. Como resultado en este capítulo se muestran y explican las principales y más reconocidas metodologías de diseño sustentable, que si bien aportan mucho al modelo de "cuidado al planeta" a mi parecer carecen de pasos para la producción de un entregable compuesto de ingeniería y sustentabilidad.
- Casos existentes biomiméticos.
- Métodos existentes de purificación con fotocatalisis:

En este capítulo estudiaremos Salud activa, Air clean, Keim, Bionictile. Por su liderazgo en el sector de construcción para el estudio integral de materiales con propiedades fotocatalíticas, que provocan un efecto descontaminante y autolimpiable, y reducen los NOx perjudiciales de la atmósfera.

- La pintura actual:
Examina la composición, elementos y los aportes de la pintura vinílica y acrílica de uso decorativo, tomando en cuenta los aportes de las mismas tanto arquitectónicamente como al ambiente circundante.
- Conceptos de fotocatalisis:
Refiere y define el concepto de "FOTOCATÁLISIS", avocando dos tipos, la fotocatalisis heterogénea usada y estudiada actualmente en fases líquidas principalmente para la purificación de agua contaminada o agua no potable y la fotocatalisis con dióxido de titanio, elemento activo que puede ser incluido como componente catalizador de otras moléculas usada actualmente en pigmentos y producción de materiales cerámicos.
- Como propuesta de solución llegamos al segundo capítulo que presenta una metodología de BIODISEÑO para lograr productos y tecnologías sustentables visto desde un punto de ingeniería, que no solo imite el biodiseño reproduciendo o imitando artificialmente los procesos naturales, sino que estudie el impacto ambiental, integrando la vida o nanotecnologías en los objetos y productos cotidianos, obteniendo como resultado elementos inteligentes reductores de la actual huella ecológica.
- Llegando al tercer capítulo con la aplicación de la metodología propuesta ejemplificada en una pintura fotocatalítica exterior.

HIPÓTESIS

Si se diseña una metodología de biodiseño para productos, procesos y tecnologías con analogías de elementos orgánicos e implícitos en la naturaleza, se conseguirán entregables capaces de disminuir la huella ecológica humana.

OBJETIVO GENERAL

Generar una metodología de biodiseño para productos, procesos y tecnologías, que sirva de base para el diseño sustentable, propiciándose la disminución de la huella ecológica.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- ✓ Demostrar que las metodologías y procesos vigentes de diseño no resuelven los problemas actuales de contaminación y reducción de huella ecológica.
- ✓ Demostrar que, al incluir los procesos naturales en el proceso de diseño, se reduce el impacto ambiental.
- ✓ Disminuir la huella ecológica, utilizando la metodología de diseño propuesta, en el caso al que se aplique, al reducir las moléculas contaminantes del ambiente.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA CUESTIÓN.

Partiendo del artículo 1º de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción, toda persona tiene derecho a un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; mediante la preservación y protección de la biodiversidad y el aprovechamiento sustentable de suelo, agua y demás recursos; de manera que la obtención de beneficios económicos, las actividades de la sociedad y la preservación de los ecosistemas sean compatibles.

Sin embargo, la contaminación ambiental no es generada únicamente por el hombre. Para entender cómo se suscita, podemos citar el principio de Antonie-Laurent Lavoisier (1749-1794) "la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma". Cuando se genera energía eléctrica proveniente de procesos de transformación de materia como carbón, el carbón combustiona y el proceso genera residuos, que a su vez genera contaminantes como monóxido de carbono. La contaminación por causas naturales puede ser concebida por fenómenos meteorológicos, erupciones volcánicas, etc; no obstante, la contaminación natural no ha sido significativamente riesgosa comparada por la proveniente de acciones generadas por el hombre.

PROBLEMÁTICA EN MÉXICO

La contaminación del aire en grandes ciudades como en la Ciudad de México, es un tema que hoy en día se encuentra en la lupa de los temas de investigación. Actualmente la calidad del aire es mala con niveles de contaminación superiores a los recomendados por la OMS. En la Ciudad de México, la calidad del aire se mide cada hora los 365 días del año, y se calcula mediante un indicador estadístico promedio de 8 horas por cada uno de los 6 contaminantes criterio. En los últimos años hemos alcanzado el índice constante "malo", superior a 106 en un contraste calificable "bueno", menor a 30.

Es por ello, que al observar el panorama ambiental, es necesario crear e implementar nuevas estrategias, recursos, y materiales que no solo sean amigables con el medio ambiente, sino que también aporten algo a éste. **Hoy, la mayoría de los bienes o servicios responden a necesidades desechables, banales, económicos o estéticos. Generamos "riqueza" sin considerar el impacto ambiental, basado en procesos metodológicos que no tienen como objetivo el desarrollo sostenible.**

De acuerdo al sistema de monitoreo atmosférico de la Ciudad de México, la calidad del aire en los últimos años por presencia del ozono se ha presentado de la siguiente manera (Figura 1). La intensidad del color corresponde a la magnitud en la concentración de ozono; los tonos rojos corresponden a concentraciones superiores a 100 ppb.

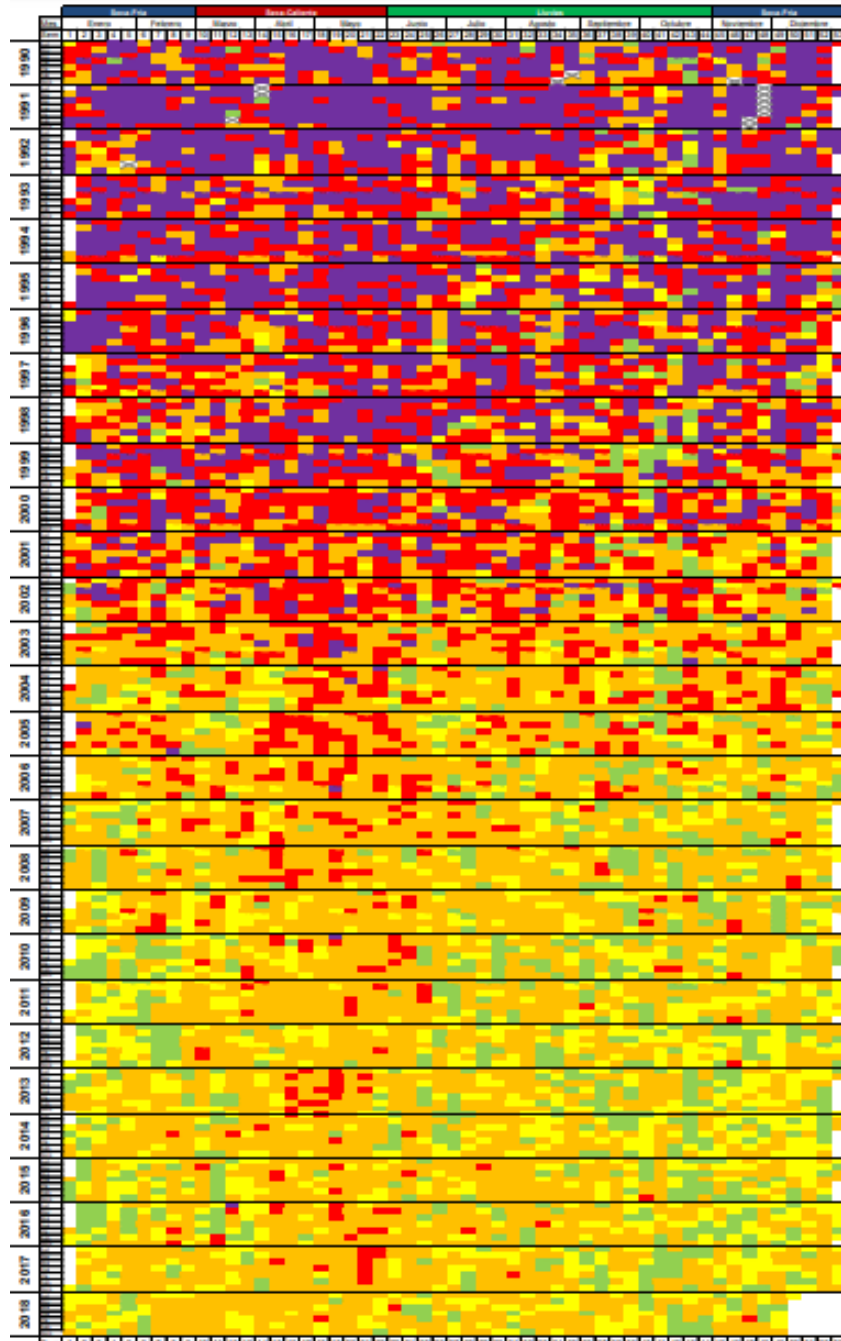


FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE OZONO CADA HORA DE 1990 A 2018. FUENTE CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO SEDEMA. 2018

Los niveles de contaminantes para que se activen las diferentes fases de contingencia ambiental son las siguientes mostradas en la Figura 2:

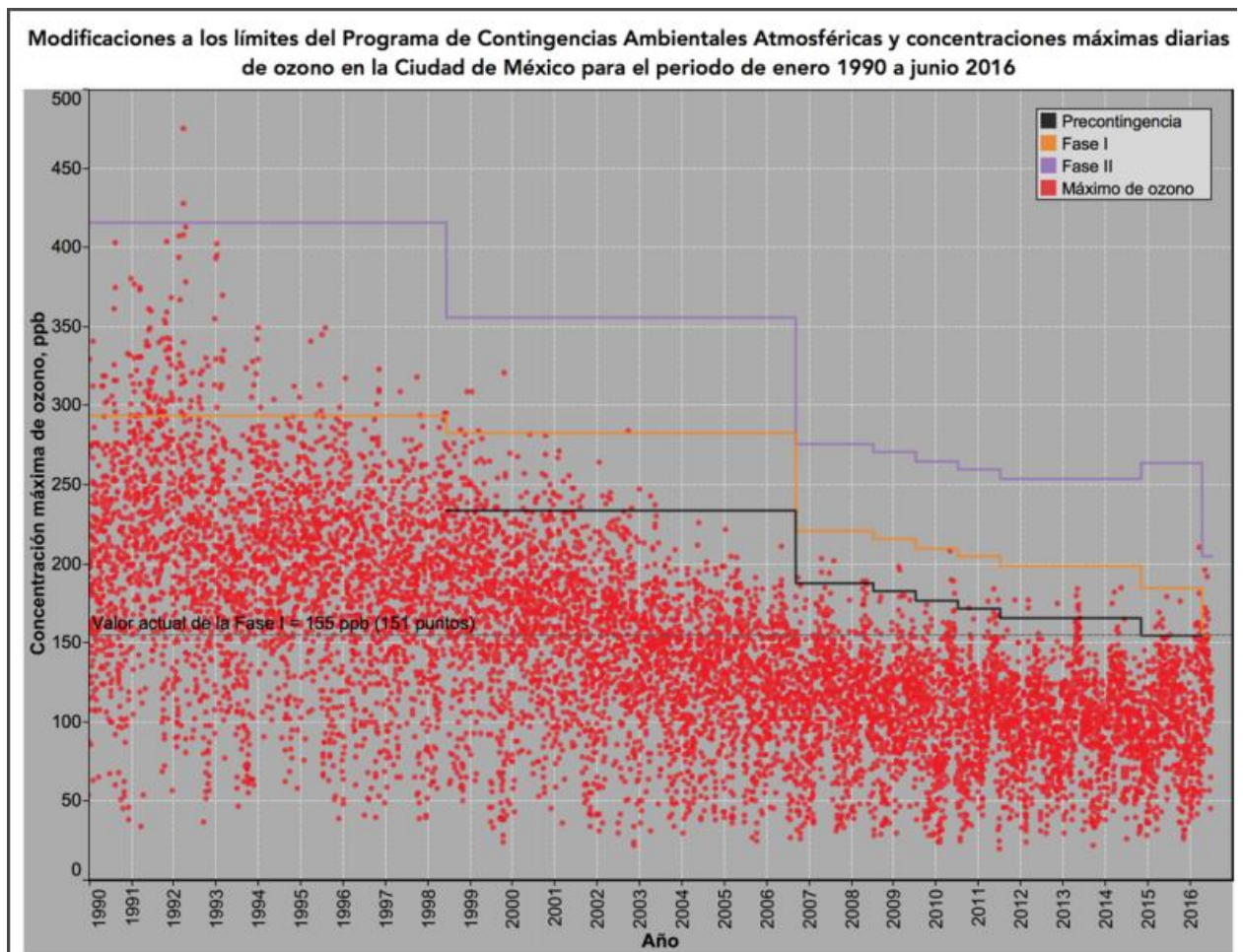


FIGURA 2. NIVELES DE CONTAMINANTES PARA ACTIVACIÓN DE FASES. FUENTE: PROGRAMA PARA CONTINGENCIAS AMBIENTALES ATMOSFÉRICAS. 2017

Durante los últimos 30 años la concentración de dióxido de azufre (Figura 3), dióxido de nitrógeno (Figura 4) y monóxido de carbono (Figura 5), se suscitó de la siguiente manera: La línea azul indica los promedios mensuales; el grosor es proporcional a la desviación estándar y la línea negra indica la tendencia del contaminante:

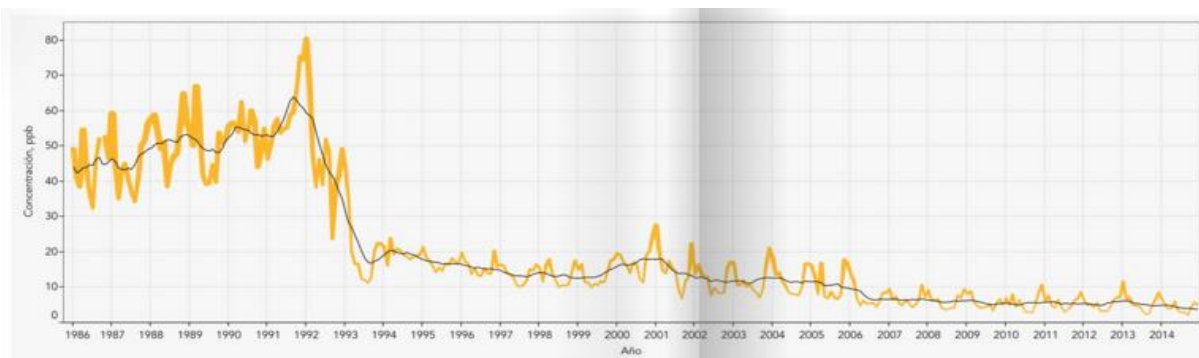


FIGURA 3. CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE POR 30 AÑOS. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME. 2014

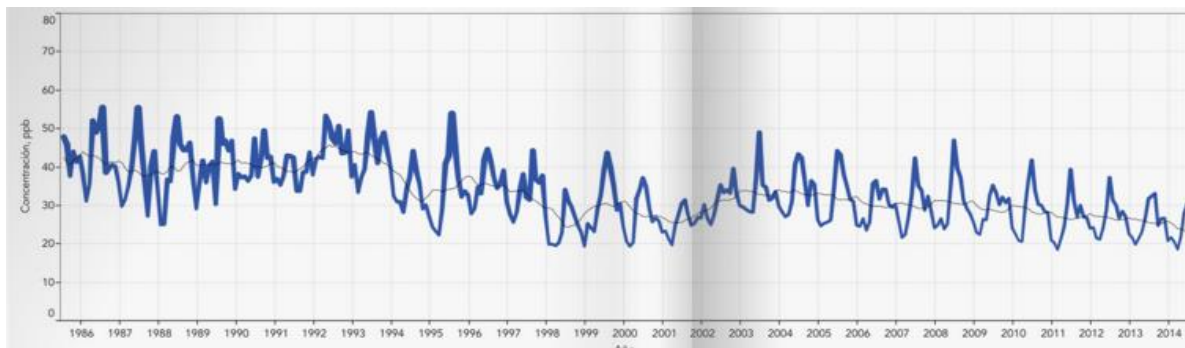


FIGURA 4. CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO POR 30 AÑOS. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO. INFORME 2014

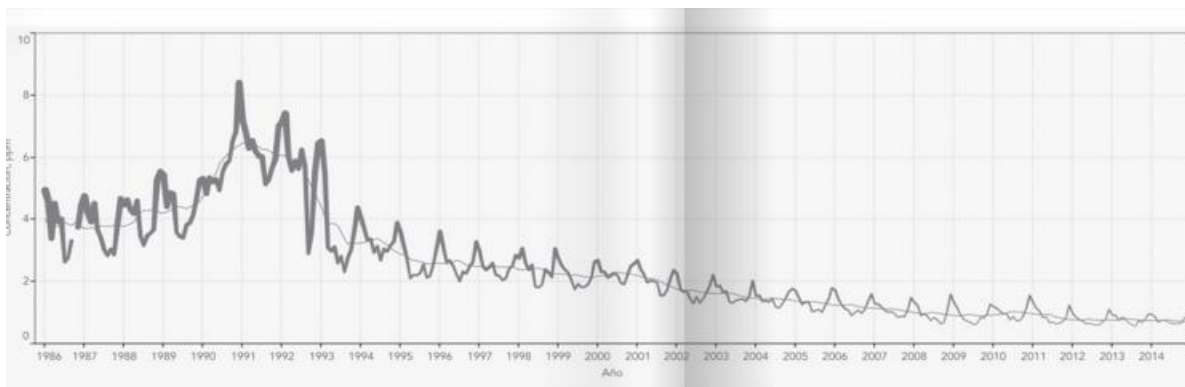


FIGURA 5. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO POR 30 AÑOS. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO. INFORME 2014

Con este principio, esta primera fase pretende representar la situación existente en la que la CDMX se desarrolla; los niveles de contaminantes y tipos, provenientes de la industria fija (como la química, la industria del vestido, mineral mecánico) y fuentes móviles (camiones, autos particulares).

Durante 2015 las emisiones de GEI* (Figura 6) en unidades de CO₂ equivalente, se estimaron en 709,005.3 Gg2. Esto representa un incremento del 40% respecto al año base 1990. (INECC, 2015). La categoría de transporte representó el 25.1% de las emisiones con 430,097 Gg; le siguen las categorías de industria de la energía con 24.1% (99,627.5 Gg), manufactura y construcción con 9.9% (70,202.8 Gg), residuos con 6.7% (63,526 Gg) y agricultura con el 10.3% (45,552.1 Gg)

*GEI: los seis GEI incluidos en el Anexo A del Protocolo de Kioto: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

De acuerdo al Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (2015): "Las emisiones de CO₂ fueron de 492,862.2 Gg en 2015, con una contribución del 69.5% al total del inventario y con un incremento de 27% con respecto a 1990. Las emisiones de CO₂ en el país provienen principalmente por la quema de combustibles fósiles, USCUS y procesos industriales. Los sectores con mayor contribución porcentual de emisiones de CO₂ en el 2015 son: transporte con 27.2%, generación eléctrica con 22.8%, manufactura y construcción con 11.5%, consumo propio de la industria energética con 7.4%, tierras agrícolas con 7.3% y otros (residencial, comercial y agropecuario) con 6.2%. Como puede observarse, cinco de las fuentes de emisión pertenecen al consumo de combustibles fósiles (1A) de la categoría energía; éstas aportan el 75.1% del total de CO₂ del inventario.

GASES EFECTO INVERNADERO Y SU RELACIÓN CON LAS INDUSTRIAS.

En 2019, las emisiones de N₂O fueron de 3987 Gg, lo que representa un incremento de 781% con respecto a 1990. La principal contribución proviene del transporte, seguido muy por debajo con la industria de la energía y la industria de la construcción, expresado en la Figura 7. El incremento en las emisiones de N₂O del transporte se puede atribuir al aumento en el parque vehicular nacional, al incremento en el consumo de combustible y a un mayor uso de convertidores catalíticos como parte del equipamiento de los modelos más recientes.”

En 2019, las emisiones de CH₄ fueron de 2,741.75 Gg, que comparado con 1990 significa un incremento de 73.7 puntos porcentuales. Coincidiendo con los desechos de sectores residencial y transport,e las principales fuentes de emisión de metano (CH₄), siendo la disposición de residuos de hierro y acero, el autotransporte y las emisiones fugitivas por petróleo y gas, los sectores con mayor aporte de contaminantes. Juntas representan el 96.9% de las emisiones de CH₄ del inventario (Figura 7. (INECC, 2019).

Diagrama de Emisiones de GEI para México

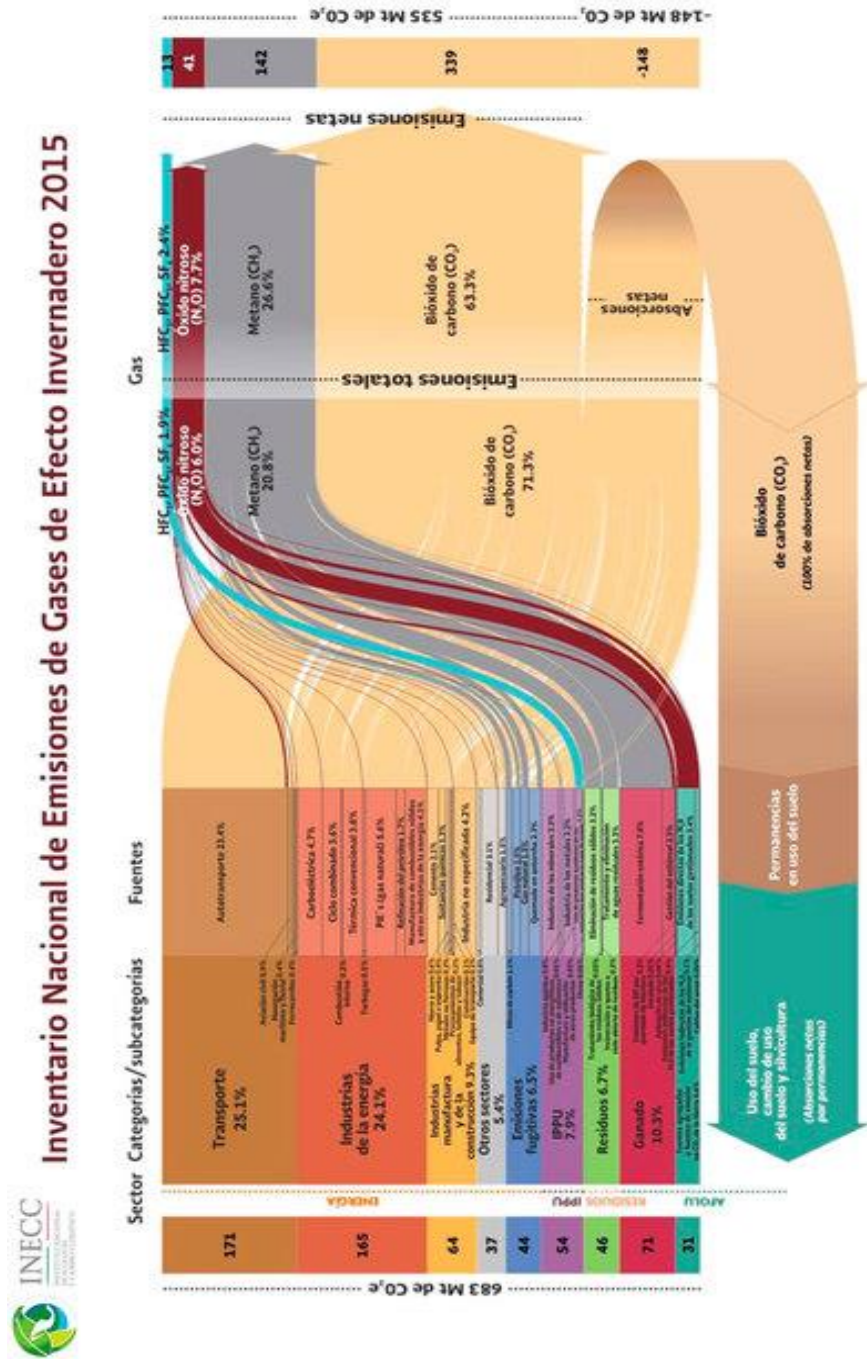


FIGURA 6. DIAGRAMA DE EMISIONES DE GEI PARA MÉXICO. FUENTE: INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO. 2015.

CATEGORÍA / FUENTE / SUBFUENTE DE EMISIÓN	Emisiones de gases de efecto invernadero (Gg en CO ₂ e)		
	2019		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
	1	28	265
EMISIONES NETAS (Gg de CO₂e)	446,774.993	2,741.754	3,987.567
1 Energía	446,774.993	2,741.754	3,987.567
1A Actividades de quema del combustible	446,774.993	2,741.754	3,987.567
1A1 Industrias de la energía	171,645.591	94.575	244.239
1A1a Actividad principal producción de electricidad y calor	132,293.74	72.66	217.57
1A1b Refinación del petróleo	12,702.30	8.33	11.68
1A1c Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	26,649.55	13.58	14.99
1A1ci Manufactura de combustibles sólidos	1,341.12	0.01	
1A1cii Otras industrias de la energía	25,308.43	13.57	14.99
1A2 Industrias manufactura y de la construcción	66,479.68	91.82	127.02
1A2a Hierro y acero	5,275.60	2.693	2.779
1A2b Metales no ferrosos	1,672.19	1.15	1.70
1A2c Sustancias químicas	9,154.54	5.03	5.89
1A2d Pulpa, papel e imprenta	2,988.04	1.98	2.80
1A2e Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	1,717.432	28.98	36.71
1A2f Minerales no metálicos			
1A2g Equipo de transporte	468.50	0.27	0.34
1A2h Maquinaria			
1A2i Minería (con excepción de combustibles) y cantería	15,042.92	15.42	26.73
1A2j Madera y productos de la madera			
1A2k Construcción	871.51	1.00	1.90
1A2l Textiles y cueros			
1A2m Industria no especificada	29,288.95	35.30	48.18
1A3 Transporte	174,900.01	353.82	3,318.26
1A3a Aviación civil	5,214.96	1.01	38.06
1A3b Autotransporte	165,124.91	342.92	3,038.66
1A3c Ferrocarriles	2,153.85	3.44	224.08
1A3d Navegación marítima y fluvial	2,406.29	6.46	17.46
1A3e Otro transporte			
1A4 Otros sectores	33,749.71	2,201.54	298.05
1A4a Comercial/institucional	5,218.12	9.68	2.04
1A4b Residencial	18,412.29	2,153.53	274.51
1A4c Agropecuario/silvicultura/pesca/piscifactorías	10,119.29	38.33	21.49
EMISIONES NETAS (Gg de CO₂e)	446,774.993	2,741.754	3,987.567

FIGURA 7. EMISIONES POR FUENTE Y GAS EN UNIDADES DE CO₂ 2019. FUENTE: INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO. 2019

ANÁLISIS DE CONTAMINANTES EN LA CIUDAD DE MÉXICO

En la Ciudad de México y la zona conurbana del estado de México, existen instaladas actualmente 28 estaciones de monitoreo atmosférico, de las cuales cada una de ellas a lo largo del día, cada hora a la hora, registra la cantidad de partículas por millón (ppm) y/o billón (ppb) de contaminantes atmosféricos.

En las siguientes tablas (Figura 8 a la 11), se presenta el resumen anual 2019 por estación de monitorio y por elemento contaminante en ppb a menos que se exprese lo contrario.

Para dióxido de azufre

Unidades en ppb

N= 8761

(NOM-022-SSA1-2010) (SO₂) < 110 ppb como promedio máximo de 24 horas

Entidad	Estación	Máximo	Promedio	Mínimo	Desviación Estándar	Máximo promedio ppb en 24 hrs	¿Cumple con la norma?
DISTRITO FEDERAL	Camarones	159	6	0	10	35	sí
	Centro de Ciencias	58	3	0	6		
	Cuajimalpa	72	4	0	6	24	sí
	Hospital General	154	4	0	8	38	sí
	Iztacalco	143	5	0	8	32	sí
	Merced	156	5	0	8	31	sí
	Pedregal	80	4	0	6	23	sí
	San Juan de Aragón	153	4	0	6	26	sí
	Santa Fé	76	4	0	6	22	sí
	Santa Úrsula	102	4	0	6	27	sí
	Tláhuac	44	2	0	3	15	sí
	Tlalpan	43	2	0	3	20	sí
	UAM Iztapalapa	167	4	0	6	29	sí
	UAM Xochimilco	67	3	0	5	22	sí
	ESTADO DE MÉXICO	Acolman	80	2	0	4	14
Atizapán		196	6	0	11	35	sí
Chalco		49	3	0	3	10	sí
Cuautitlán		247	5	0	13	49	sí
FES Acatlán		117	6	0	9	32	sí
La presa		69	3	0	5		
Los Laureles		183	5	0	11	36	sí
Nezahualcóyotl		172	3	0	7	27	sí
San Agustín		254	5	0	10	39	sí
Tlalnepantla		214	8	0	13	41	sí
Tultitlan		220	7	0	14	54	sí
Villa de las Flores		266	6	0	14	59	sí
Xalostoc		132	5	0	7	33	sí

FIGURA 8. ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA DIÓXIDO DE AZUFRE. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Para dióxido de nitrógeno

Unidades en ppb

N= 8761

(NOM-022-SSA1-2010) (NO₂) > 210 ppb para el promedio de una hora

Entidad	Estación	Máximo	Promedio	Mínimo	Desviación Estándar	Número de horas >210 ppb	¿Cumple con la norma?
DISTRITO FEDERAL	Camarones	134	34	6	16	0	sí
	Centro de Ciencias	113	26	4	13	0	
	Coyoacán	111	31	3	15	0	
	Cuajimalpa	134	22	3	13	0	sí
	Hospital General	134	32	3	15	0	sí
	Iztacalco	140	33	5	15	0	sí
	Merced	119	38	7	15	0	sí
	Pedregal	96	25	2	13	0	sí
	San Juan de Aragón	114	30	1	15	0	sí
	Santa Fé	117	24	1	13	0	sí
	Santa Úrsula	128	29	3	13	0	sí
	Tláhuac	68	18	0	10	0	sí
	Tlalpan	81	17	1	11	0	sí
	UAM Iztapalapa	135	29	2	14	0	sí
	UAM Xochimilco	104	25	1	13	0	sí
ESTADO DE MÉXICO							sí
	Acolman	74	14	2	8	0	sí
	Atizapán	100	22	2	12	0	sí
	Chalco	70	19	0	10	0	
	Cuautitlán	73	19	2	10	0	sí
	FES Acatlán	120	27	3	15	0	sí
	La presa	105	32	7	16	0	
	Los Laureles	96	24	3	13	0	sí
	Montecillo	79	15	0	10	0	sí
	Nezahualcóyotl	92	27	4	13	0	sí
	San Agustín	89	25	5	11	0	sí
	Tlalnepantla	127	32	5	15	0	sí
	Tultitlan	109	27	4	14	0	sí
Villa de las Flores	95	20	2	12	0	sí	
Xalostoc	122	30	3	15	0	sí	

FIGURA 9 ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA DIÓXIDO DE NITRÓGENO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Para monóxido de carbono

Unidades en ppm

N= 8761

(NOM-021-SSA1-1993) máximo de 11 ppm, para un promedio de 8 horas.

Entidad	Estación	Máximo	Promedio	Mínimo	Desviación Estándar	Máximo promedio 11.0 ppb (8 h)	¿Cumple con la norma?
DISTRITO FEDERAL	Camarones	5.5	0.8	0	0.6	3.3	si
	Centro de Ciencias	3.5	0.7	0.1	0.4	0	
	Cuajimalpa	3.5	0.6	0.1	0.3	2	si
	Hospital General	5	0.9	0	0.5	3.7	
	Iztacalco	7.4	1		0.6	3.3	
	Merced	7.5	1.1	0	0.6	3.8	
	Pedregal	2.6	0.5	0.1	0.3	1.5	
	San Juan de Aragón	6.3	0.7	0	0.6	3.2	
	Santa Fé	2.1	0.5	0	0.3	1.6	
	Santa Úrsula	5.6	1	0	0.5	2.9	
ESTADO DE MÉXICO	Tláhuac	4	0.6	0.1	0.4	1.6	
	UAM Iztapalapa	5.3	0.8	0	0.5	2.3	si
	UAM Xochimilco	4.1	0.7	0	0.4	2.2	si
	Acolman	1.6	0.3	0	0.2	1.2	si
	Atizapán	4.1	0.6	0	0.5	0	si
	FES Acatlán	5	0.9	0	0.6	2.9	si
	Nezahualcóyotl	5.4	0.8	0	0.6	2.6	si
	San Agustín	3.7	0.9	0.1	0.6	0	
	Tlalnepantla	4.4	0.9	0	0.5	2.5	si
	Tultitlán	3.8	0.6	0	0.5	0	
Villa de las Flores	4.2	0.6	0	0.5	2.4	si	
Xalostoc	6.2	1	0.1	0.7	3.5	si	

FIGURA 10 ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA MONÓXIDO DE CARBONO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Para ozono

Unidades en ppm

N= 8761

(NOM-021-SSA1-1993) máximo de 11 ppm, para un promedio de 8 horas.

Entidad	Estación	Máximo	Promedio	Mínimo	Desviación Estándar	Número de horas > 110 ppb (1 h)	¿Cumple con la norma?
DISTRITO FEDERAL	Camarones Centro de Ciencias	147	24	0	27	58	no
	Coyoacán	148	26	0	28	68	no
	Cuajimalpa	182	33	1	26	107	no
	Hospital General	136	22	0	25	31	no
	Iztacalco	161	26	0	28	99	no
	Merced	149	23	0	27	72	no
	Pedregal San Juan de Aragón	155	28	0	27	70	no
	Santa Fé	158	25	0	28	90	no
	Santa Úrsula	172	31	0	27	96	no
	Tláhuac	121	29	0	30	154	no
	Tlalpan	145	33	1	26	63	no
	UAM Iztapalapa	185	32	0	26	97	no
	UAM Xochimilco	155	27	0	29	94	no
	UAM Xochimilco	177	27	0	27	82	no
	ESTADO DE MÉXICO	Acolman	128	29	0	23	3
Atizapán		172	27	0	24	54	no
Chalco		144	27	0	23	10	no
Cuautitlán		135	22	0	22	11	no
FES Acatlán		175	28	1	26	75	no
La Presa		153	30	0	27	17	no
Los Laureles		160	26	0	26	41	no
Montecillo		136	30	0	25	13	no
Nezahualcóyotl		143	29	0	27	57	no
San Agustín		134	24	0	24	12	no
Tlalnepantla		158	25	0	26	60	no
Tultitlan		136	24	0	24	25	no
Villa de las Flores		152	27	0	26	57	no
Xalostoc	122	24	0	22	3	no	

FIGURA 11 ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA OZONO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

A partir de este análisis, y de acuerdo a las normativas de la CDMX, podemos considerar aquellas zonas en las que la estación de monitoreo rebasó lo permitido ya sea en ppb ó ppm para cada uno de los compuestos químicos (Figura 12).

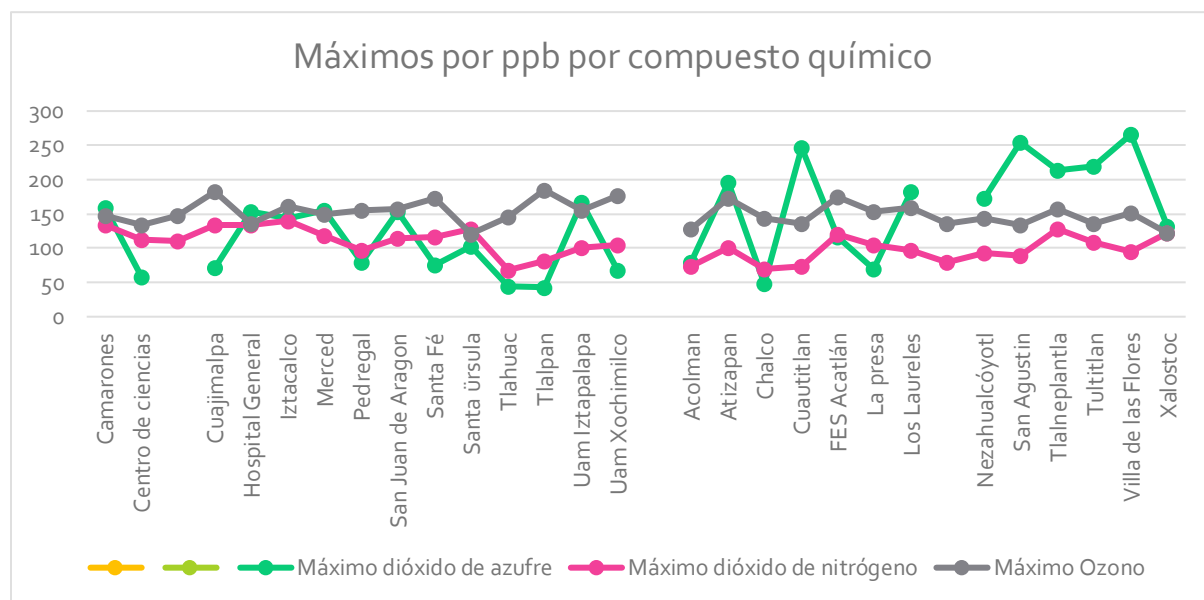
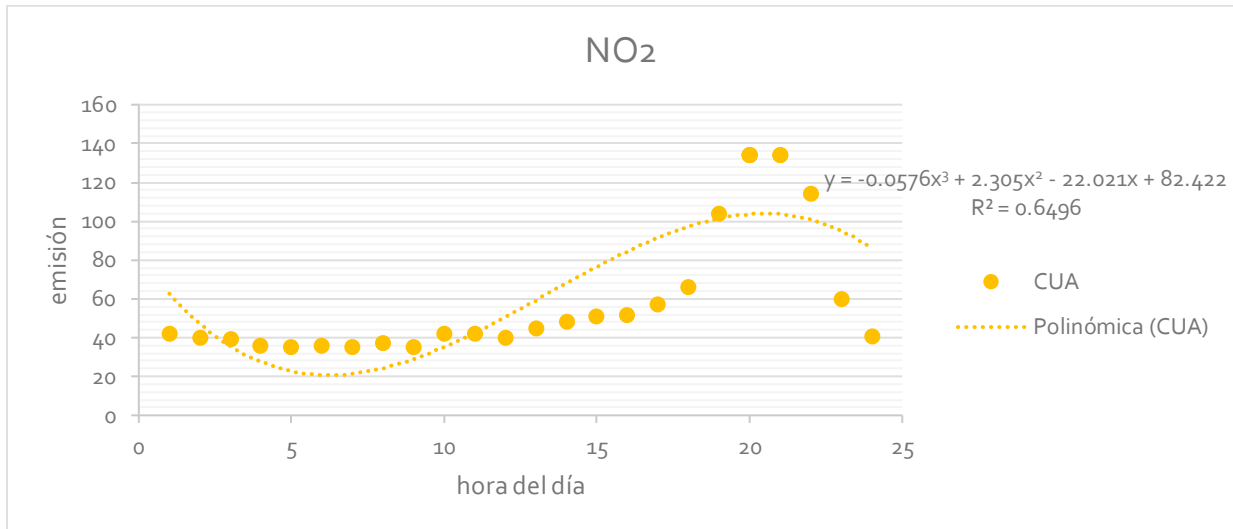


FIGURA 12 MÁXIMO POR PPB PARA DIÓXIDO DE AZUFRE, DIÓXIDO DE NITRÓGENO Y OZONO. CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

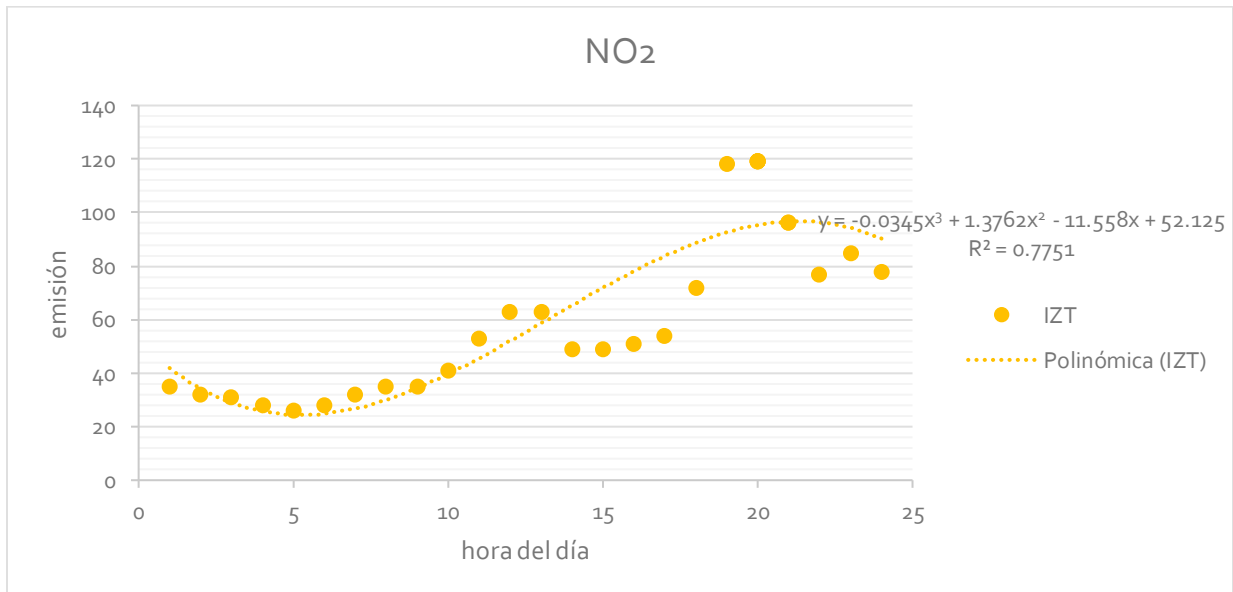
Al analizar las 4 partículas y sus emisiones más altas registradas por las 28 estaciones de monitoreo a lo largo del año, resultan la estación Iztapalapa y Cuajimalpa, las de común denominador con los registros más altos en el año para ozono y dióxido de nitrógeno. Mientras que para Cuautitlán, Iztapalapa y Merced registran más emisiones de monóxido de carbono y dióxido de azufre. Las siguientes gráficas presentan el registro por hora del día más contaminado de las estaciones por elemento (Gráficas 1-8).

Partícula: NO₂
 Día más contaminado (constante): 4 de diciembre
 Estación: Cuajimalpa
 Hora crítica: 20 horas



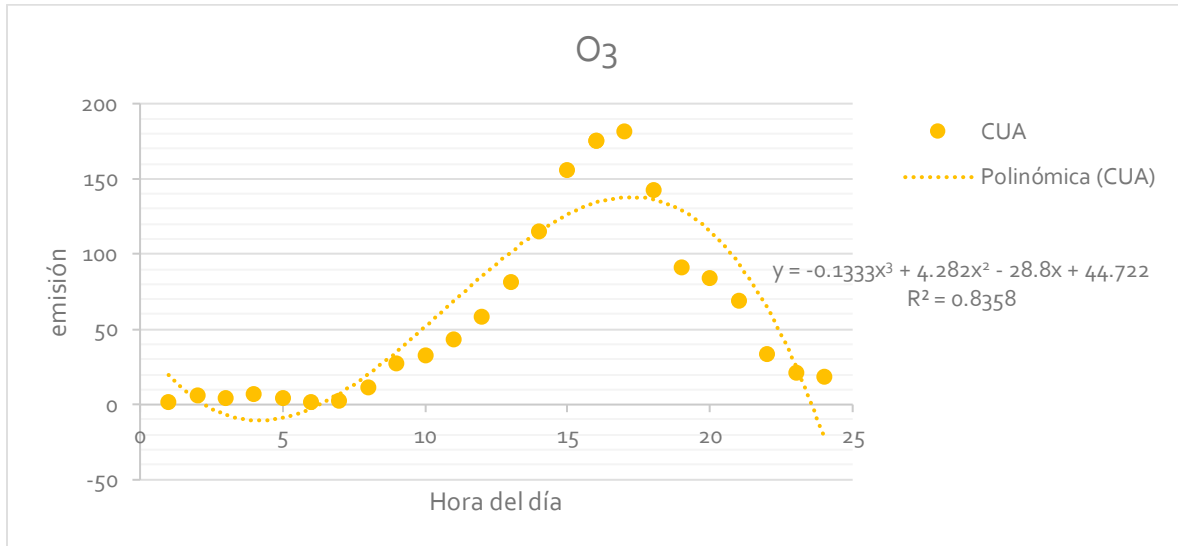
GRÁFICA 1 PARTÍCULA NO₂ CUAJIMALPA. NOTA: GRAFICADO AL 4 DE DICIEMBRE. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2017

Partícula: NO₂
 Día más contaminado (constante): 4 de diciembre
 Estación: Iztapalapa
 Hora crítica: 20 horas



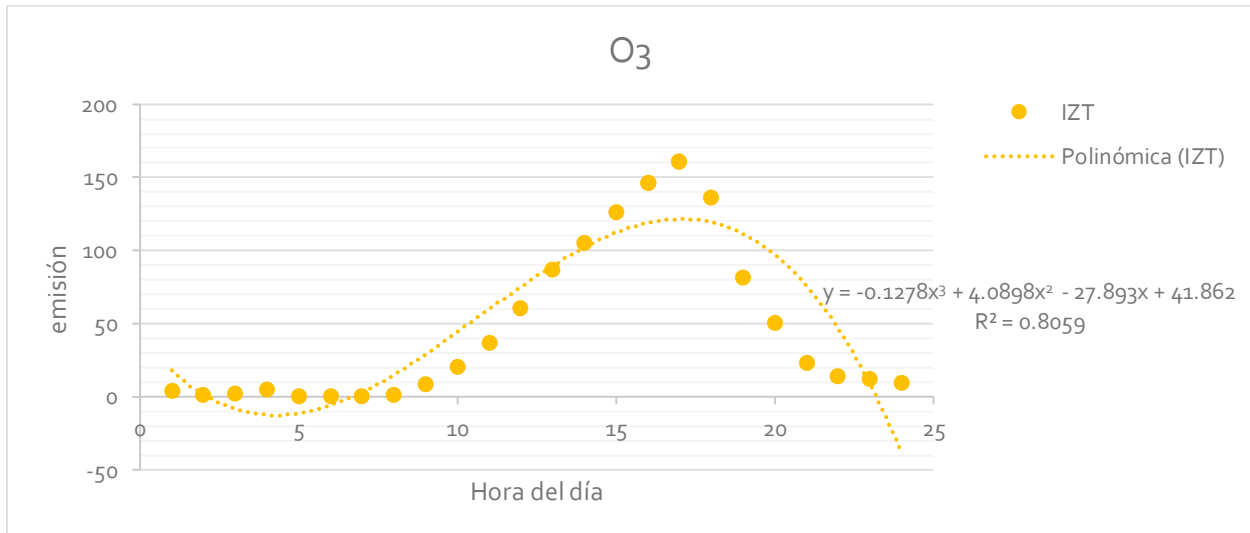
GRÁFICA 2. PARTÍCULA NO₂ IZTAPALAPA. NOTA: GRAFICADO AL 4 DE DICIEMBRE. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Partícula: O₃
 Día más contaminado (constante): 20 de marzo
 Estación: Cuajimalpa
 Hora crítica: 17 horas



GRÁFICA 3. PARTÍCULA O₃ CUAJIMALPA. NOTA: GRAFICADO AL 20 DE MARZO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Partícula: O₃
 Día más contaminado (constante): 20 de marzo
 Estación: Iztapalapa
 Hora crítica: 17 horas

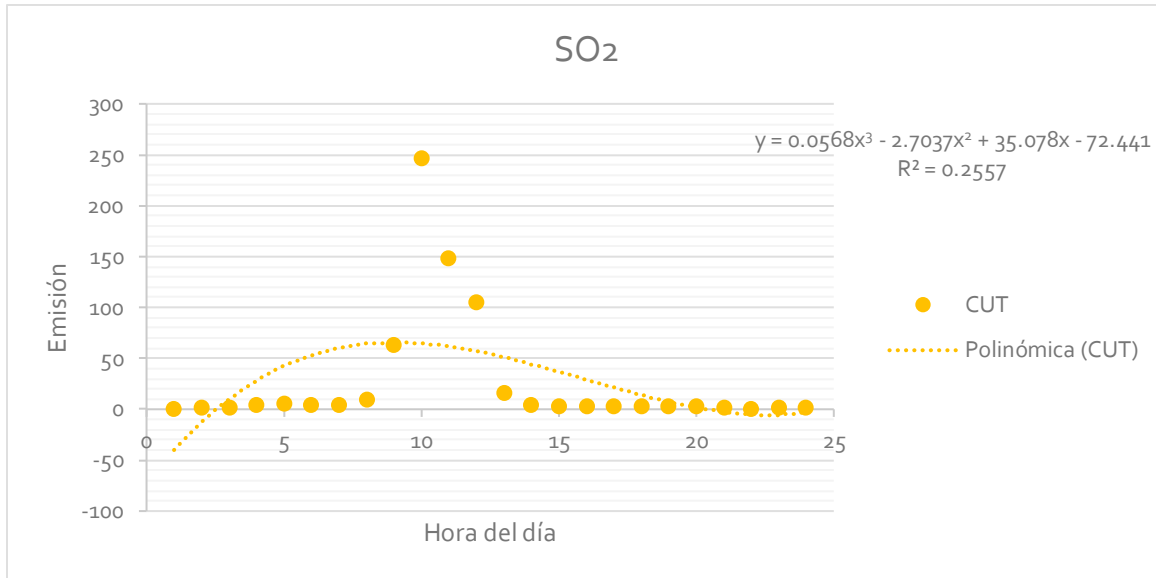


GRÁFICA 4. PARTÍCULA O₃ IZTAPALAPA. NOTA: GRAFICADO AL 20 DE MARZO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Partícula: SO₂

Día más contaminado (constante): 6 de Septiembre

Estación: Cuautitlán



GRÁFICA 5. PARTÍCULA SO₂ CUAUTITLÁN. NOTA: GRAFICADO AL 6 DE SEPTIEMBRE. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Partícula: SO₂

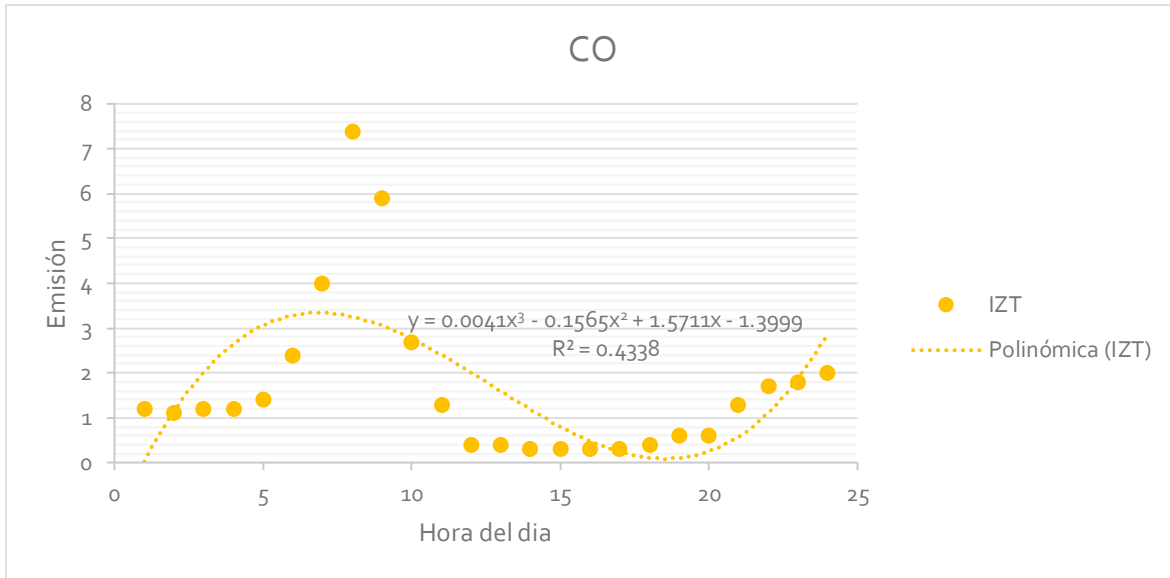
Día más contaminado (constante): 7 de Enero

Estación: San Agustín



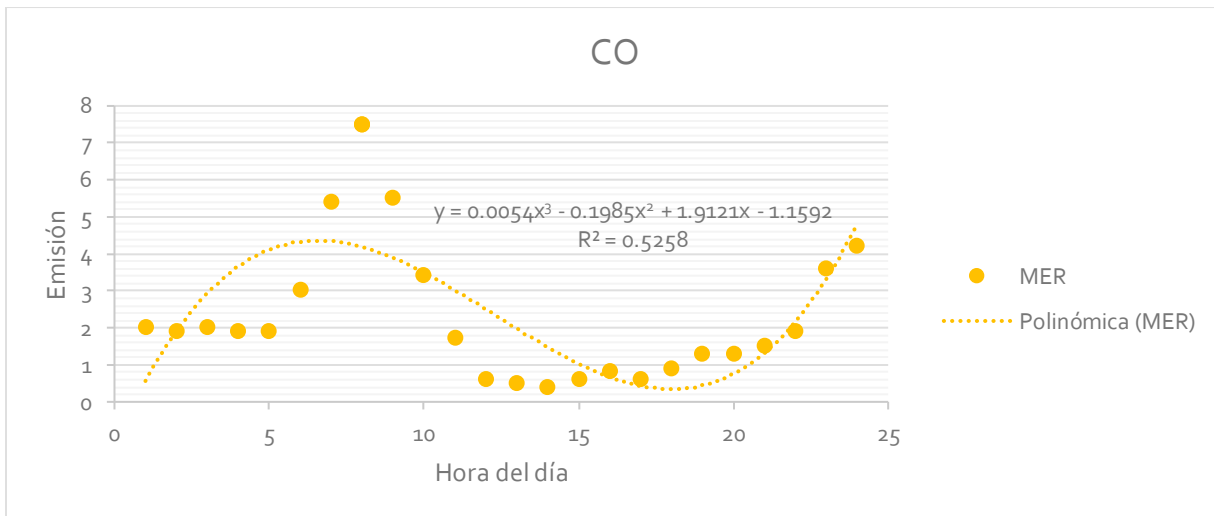
GRÁFICA 6. PARTÍCULA SO₂ SAN AGUSTÍN. NOTA: GRAFICADO AL 7 DE ENERO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Partícula: CO
 Día más contaminado (constante): 10 de enero
 Estación: Iztapalapa



GRÁFICA 7. PARTÍCULA CO SAN IZTAPALAPA. NOTA: GRAFICADO AL 10 DE ENERO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

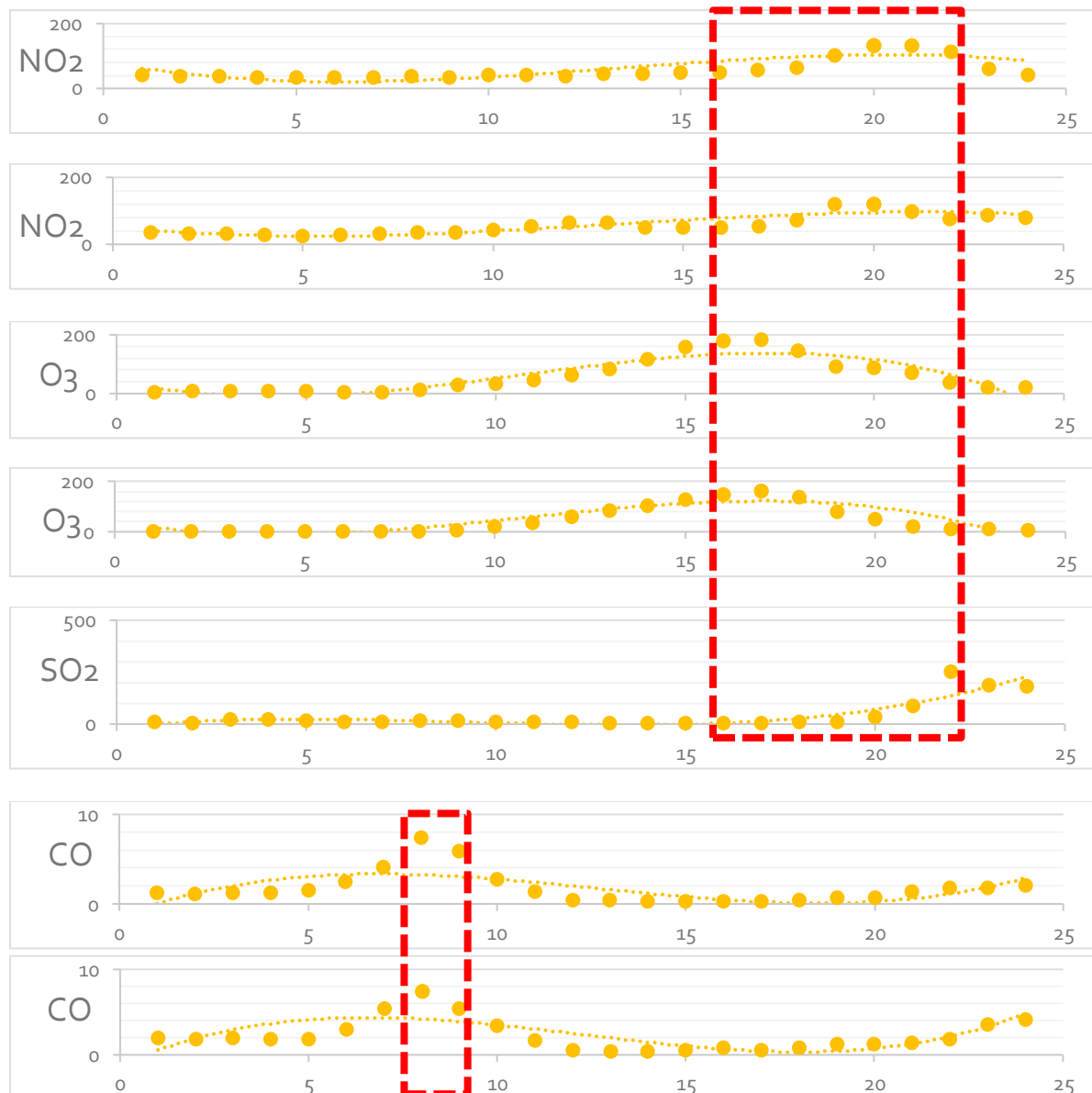
Partícula: CO
 Día más contaminado (constante): 10 de enero
 Estación: Merced



GRÁFICA 8. PARTÍCULA (CO) IZTAPALAPA. NOTA: GRAFICADO AL 10 DE ENERO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

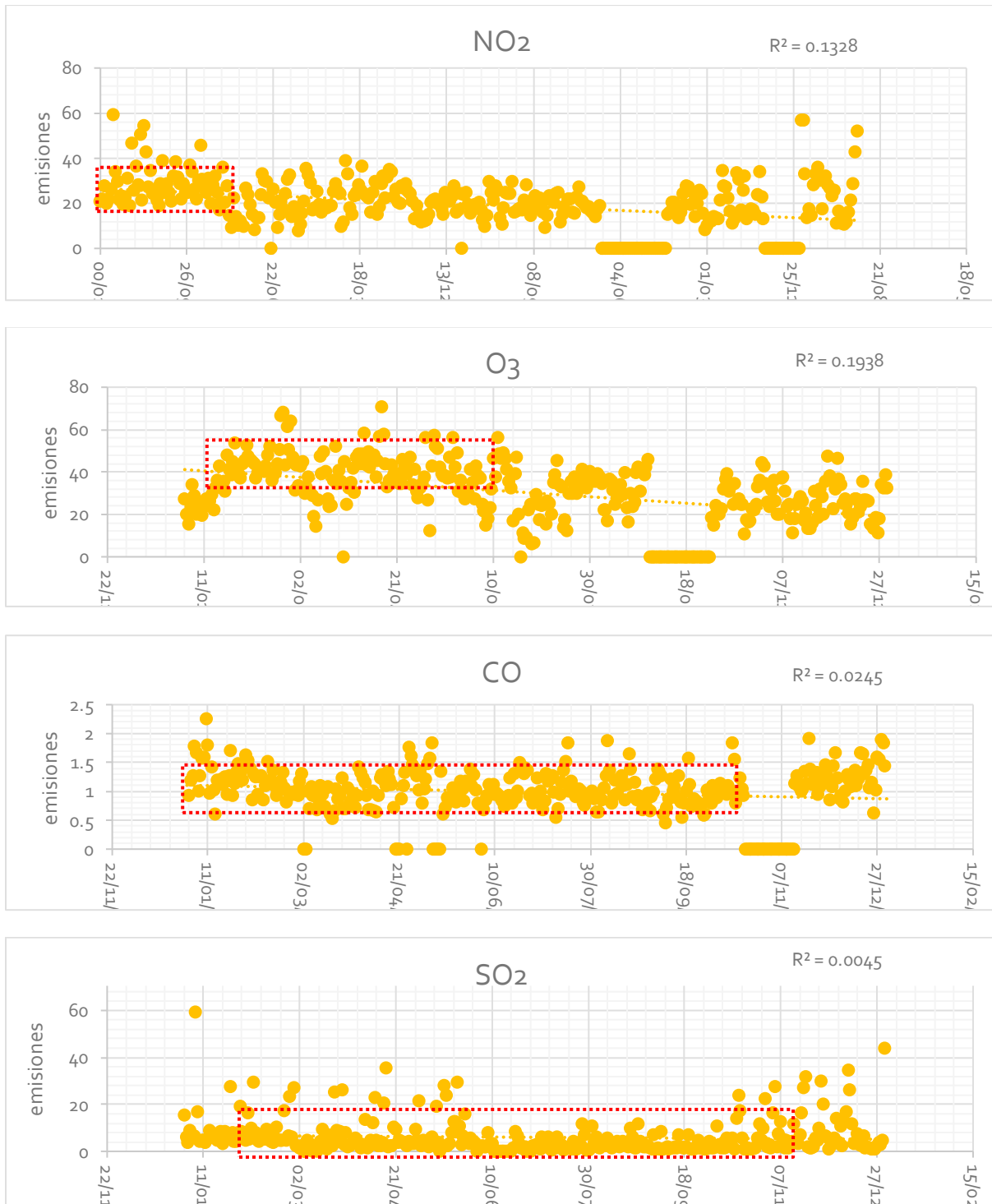
Para elementos como NO₂, O₃, SO₂ (en donde podemos medir las partículas por billón) la constante en horarios fluctúa entre las 17 y las 22 horas. Mientras que en CO en donde las partículas se miden por millón los horarios donde se registraron más emisiones fueron entre 8 y las 9 horas.

Es posible apreciar los horarios en la tabla 09.



GRÁFICA 9. ANÁLISIS DE HORARIOS PICO DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS NO₂, O₃, SO₂, CO EN LA CIUDAD DE MÉXICO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Promedio de emisiones al día de la estación con el registro más alto de emisiones por partícula.

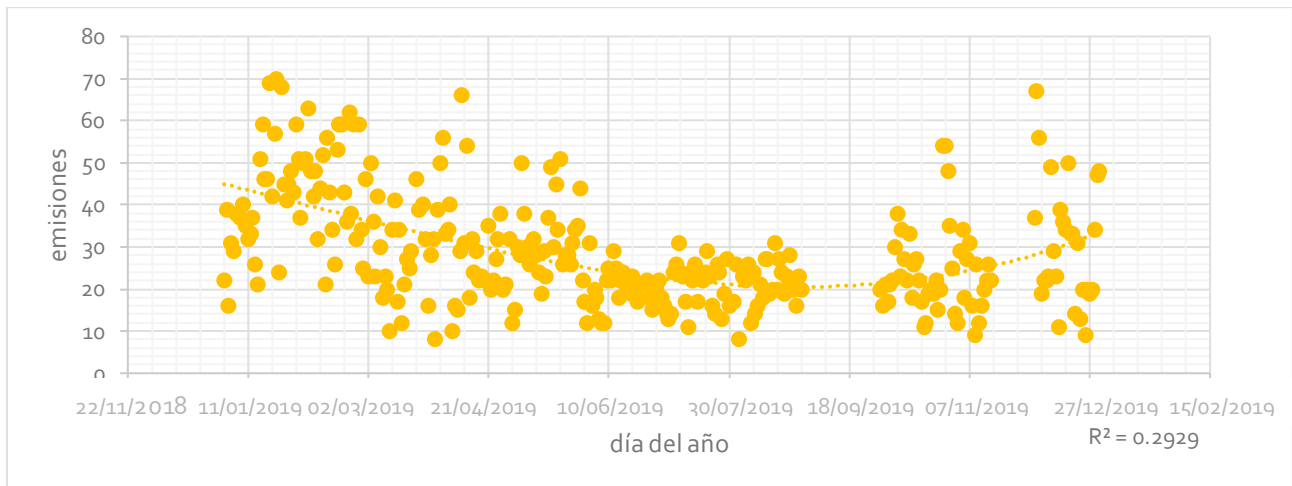


GRÁFICA 10. ANÁLISIS MENSUAL DE LAS EMISIONES MÁS ALTAS POR PARTÍCULA EN LA CIUDAD DE MÉXICO. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

De las anteriores gráficas (Gráfica 10) es posible concluir lo siguiente:

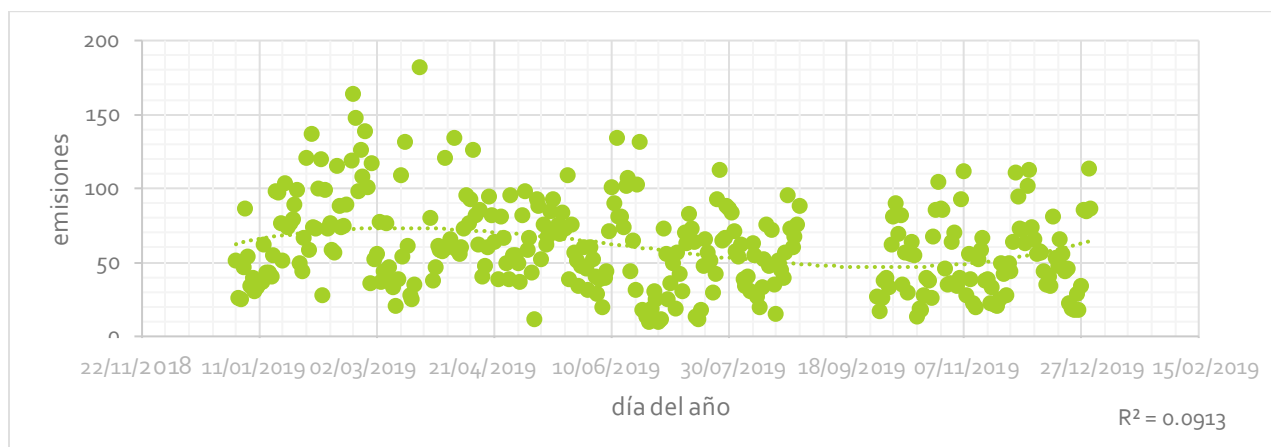
- Para el dióxido de nitrógeno las emisiones más altas y constantes se concentran entre el primer y segundo mes del año, manteniéndose en descenso dentro del primer semestre del año.
- Para el ozono, la constante en emisiones altas se presenta dentro del primer trimestre del año, presentando emisiones descendentes en el segundo semestre.
- En el monóxido de carbono el comportamiento es constante en el transcurso del año con emisiones entre .5 y 1.5 de ppm
- Para el dióxido de azufre, la constante se presenta con un comportamiento de emisiones bajas en todo el año.

Comportamiento de emisiones de NO₂ anual a las 20 horas (hora crítica)



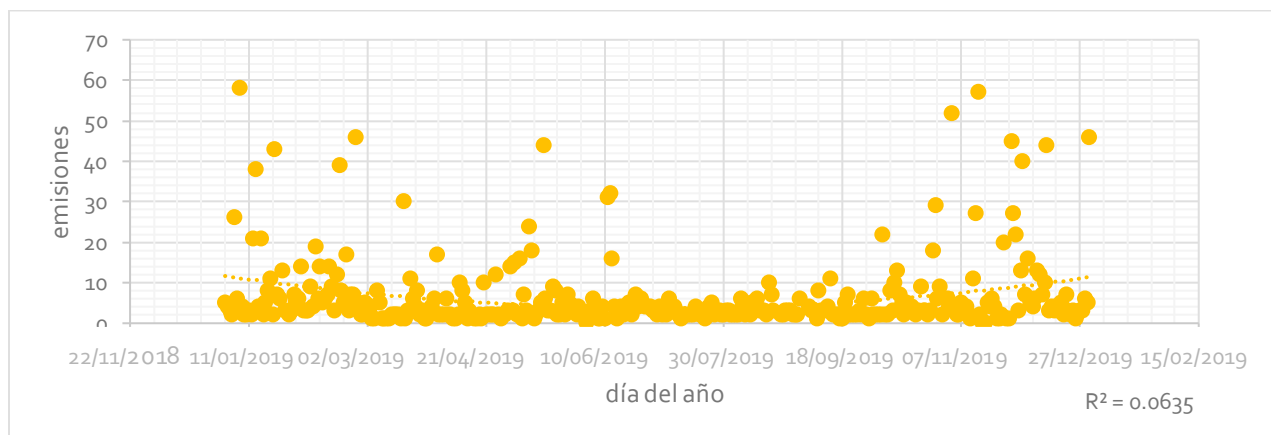
GRÁFICA 11. GRÁFICA ANUAL DEL COMPORTAMIENTO DE LAS EMISIONES DE LA PARTÍCULA NO₂ A LAS 20 HRS. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Comportamiento de emisiones de O₃ anual a las 13 horas (hora crítica)



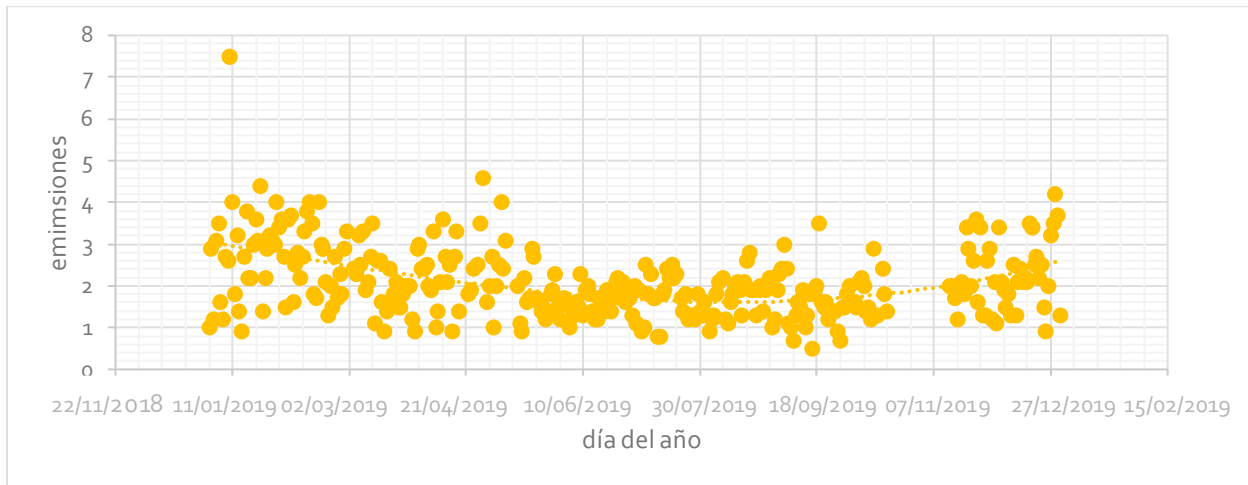
GRÁFICA 12. GRÁFICA ANUAL DEL COMPORTAMIENTO DE LAS EMISIONES DE LA PARTÍCULA O₃ A LAS 13 HRS. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Comportamiento de emisiones de SO₂ anual a las 22 horas (hora crítica)



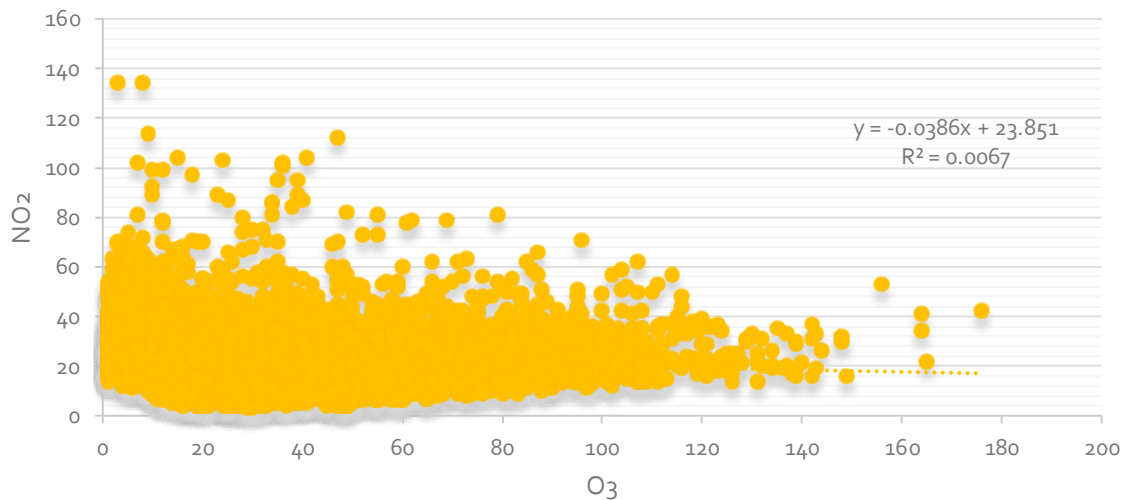
GRÁFICA 13. GRÁFICA ANUAL DEL COMPORTAMIENTO DE LAS EMISIONES DE LA PARTÍCULA SO₂ A LAS 22 HRS. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Comportamiento de emisiones de CO anual a las 8 horas (hora crítica)



GRÁFICA 14. GRÁFICA ANUAL DEL COMPORTAMIENTO DE LAS EMISIONES DE LA PARTÍCULA CO A LAS 8 HRS. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

La correlación de Pearson entre NO₂ y O₃ es nula, ya que a medida que aumenta una variable no determina que la otra disminuya. Presentando una correlación de -0.08



GRÁFICA 15. CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE NO₂ Y O₃. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO INFORME 2019

Por lo consiguiente, será necesario tomar acciones de mantenimiento, purificación y limpieza de contaminantes y en especial las partículas estudiadas anteriormente, antes del primer trimestre del año. De manera que se asegure la capacidad de purificación en las fechas más críticas del año para todos los elementos.

EFFECTOS EN LA SALUD

De acuerdo a un estudio realizado por el Clean Air Institute, México es el segundo país con mayor número de muertes por contaminación ambiental, registrando 15 mil fallecimientos por año atribuibles a la contaminación del aire.

Las enfermedades cardiovasculares y respiratorias como el asma, algunos tipos de cáncer, nacimientos prematuros, problemas en el sistema nervioso, desarrollo motor, mortalidad infantil entre otros (figura 13); son asociados a la exposición prolongada a la contaminación ambiental. (IMCO, Gabriela Alarcón 2012)

Es por ello que la presencia de problemas ambientales exige revertir sus tendencias y sus impactos negativos, por medio de principios de planeación prospectiva de modelos sustentables y materiales que trabajen en conjunto con estas estrategias; basados en metodologías de biodiseño, de manera que contemplen e integren aspectos ambientales, económicos y sociales que conforman el territorio.

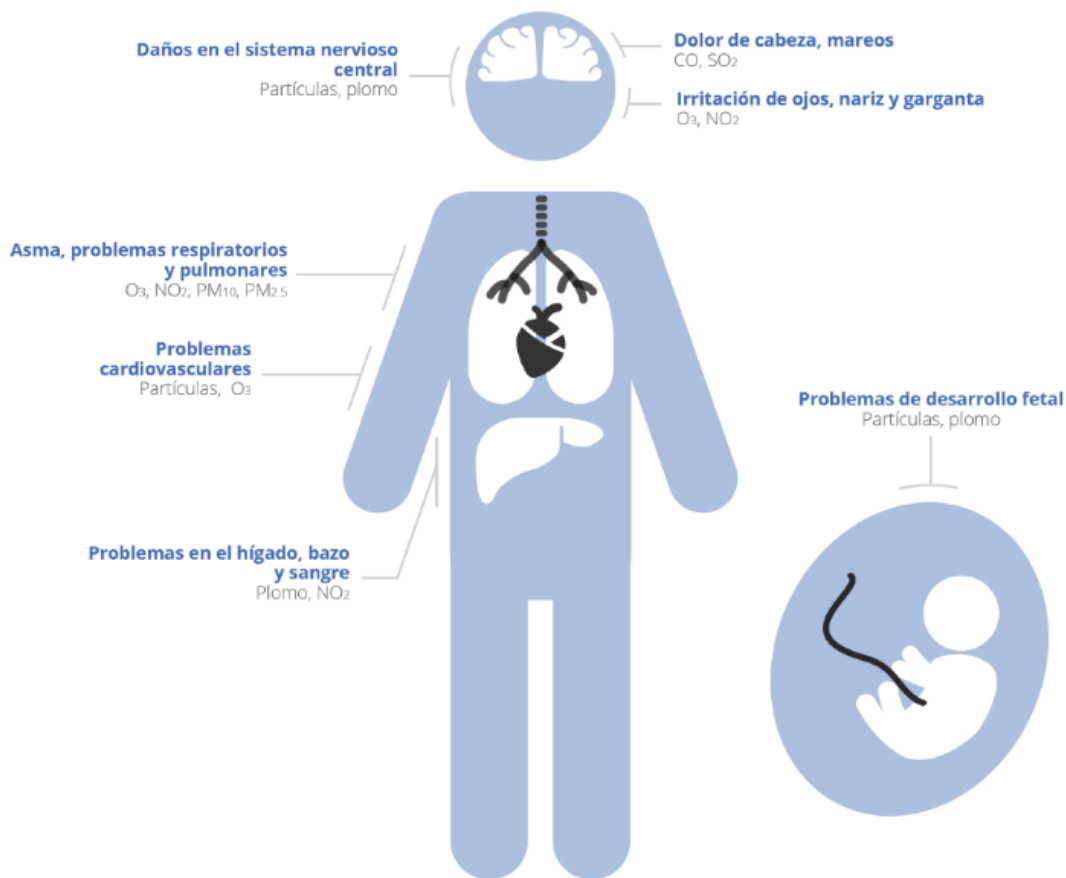


FIGURA 13. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA SALUD HUMANA. FUENTE: CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO, INFORME 2014.

MATERIALES PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN "ECOFRIENDLY"

Por otro lado, y analizando la situación actual; se dirige la investigación hacia la industria de la construcción. Ya que con ella podemos abarcar desde procesos más limpios, hasta materiales constructivos que en m² expresan una cantidad representativamente más amplia de aplicación. De acuerdo a Growing Buildings 2019, la construcción es uno de los mayores consumidores de materia prima, el sector cementero aporta el 5% de las emisiones de CO₂. La industria de la construcción, tanto comercial como residencial representa el 39% del CO₂ emitido a la atmósfera.

En México como en otras naciones existen actualmente los sistemas constructivos llamados "eco friendly", algunos ejemplos son:

PINTURAS

Pintura con bajo contenido de VOC, estas pinturas son típicamente base agua, y tienen un olor más bajo que las demás, además de reducir los compuestos volátiles solventes para su dilución.

Pinturas Naturales: hechas de aceites de origen natural y pigmentos vegetales de donde se derivan pigmentos minerales. Estas pinturas solo pueden ser aplicadas en el interior.

Pintura casera: a base de leche, cal y arcilla. Solo apta para interiores, biodegradable y no tóxica.

MUROS

Paneles a base de desechos de sorgo y trigo (Figura 15), que pueden suplir a los paneles de madera.

Muros creados por PET reciclado capaces de modificar el ambiente interior debido a la cámara de aire en las botellas que permite diseñar espacios térmicos.



FIGURA 15. PANEL CON NÚCLEO DE AGLOMERADO DE DESECHOS RECICLADOS NATURALES. FUENTE: ECOACTIVATE, 2018.

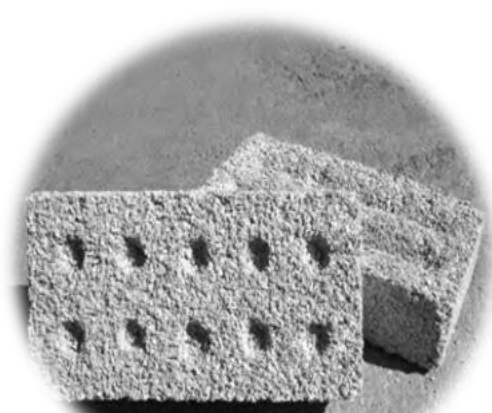


FIGURA 14. LADRILLOS PREFABRICADOS A BASE DE DESECHOS DE CAÑA Y PET. FUENTE: REVISTA INVI, 2008.

CONCRETO

Concreto a base de desechos de caña de azúcar capaz de resistir la corrosión (Figura 14)

ANÁLISIS

El principal problema es la falta de metodologías consistentes y sustentables desde la concepción, que como consecuencia producen entregables y productos no sostenibles. La situación ambiental se encuentra en un punto crítico a todos sus niveles, refiriéndonos a suelo, agua, aire; hoy por hoy nuestros esfuerzos por “reducir” han hecho un mínimo de avance en el objetivo final; el hecho de reducir- reciclar- reutilizar nos obsequia un periodo en la línea de tiempo, aunque, por otro lado, es necesario implementar metodologías eficientes con analogías naturales.

Varios de estos artículos o materiales “eco friendly” se originan gracias al reciclaje de materia orgánica e inorgánica que permite reducir la basura desechada al ambiente, respondiendo a un diseño de reciclaje, dando una segunda oportunidad a la materia sin uso, provocando paralelamente una disminución en la producción de nuevos insumos.

El abuso del término “desarrollo sustentable” y la falta de entendimiento de este término conduce a una actitud de proyecciones tramposas en vías solo de mantener negocios en pie con intereses transnacionales. “Cuando se plantea el reciclado como la mejor y única alternativa, lo que en realidad se está haciendo es proponer una supuesta solución técnica que no evita la causa del problema: el modelo de producción y consumo irresponsable, y en última instancia lo está justificando”. (Rabey Jorge, 1999)

El término sustentabilidad se define de acuerdo al Informe Brundtland (1987), como la capacidad de satisfacer necesidades de la generación humana actual sin que esto suponga la anulación de que las generaciones futuras también puedan satisfacer las necesidades propias. El desarrollo sustentable solo es posible si se preservan los recursos naturales. Aunque, por otro lado, el desarrollo sostenible engloba condiciones sociales, políticas y económicas del agregado social. “El desarrollo sustentable toma las acciones de una empresa que desarrolla sistemas de producción más eficientes, que utilicen o desgasten menos un determinado recurso natural, por ejemplo, el petróleo que es un recurso natural no renovable. Un auto que utilice agua como combustible sería una invención que favorecería el desarrollo sustentable.” (Definición de sustentabilidad, 2016). Aunque desarrollo sostenible podría ser un grupo de indígenas que utilice telas usadas anteriormente (reciclaje) para la fabricación de nuevos productos, mejorando el aspecto económico y favoreciendo a la preservación ambiental.

No obstante, es evidente que, en la búsqueda de mejorar nuestra economía y comodidad, nos hemos orillado al uso de combustibles fósiles y al uso de materiales de alto índice contaminante. Es necesario buscar alternativas ecológicas y sustentables que eviten no solo la emisión de estos gases y compuestos volátiles nocivos, sino que estos ya existentes sean transformados. La solución debe ser conformada por un esfuerzo global, con responsabilidad ecológica, y compromiso social.

MARCO TEÓRICO

METODOLOGÍAS DE DISEÑO

Como menciona Carmen Vilchis (Vilchis, 1999), el diseño es resultado de una disciplina conceptual orientada a la resolución de problemas. Una de las características distintivas del ser humano es su capacidad de resolver problemas, pero más importante es la capacidad de plantearlos y resolverlos.

Podemos decir, que una metodología de diseño comprende un proceso reflexivo y sistemático que permite controlar los objetivos finales del proyecto.

MÉTODO DE BRUCE ARCHER

El método sistemático para diseñadores de Bruce Archer (Archer, 1963-1964), propone seleccionar los materiales correctos, formándolos de manera que satisfagan una necesidad de función y estética.

Archer B., señala que el proceso debe contener etapas analíticas, creativas y de ejecución.

1. Definición del problema	Analítico
2. Obtención de datos relevantes	
3. Análisis de los datos recabados	Creativo
4. Desarrollo de prototipos	
5. Preparación y ejecución de estudios, así como experimentación del diseño	Ejecución
6. Generación de documentos para la producción	

Cada una de las fases anteriores se divide en pasos detallados de 229 actividades distintas.

“La investigación en diseño es una indagación sistemática cuyo objetivo es el conocimiento de la incorporación de la configuración, composición, estructura, propósito, valor y significado en las cosas artificiales (hechas por el hombre) y en los sistemas.” (Archer, 1963-1964)

La metodología de Bruce Archer es una de las más completas y reconocidas dentro del diseño, ya que basaba el proceso en dos simples conceptos: material adecuado y funcionalidad.

MÉTODO DE MORRIS ASIMOW 1970

(Asimow, 1970) Concibe el proceso de diseño como la información. Considerando que existen dos grandes fases interrelacionadas entre sí, estas son: Planeación y Morfología, y Diseño Detallado.

Estudia de factibilidad	Fases primarias	Planeación y morfología
Diseño preliminar		
Diseño detallado	Fases del ciclo de producción-consumo	Planeación y morfología
Planeación de proceso de producción		
Planeación de la distribución	Evaluación	Diseño detallado
Planeación del consumo		
Planeación del retiro del producto	Revisión y optimización	Diseño detallado
Preparación del diseño		
Diseño total de los subsistemas	Implementación	Diseño detallado
Diseño total de los componentes		
Diseño detallado de las partes		
Preparación de los dibujos		
Programa de pruebas del producto		
Análisis y predicción		
Rediseño		
Implementación		

Este método es un claro ejemplo de cómo se enfocaron en métodos de ingeniería para la totalidad del proceso. El proyecto consiste básicamente en la recolección creativa y organizada de la información; derivando en decisiones de mejora y optimización del producto.

MÉTODO GUTE FROMS (ULM) 1963

(Gugelot Hans, 1963) Considera que las etapas para poder realizar el diseño son las siguientes:

1.	Etapas de información	Recolectar la mayor información posible y estudio de productos similares.
2.	Etapas de investigación	Sobre las necesidades del usuario, contexto de producto, función y producción.

3.	Etapa de diseño	Búsqueda y creación de nuevas formas y estudios tipológicos (conocimientos científicos no creativos).
4.	Etapa de decisión	Presentación de diseño, análisis de costos/beneficio.
5.	Etapa de cálculo	Ajuste de diseño de acuerdo a estándares y normas. Cálculo de calidad, desgaste, cantidades.
6.	Construcción del prototipo	Se evalúa con respecto a los objetivos principales.

Esta metodología incluye en sus procesos los pasos de rediseño y ajuste, permitiendo regresar metodológicamente, a un paso o dos atrás, para recalcular de acuerdo a los ensayos obtenidos. Permitiendo que el entregable final haya sido ajustado a los objetivos primarios.

MODELO GENERAL DEL PROCESO DE DISEÑO. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA DE AZCAPOTZALCO. 1977

(La UAM, 1977) diseña este modelo basado en fases sucesivas y es definido por sus objetivos y meta. Las partes son las siguientes:

1. Caso	Esta fase específica prácticamente todo el marco teórico englobando las técnicas a utilizar; siempre bajo fenómenos que en conjunto conlleven a un problema y proponga un estudio interdisciplinario.
2. Problema	En esta etapa se busca la estructura del cuerpo de los objetivos específicos. Es decir se reúnen los datos relevantes que se "se incluyen en el criterio de diseño para su interpretación". (Rodríguez Luis, 2004)
3. Hipótesis	Este paso tiene como función encausar el trabajo, orientando el proceso y conclusiones del proyecto. "Resolviendo sistemas semióticos, funcional, constructivo y de planeación económico-administrativa" (Rodríguez Luis, Diseño, estrategia y táctica, 2004)
4. Proyecto	"Dentro de esta fase, la interpretación con los métodos y las técnicas de las disciplinas que van a implementar en la realidad la hipótesis de diseño, es total y de acción inversa a las anteriores desarrollándose con base en planos, maquetas" (Rodríguez Luis, Diseño, estrategia y táctica, 2004)
5. Realización	Supervisión y realización del entregable cumpliendo las funciones y respondiendo a la deficiencia planteada en el problema.

El Diseño ha sido guiado por el método científico y sus metodologías tradicionales, trayendo consigo productos derivados de ese "Diseño" como un objeto aislado del espacio donde quiere ser utilizado. Siguiendo ese actuar se han "resuelto" problemas evidentemente mal logrados. Las metodologías convencionales de diseño siguen un patrón en el que objeto final no se envuelve en el panorama general; no se estudian los alcances y afectaciones. Es por ello que los diseños se vuelven insustentables, obsoletos.

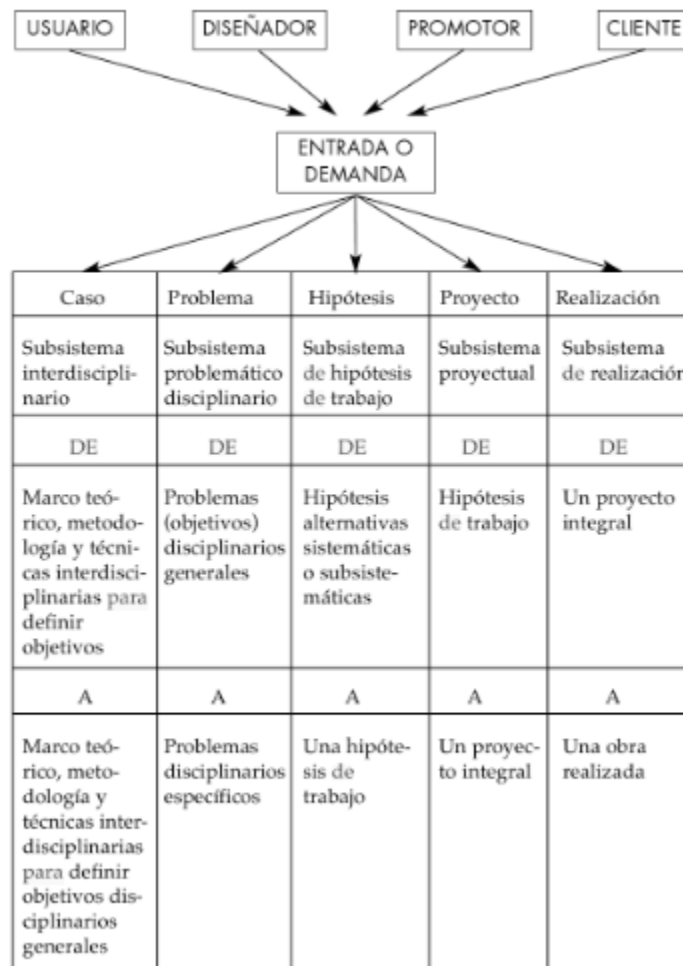


FIGURA 16. MODELO GENERAL DEL PROCESO DE DISEÑO SEGÚN LA UAM AZCAPOTZALCO. DISEÑO: ESTRATEGIA Y TÁCTICA, RODRÍGUEZ MORALES, LUIS. DICIEMBRE 2004.

Las anteriores cuatro metodologías fueron descritas debido a su aporte significativo al presente estudio. Sin embargo, existen otras (método de diseño de Christopher Jones, método de Christopher Alexander) que a mi consideración fueron muy abstractas o no contemplaban una conclusión con un entregable, y ciertamente algunas con muchas coincidencias entre sí, por lo que no fueron consideradas para su análisis.

METODOLOGÍA DE DISEÑO CONCEPTUAL. (DIETER & SCHMIDT, 2009)

El Ingeniero Dieter diseñó y se desarrolló en áreas como: manufactura, ingeniería de diseño, ingeniería de calidad, publicando en su libro Engineering Design una metodología de diseño basada en cuatro grandes pasos.

Las cuatro grandes etapas son las siguientes:

Definición del problema	Se define la situación actual y el problema en base a la necesidad del usuario y sus requerimientos.
Recopilación de información	Inicia la investigación del producto y las áreas involucradas en el problema, empieza la etapa de pre diseño.
Generación de conceptos	Se conjuntan los conceptos adquiridos para la generación de nuevas ideas en base a la investigación previa. Empezando a definir el resultado.
Evaluación de conceptos	Se concluye la etapa de diseño conceptual.



FIGURA 17. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE DIETER. DIETER SCHMIDT, ENGINEERING DESIGN, 2009

En resumen, las 5 metodologías descritas anteriormente tienen en común la cantidad de pasos primarios que contienen, es decir entre 5 y 6 puntos; facilitando y definiendo reglas establecidas. Sin embargo, entre esos pasos primarios, los secundarios subsecuentes pueden extenderse sin un control o proceso. Por lo que es necesario definir los subsecuentes para un método preciso, pero a la vez replicable en varias áreas. El problema de los métodos clásicos o tradicionales, radica en la falta de asociación con el ambiente involucrado y el análisis del entregable al final de su ciclo de vida.

METODOLOGÍAS DE DISEÑO SUSTENTABLE

Las metodologías sustentables consisten en reconstruir sistemas productivos humanos mediante un método, dando paso a la elaboración de productos o servicios, no solo amigables sino compatibles con el medio ambiente, con la idea de aprovechar eficientemente los recursos materiales y naturales. El principal objetivo de estas, consiste en imitar las acciones naturales en nuestros procesos artificiales, de manera tal que podamos resolver el problema

en cuestión mediante actividades, funciones o elementos que ya han sido comprobados por la naturaleza a lo largo de millones de años.

ESPIRAL DE DISEÑO BIOMIMÉTICO

(Biomimicry Institute, 1997) La espiral de diseño biomimético consiste en desarrollar un planteamiento de diseño sobre la necesidad humana. La base de este método consiste en guiarse paso a paso comparando un problema de diseño con la biomimética biológica; es decir, valorar si el producto final cumple con la respuesta al problema e imita a la naturaleza en FORMA, PROCESO Y ECOSISTEMA.

La metodología cumple las siguientes etapas:

1. Identificar

Se establece el planteamiento de diseño, es decir, el problema a resolver.

- Separar las distintas partes del planteamiento, identificando el problema central y la especificación del diseño. Definir:
- Usuario principal
- Problema
- Ubicación del problema
- Implementación de acuerdo al diseño

2. Traducir

- Plantear la pregunta de manera que cumpla una perspectiva de diseño visto desde la naturaleza. Biologizar la pregunta.
- ¿Cómo la naturaleza realiza esta función? ¿Cuáles son las condiciones climáticas? ¿Hay más variables naturales dentro del proceso natural?

3. Observar

- Consiste en encontrar las mejores soluciones naturales que hayan resuelto el problema. Ya sea por adaptación, selección.

4. Abstractar

- Clasificación en grupos de cosas que tienen características comunes, regularmente jerarquizadas y sistemáticas; encontrando patrones o procesos repetidos.
- Seleccionar la estrategia más relevante y ganadora, abstrayendo del listado los ejemplos con trascendencia.

5. Aplicar

- Desarrollar soluciones basadas en los ejemplos anteriores.

6. Evaluar

- Evaluar la propuesta de acuerdo a los “Principios de la Vida”. Figura 19
- Plantear más preguntas refinando el concepto (envase, manufactura, mercadotecnia, transporte, nuevos productos, aditamentos.)

7. Reafirmar

- De acuerdo a los principios de la vida, refinar las lecciones aprendidas.

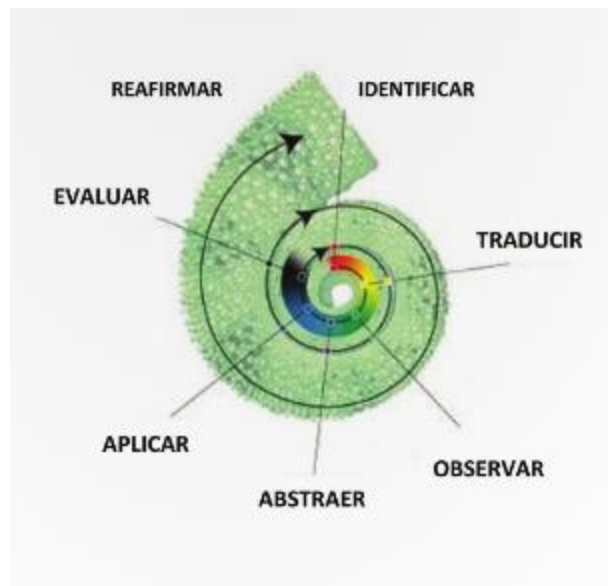


FIGURA 18. ESPIRAL DE DISEÑO BIOMIMÉTICO. FUENTE: BIOMIMICRY INSTITUTE, 2016.

Patrones de la vida o principios básicos de la biología
La naturaleza se ejecuta en luz solar
La naturaleza utiliza sólo la energía que necesita
La naturaleza adapta la forma a la función
La naturaleza recicla todo
La naturaleza gratifica la operación
La naturaleza se concentra en la diversidad
La naturaleza demanda la experiencia local
La naturaleza frena sus excesos
La naturaleza relaciona el poder de los límites.

FIGURA 19. PATRONES DE VIDA O PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA BIOLOGÍA. FUENTE: JANINE BENYUS, BIOMIMICRY, 1997.

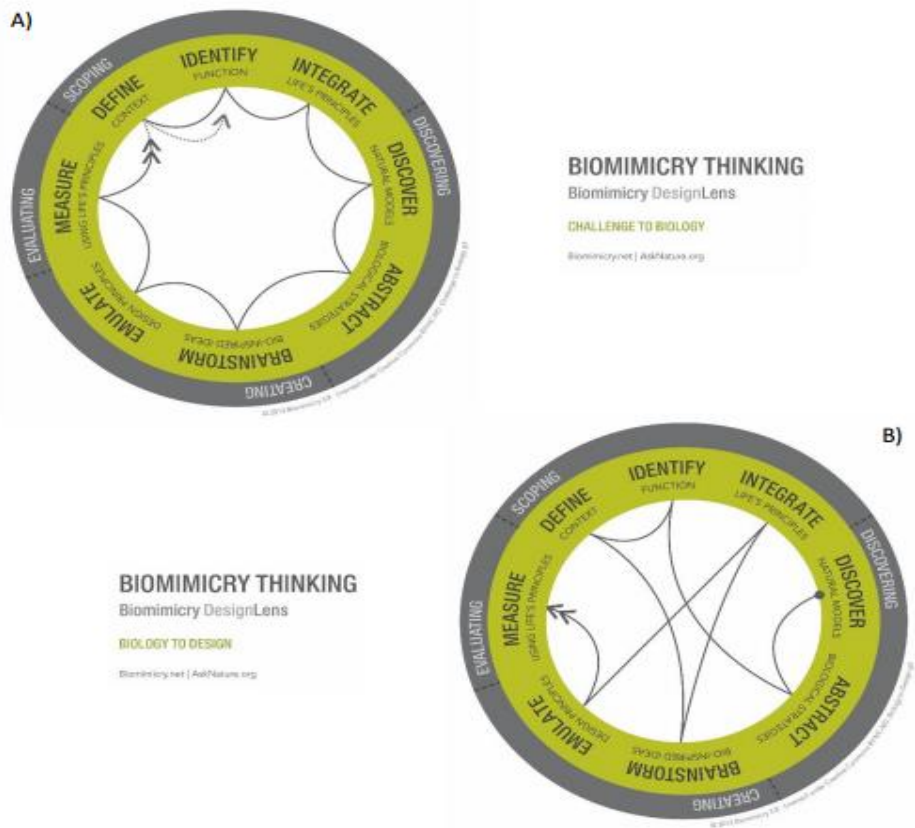


FIGURA 20. BIOMIMICRY DESIGN LENS. A. DEL DESAFÍO A LA BIOLOGÍA. B. DE LA BIOLOGÍA AL DISEÑO. FUENTE: BIOMIMICRY THINKING: BIOMIMICRY 3.8, 2014.

BIOTRIZ

Este método se traduce como "Teoría de resolución Inventiva de Problema", desarrollada en Rusia alrededor de los años 50. Es una recopilación de métodos, que aseguran la definición de un problema a nivel funcional; posteriormente precisa indicadores dirigidos a soluciones exitosas e innovadoras. Se basa en 40 características técnicas y 4 pasos. (Rusia, 1970).

- 1- Definición del problema mediante una analogía funcional.

Ejemplo:

Problema: ¿Cómo me sujeto a una superficie mientras me muevo?

Pregunta biológica ¿Cómo escala un árbol un gato?

Pregunta técnica ¿Cómo retenerse en hielo?

2- Revelar contradicciones

Contradicción a resolver. ¿Cómo incrementar fuerza de agarre en el piso sin ayuda de peso?	
Solución naturaleza: Garra de gato	Solución técnica: Llanta (patente)
No. 1 Segmentación Garra dividida acojinada No. 3 Cualidad local Filoso No. 17 Otra dimensión Contacto en superficie 3D	No. 1 Segmentación Llanta estriada No. 8 Anti-peso Llanta inflable No. 18 Vibración mecánica Uso de caucho o plástico blando.
Contradicción a resolver. ¿Cómo sostenerse cuando es necesario?	
Solución naturaleza: gato	Solución técnica: Botas para caminar en el hielo (patente)
No. 19 Acción periódica El felino puede utilizar sus garras solo cuando trepa No. 15 Dinámica El movimiento acciona el mecanismo de sus garras	No. 15 Dinámica Zapatos para caminar en el hielo (patente) No. 30 Corazas flexibles y láminas delgadas El uso de navajas o picos facilita caminar No. 2 Eliminar Cuando no es necesario se aprieta un botón.

3- Comparar soluciones biológicas con soluciones de ingeniería

4- Generar la solución biomimética

Diseñar el elemento que sea análogo a la naturaleza usando tecnología. Probando diferentes combinaciones

Principios de Inventiva Triz o Biotriz	
<ul style="list-style-type: none"> • Principio 1. Segmentación • Principio 2. Eliminar • Principio 3. Calidad Local • Principio 4. Asimetría • Principio 5. Anexar • Principio 6. Universalidad • Principio 7. "Muñeca Rusa" • Principio 8. Anti-peso • Principio 9. Anti-acción Preliminar • Principio 10. Acción Preliminar • Principio 11. Acolchonado Previo • Principio 12. Equipotencialidad • Principio 13. 'Al revés' • Principio 14. Esferoidal/Curvatura • Principio 15. Dinamismo • Principio 16. Acciones Parciales o Excesivas • Principio 17. Otra dimensión • Principio 18. Vibración Mecánica • Principio 19. Acción Periódica • Principio 20. Continuidad de acción útil 	<ul style="list-style-type: none"> • Principio 21. Saltarse/Brincarse • Principio 22. "No hay mal que por bien no venga" o "Convertir limones en limonada" • Principio 23. Retroalimentación • Principio 24. Intermediario • Principio 25. Autoservicio • Principio 26. Copiar • Principio 27. Objetos baratos efímeros • Principio 28. Mecanismos de sustitución • Principio 29. Neumática e Hidráulica • Principio 30. Corazas flexibles u láminas delgadas • Principio 31. Material Poroso • Principio 32. Cambios de Color • Principio 33. Homogeneidad • Principio 34. Descartar y Recuperar • Principio 35. Cambios de Parámetros • Principio 36. Transiciones de fase • Principio 37. Expansión Térmica • Principio 38. Oxidantes Fuertes • Principio 39. Atmosfera Inerte • Principio 40. Materiales Compuestos

FIGURA 21. PRINCIPIOS DE INVENTIVA TRIZ. FUENTE: DAVID SÁNCHEZ RUANO, DISEÑO Y BIOMIMÉTICA, 2010.

METODOLOGÍA DE BIODISEÑO

Esta metodología propone tres tipos de modelos para el biodiseño, diseñada a partir del trabajo del biólogo Janitzio Égido, buscando el objetivo creativo del diseño.

(Égido Janitzio, 2012) Égido Janitzio Villareal contempla el siguiente método que consta de tres pasos clave:

- 1- Entidad biológica (aquello que se va a estudiar)
 - Forma, estructura, función
 - Relación con el ambiente (comportamiento)
 - Relación con la historia natural
 - Análisis de literatura biológica

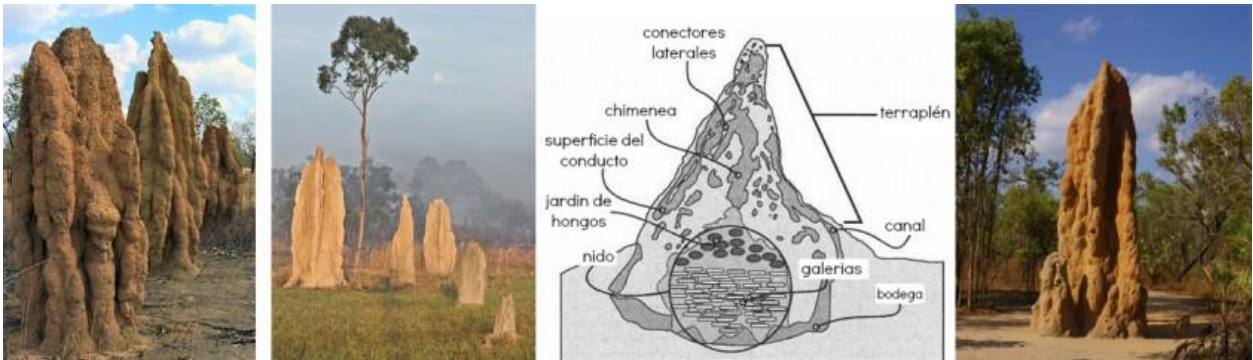
- 2- Modelo Lógico
 - Análisis de la interpretación y abstracción del objeto biológico
 - Proceso creativo (diseño y desarrollo, bocetos, prototipos)

- 3- Aplicación del diseño
Aplicación de la solución de acuerdo a lo estudiado.

CASOS APLICADOS BIOMIMÉTICOS

Como lo menciona Nicolás Boulosa (2011) en su artículo sobre diseños que imitan la naturaleza, dentro de los casos aplicados de diseño biomimético podemos enumerar los siguientes ejemplos:

- Un edificio de oficinas en Zimbabwe llamado Eastgate Centre que se termo regula al imitar el diseño de los enormes termiteros de las termitas africanas, reduciendo el uso de energía eléctrica para sistemas de aire acondicionado. Estos funcionan mediante los principios básicos de termorregulación:
 - *Orientación norte-sur
 - *Morfología: como chimenea disipando el aire caliente hacia arriba y renovando el aire más frío.



Fuente: noarquitectura.com y hipernova.cl

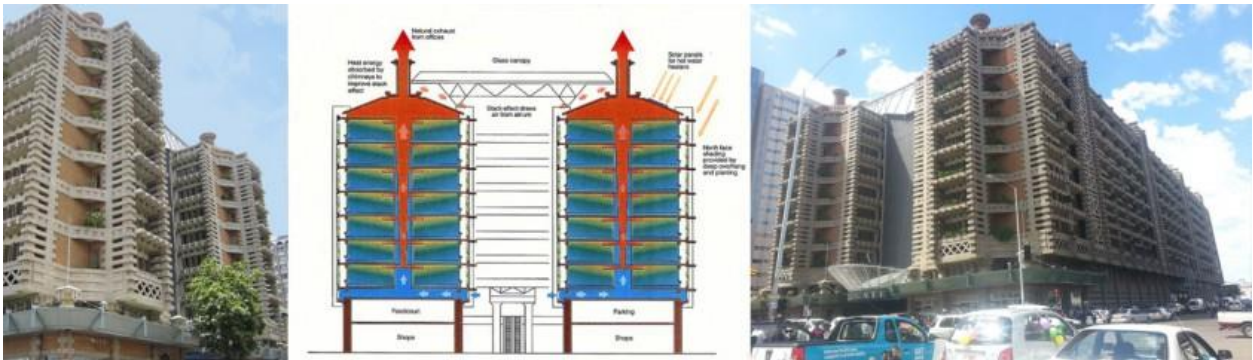


FIGURA 22. EASTGATE CENTER, MICK PEARCE. FUENTE: INHABITAT.COM.

- Imitación de los patrones cromáticos de la naturaleza para crear alfombras modulares e intercambiables haciendo sencillo reparar o cambiar un módulo evitando contraponer al carácter aleatorio de la naturaleza.
- Trajes de baño con tela diseñada imitando la fricción de la piel del tiburón, reproduciendo el diseño aerodinámico e hidrofóbico de la piel de estos animales.

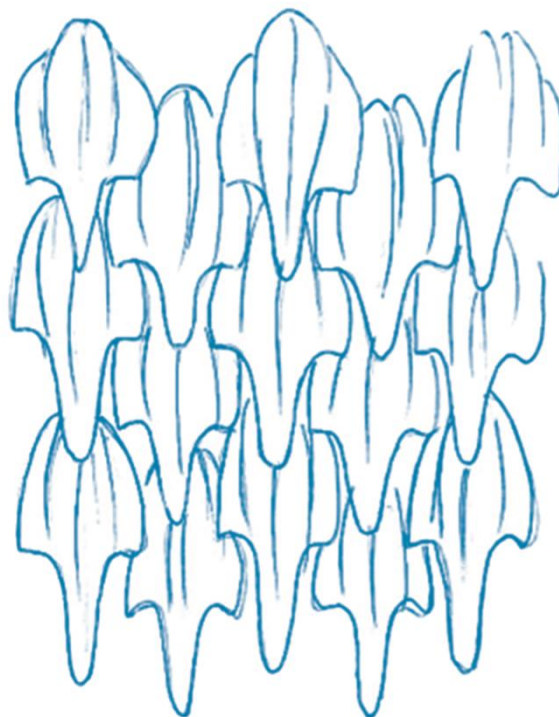


FIGURA 23. DIAGRAMA DE LAS ESCAMAS PLACOIDEAS DE UN ESCILIORRÍNIDOS, MOSTRANDO SU FORMA DE DIENTE, CAROLIN ZEHNE. FUENTE: [HTTPS://WWW.SCIENCEINSCHOOL.ORG/](https://www.scienceinschool.org/).

- Velcro como cinta adhesiva reusable, usa el diseño biomimético para reproducir la adherencia de las patas del camaleón con pequeños gramajes con almohadillas adhesivas en las extremidades que permiten adherir o sujetarse a otras superficies.
- Turbinas con muescas imitando a la aleta de una ballena; generando corrientes con vórtices consecutivos que mejoran la destreza y facilidad para el movimiento. Reduciendo 32% la fricción y aumentando 8% la eficiencia.
- Pintura repelente al agua y a la suciedad repitiendo la estructura de la flor de loto que con su característica hidrofóbica, resbala los líquidos de su superficie provocando la limpieza de sus pétalos arrastrando las partículas y bacterias.
- Tren bala que reproduce el chapuzón del martín pescador al zambullirse con rapidez y precisión en arroyos y ríos. Es decir, se estudió la aerodinámica del pico, la disposición del cuello y la cabeza para reducir fricción, ruido y energía.

CASOS APLICADOS DE FOTOCATÁLISIS. MÉTODOS EXISTENTES DE PURIFICACIÓN DEL AIRE

CONCEPTOS BÁSICOS DE FOTOCATÁLISIS

La fotocatalisis es el proceso mediante el cual un fotocatalizador captura fotones del espectro UV cercano y proporciona electrones excitados. Cuando se desactiva, genera una reacción química orgánica que desata la degradación oxidativa. En otras palabras, el proceso natural de fotocatalisis permite aprovechar la radiación solar para provocar una cadena de reacciones químicas.

La fotocatalisis fue descubierta en Japón y nace del principio biomimético de la fotosíntesis. La fotocatalisis permite la descontaminación gracias a la luz solar, eliminando otros contaminantes en el medio ambiente como NO_x, SO_x, COV_x, moléculas estudiadas en el primer capítulo que forman los gases de efecto invernadero.

La fotocatalisis es una reacción que convierte la energía solar en energía química, y siempre debe estar presente en un material semiconductor que permita acelerar la velocidad de reacción.

VARIABLES AMBIENTALES DE LA FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA:

Radiación solar	La velocidad de reacción es directamente proporcional a la radiación solar recibida, por lo tanto, mientras mayor radiación solar reciba la superficie fotocatalítica, se producirá una mayor reducción de contaminantes.
Brillo solar	La duración del brillo solar representa el tiempo total durante el cual incide luz solar directamente sobre alguna superficie.
Humedad relativa	Interviene en la formación de radicales hidroxilos. Estudios comprueban que una máxima eficiencia fotocatalítica se da para valores de 40-50% de humedad relativa.
Temperatura	Se ha comprobado que a temperaturas muy bajas menos a 0 °C o mayores a 70°C el rendimiento fotocatalítico disminuye.
Velocidad del viento	A mayor velocidad del viento, habrá un menor rendimiento fotocatalítico, es debido a que a altas velocidades del viento, disminuye el contacto de los contaminantes con las superficies fotocatalíticas.

FIGURA 24. VARIABLES AMBIENTALES DE LA FOTOCATÁLISIS. FUENTE: DEGRADACIÓN DE ÓXIDOS DE NITROGENO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA FOTOCATALÍTICA USANDO NANOPARTICULAS DE TiO₂. JAIRO FERNANDEZ. 2020.

Durante el proceso de fotocatalisis, el semiconductor expuesto a la luz del sol, absorbe fotones con mayor energía e inyecta electrones de valencia para la banda conductora.

De acuerdo a J.M. Herrmann (2005) "La fotocatalisis heterogénea es una disciplina que incluye una gran variedad de reacciones: oxidaciones suaves o totales, deshidrogenación, transferencia de hidrógeno, intercambio isotópico de oxígeno (con ¹⁸O) e hidrógeno (con deuterio), depósito de metales, descontaminación de agua, remoción de contaminantes gaseosos, acción bactericida, etc. Usada para descontaminación o desinfección, se la puede considerar como una de las nuevas Tecnologías Avanzadas de Oxidación (TAO) para los tratamientos de

purificación de aire y agua. La fotocatalisis heterogénea puede realizarse en diferentes medios: fase gaseosa, fases líquidas orgánicas puras o disoluciones acuosas.”

La diferencia con una catálisis convencional es el modo de activación del catalizador, debido a que la activación fotónica reemplaza a la térmica. Herrmann (2005).

Conforme a Carbajo Olleros (2013): “El proceso fotocatalítico está basado en la excitación de un sólido catalítico, normalmente un semiconductor de banda ancha como el TiO_2 , mediante la absorción de luz de distintas longitudes de onda.”

El proceso funciona de la siguiente manera. Cuando un catalizador semiconductor SC de tipo calcogenuro (óxidos o sulfuros) es iluminado con fotones cuya energía es igual o superior a la de la energía del bandgap EG ($h\nu = EG$), ocurre una absorción de estos fotones y una creación dentro del conjunto de pares electrón-hueco, que se disocian en fotoelectrones libres en la banda de conducción y en fotohuecos en la banda de valencia. Simultáneamente, en presencia de una fase fluida (gas o líquido), ocurre una adsorción espontánea y, dependiendo del potencial redox (o nivel de energía) de cada adsorbato, se verifica una transferencia de electrones hacia las moléculasceptoras, mientras que un fotohueco positivo es transferido a una molécula donadora (en realidad la transferencia del hueco corresponde a la cesión de un electrón por parte del donador al sólido). $h\nu + (SC) \rightarrow e^- + h^+$ (1) $A(\text{ads}) + e^- \rightarrow A(\text{ads})^-$ (2) $D(\text{ads}) + h^+ \rightarrow D(\text{ads})^+$ (3) Cada ion formado subsiguientemente reacciona para formar los intermediarios y los productos finales. Como consecuencia de las reacciones (1-3), la excitación fotónica del catalizador aparece como el primer paso de la activación de todo el sistema de catálisis. De allí que el fotón eficiente debe considerarse como un reactivo y el flujo de fotones como una fase fluida especial, la fase electromagnética. La energía del fotón debe adecuarse a las propiedades de absorción del catalizador, no de los reactivos. La activación del proceso pasa por la excitación del sólido, pero no por la de los reactivos: no hay proceso fotoquímico en la fase adsorbida sino un verdadero régimen fotocatalítico heterogéneo. Herrmann (2005).

El estudio realizado por Herrman, en 2005, menciona que “los catalizadores existentes y que generalmente se han utilizado en procesos básicos de catalización son los llamados calcogenuros (óxidos y sulfuros), estos son: TiO_2 , ZnO , CeO_2 , ZrO_2 , SnO_2 , Sb_2O_4 , CdS , ZnS , etc. Se observa en general que los mejores desempeños fotocatalíticos, con máximos rendimientos, se obtienen siempre con dióxido de titanio, siendo el más común.”

El catalizador es esencial en el proceso; por sí solos las partículas contaminantes del ambiente, no son capaces de capturar fotones y reaccionar a ellos. Los catalizadores mencionados anteriormente, pueden absorber el espectro solar a longitudes de onda, sin embargo, el ozono no absorbe por encima de 300 nm.

En 1976, Carey realizó uno de los primeros estudios acerca de la eliminación de contaminantes en fase acuosa y gaseosa y no fue hasta los años 80, cuando se empezó a analizar la opción para la eliminación de contaminantes por medio de estos procesos.

No obstante, esta técnica es útil si se cumplen las siguientes condiciones:

“**Concentración orgánica máxima de varios cientos de mg L⁻¹.** Los procesos de fotodegradación son eficientes cuando la concentración de los contaminantes es media o baja, hasta unos cientos de ppm de compuestos orgánicos. El límite de este rango varía con la naturaleza de los contaminantes, la fotocatalisis no es normalmente una opción conveniente si las concentraciones superan el valor de 1 g/L a no ser que se realice una dilución previa.

Contaminantes no biodegradables. Los tratamientos biológicos son en general más económicos, pero si los contaminantes no son biodegradables, los procesos fotocatalíticos pueden constituir una alternativa de muy valiosa.

Contaminantes peligrosos presentes en mezclas de compuestos orgánicos complejos. Una de las principales ventajas de la fotocatalisis es su escasa o nula selectividad. Si bien el proceso puede usarse para tratar aguas que contienen un único contaminante, sus ventajas comparativas aumentan cuando es necesario tratar mezclas complejas.

Contaminantes cuyo tratamiento convencional es difícil. La fotocatalisis es especialmente útil en aquellos casos en los que los métodos convencionales son complejos y/o costosos.” Blanco 2001

FOTOCATÁLISIS CON TiO₂

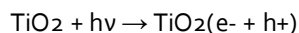
El dióxido de titanio (TiO₂) ocurre en la naturaleza en varias formas: rutilo (estructura tetragonal), anatasa (estructura octahédrica) y brookita (estructura ortorrómbica). El dióxido de titanio rutilo y el dióxido de titanio anatasa se producen industrialmente en grandes cantidades y se utilizan como pigmentos, catalizadores y en la producción de materiales cerámicos.

El dióxido de titanio tiene gran importancia como pigmento blanco por sus propiedades de dispersión, su estabilidad química y su no toxicidad. El dióxido de titanio es el pigmento inorgánico más importante en términos de producción mundial.

Propiedades

El dióxido de titanio es un semiconductor sensible a la luz que absorbe radiación electromagnética cerca de la región UV. El dióxido de titanio es anfotérico, muy estable químicamente y no es atacado por la mayoría de los agentes orgánicos e inorgánicos. Se disuelve en ácido sulfúrico concentrado y en ácido hidrofúrico.

“El dióxido de titanio Degussa P-25 es el estándar en aplicaciones medioambientales para fotocatalisis, tiene un área superficial específica de 50+-15 m² g⁻¹ y un diámetro medio de partícula de 21 nm. El 90% del material se encuentra formando agregados complejos de aproximadamente 0’1 μm de diámetro. Los potenciales de banda de valencia y de conducción del Degussa P-25 se han calculado en +2.9 y -0.3 V, respectivamente, a pH=0. El dióxido de titanio absorbe radiación en el UV cercano (λ<380 nm) generando pares electrón/hueco”: (Pey Clemente, 2001)



Respecto a la luz, es posible que ésta es suministrada de forma natural o a través de luz ultravioleta artificial.

Algunas funciones y campos de estudio de la fotocatalisis son los siguientes:

Función	Campos básico	Efecto primario	Ejemplos prácticos
---------	---------------	-----------------	--------------------

Descomposición oxidativa	Limpieza del aire	Desodorización	Filtros de aire, aire acondicionado
		Eliminación de VOC	Asfaltos de carreteras, pavimentos de adoquines
		Eliminación de Nox	Persianas, cortinas, papel pintado
	Limpieza del agua	Eliminación de sustancias nocivas	Dispositivos de limpieza del agua para piscinas, aguas termales
		Eliminación de sustancias biológicas persistentes	Sistemas de limpieza de nutrientes para la agricultura hidroónica
		Eliminación de bacterias	Dispositivos de limpieza del agua de los ríos, los lagos, etc.
	Aplicaciones antibacterianas y esterilización	Eliminación de virus	Quirófanos, salas de hospitales
		Eliminación y acción antibacteriana	Catéteres
		Prevención de moho	Prendas de vestir, tales como uniformes, máscaras
Propiedades superhidrófilas	Antisuciedad, aplicaciones antivaho	Eliminación de contaminación por aceite	Exteriores de edificios, casas (azulejos y pintura)
		Prevención empañamiento	Telas para carpas, cristal para ventanas

		Autolimpieza	Espejos laterales para automóviles
			Barreras de sonido, cubiertas de cristal en la iluminación de túneles

FIGURA 25. APLICACIONES DE FOTOCALISIS. FUENTE: BREINCO SMART BLOG. (BREINCO, 2018)

CASOS APLICADOS EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En la búsqueda de desarrollar y crear nuevos productos con un alto valor de innovación y de respeto al medio ambiente, existen actualmente una serie de productos fundamentados sobre los procesos fotocatalíticos para la purificación de aire. En este capítulo estudiaremos Salud Activa, Air clean, Keim, Bionictile, entre otros. Por su liderazgo en el sector de construcción para el estudio integral de materiales con propiedades fotocatalíticas, que provocan un efecto descontaminante y autolimpiable, y reducen los NOx perjudiciales de la atmósfera. La asociación Ibérica de Fotocatálisis considera que los materiales de construcción certificados bajo normativas ISO pueden contribuir a la destrucción de un 89% de NOx.

BOYSEN KNOXOUT

De acuerdo al artículo Highly active photocatalytic Paint for NOx, 2014, la pintura Boysen que puede ser utilizada tanto en interior como en exterior, fue aplicada en París en un espacio de 1800 m2 e iluminado con luz fluorescente, teniendo como resultado una reducción del 90% de moléculas de NOx.

La misma pintura iluminada con lámparas UV presentó una reducción del 20% de NOx.

AIR CLEAN

De acuerdo a Air Clean Breinco, (empresa que desarrolla productos prefabricados de hormigón) sobre su producto adoquín fotocatalítico, éste permite la reducción de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos orgánicos en el aire, y por lo tanto contribuye a crear un entorno más saludable con un menor grado de polución. Este producto reduce la cantidad de contaminantes del aire que se encuentra por encima de él, es decir, la zona en la que se liberan emisiones de los tubos de escape de los vehículos. Con dichas superficies pavimentadas, el proceso de degradación de contaminantes mediante fotocatalisis que se produce de forma natural, se acelera más de treinta veces con respecto a la velocidad habitual.



FIGURA 26. PRINCIPIO FOTOCATALÍTICO SOBRE ADOQUÍN PREFABRICADO. BREINCO BLUE FUTURE. 2015

Se han realizado varios estudios para la comprobación de la eficiencia del producto. Uno de ellos en campo se basó en la comparación entre un callejón recubierto con adoquines Breinco y otro callejón con adoquines estándar. Se canalizó en cada uno de ellos la emisión de gases emitidos por un motor diésel. El estudio demostró lo siguiente:

Tasa de reducción de NO₂: 18%

Tasa de reducción de NO: 29%

“Durante el periodo de tiempo estudiado (4 meses), la intensidad lumínica se situó un 30 % por debajo del valor medio anual, debido a la nubosidad. Extrapolando los valores obtenidos, en condiciones medias lumínicas que caracterizan la Europa Central los resultados hubieran sido los siguientes: Tasa de reducción de NO₂: 25 % Tasa de reducción de NO: 41%. En estos resultados influye la dirección y la velocidad del viento. En ausencia de viento, los resultados de reducción de NO₂ y NO podrían llegar hasta el 70%.” (Breinco Blue Future, 2015)

PINTURA SALUD ACTIVA

Salud activa es una pintura con tecnología fotocatalítica diseñada para espacios interiores. De acuerdo a su ficha técnica actualizada en el 2016, reduce bacterias y hongos, elimina olores, contaminación y suciedad.

Conserva varias propiedades de una pintura arquitectónica común base agua, como son:

- Acabado mate
- Bajo olor en aplicación
- Lavable

- Buen poder cubriente

Sin embargo, de acuerdo a los consejos publicados por la marca se debe mantener al mínimo tiempo necesario las ventanas abiertas evitando así la entrada de contaminantes al interior.

BIONICTILE

Bionictile by Ceracasa “es un porcelánico con capacidad para reducir los perjudiciales óxidos de nitrógeno y HNO_3 que hay en el aire contaminado.”. (Bionictile, 2016)

De acuerdo a su ficha técnica, el cerámico reacciona con el proceso de fotocatalisis transformando el óxido de nitrógeno en nitratos inofensivos e inoocuos. En sus principales características se encuentra la reducción de hasta un 74% del HNO_3 de la lluvia ácida, así como la eliminación por m^2 de 270.91 microgramos de NO_x por hora.

PINTURA KEIM ECOSIL-ME

Es una pintura de silicato para uso interior con base mineral, capaz de reducir olores y sustancias nocivas (efecto fotocatalítico). “En el sector de la rehabilitación, permite una remineralización de fachadas para así romper el ciclo vicioso del repintado con pinturas basadas en resinas orgánicas” (Ficha técnica Ecosil-ME, 2016).

En base a la ficha técnica 484484 de Keim, descompone NO y NO_3 que son gases contaminantes generados por industrias, así como VOC provenientes de contaminantes. Además, el efecto fotocatalítico consigue reducir los hongos y bacterias. Está diseñada para zonas expuestas a mucho uso como edificios públicos, hospitales, almacenes, etc.

PINTURA

Pintura, puede ser definida como: Fluido que a temperatura ambiente puede aplicarse sobre una superficie mediante instrumentos adecuados, transformándose después de la aplicación en una capa sólida y consistente que queda adherida al substrato (Pintumaxx, 2017-2018).

La pintura ocupada para el revestimiento de superficies en la construcción se puede definir de acuerdo a **Revista Arqhys Arquitectura**, 2016, como una mezcla líquida, que aplicada por cualquiera de las tres formas existentes formen una película en la superficie de las cuales protege; generalmente suelen contener colorantes y además el revestimiento comúnmente logra ampliar la durabilidad de los materiales cubiertos, como en el caso de acero.

COMPOSICIÓN

Para entender mejor a la pintura y sus clasificaciones, tendríamos que definir los conceptos de aglutinante, resina, pigmentos y aditivos.

Aglutinante: "El aglutinante es una sustancia más o menos líquida y pegajosa que reúne las condiciones de aglutinar y adherir las partículas del pigmento sobre la superficie donde se aplica". (Senra Chema, 2012). Los aglutinantes pueden ser entre otros: aceites, ceras, colas, gomas, resinas. De acuerdo a EUAT de Sevilla, es el ingrediente que se encarga de la suspensión de los demás componentes, conseguir la adherencia de los demás elementos.

Resina: Para el uso arquitectónico regularmente se manejan las resinas; estas mismas también pueden ser de diferenciadas entre las resinas acrílicas, las resinas vinílicas y la mezcla de ambas como en las pinturas vinil-acrílicas. "La resina es una sustancia pastosa o sólida que se obtiene de manera natural a partir de una secreción orgánica de ciertas plantas" (Definición de: Definición de resina, 2011)

Los pigmentos son polvos finos producto de óxidos metálicos que proporcionan el color a la pintura; de ellos depende el poder cubriente y la estabilidad de la pintura. "Estos poseen un color propio y la mayoría presentan forma de gránulos intracitoplasmáticos. Sin embargo, algunos son solubles e inhiben difusamente los tejidos, como, por ejemplo, los pigmentos liposolubles, lopicromos." (Revista Arqhys.com, 2016)

Aditivos: Los aditivos son compuestos agregados para mejorar alguna de las propiedades de la pintura, como ejemplo pueden ser los secantes, fungicidas, anticorrosivos.

PINTURAS COMERCIALES DE USO ARQUITECTÓNICO

Las pinturas más populares usadas en el ramo de la construcción hoy en día, son aquellas en las que para su dilución se ocupa el agua. Éstas tienen grandes ventajas como el secado rápido, la fácil limpieza de herramientas después de ser usadas, y un olor más suave a comparación de las pinturas base solvente. Hoy en mercado podemos clasificarlas en vinílicas, acrílicas y vinil-acrílicas.

PINTURAS ACRÍLICAS DE USO ARQUITECTÓNICO

Las pinturas con resina acrílica se derivan de la polimerización de varios monómeros compuestos por ésteres de los ácidos acrílicos de metil acrílico con alcoholes.

Este tipo de pinturas de acuerdo a cuenta con propiedades óptimas de resistencia a la humedad, y pueden ser lavables.

PINTURAS VINÍLICAS DE USO ARQUITECTÓNICO

Las pinturas formuladas con resinas vinílicas se derivan a partir de monómeros de doble enlace, entre ellos: cloruro de vinilo, acetato de vinilo, cloruro de vinilideno. Polimerizan por una reacción térmica y por adición formando largas cadenas hidrocarbonatadas que dan como resultado mejoras en la adhesión.

En las resinas acrílicas de secado físico (termoplásticas), la TG o temperatura de transición vítrea debe ser igual o mayor a la temperatura ambiente.

APORTES DE LAS PINTURAS VINÍLICAS Y ACRÍLICAS AL AMBIENTE

Los recubrimientos en la arquitectura, tomaron un papel fundamental desde épocas ancestrales. Incluso los egipcios decoraban sus paredes en templos y tumbas con toques de color, permitiendo armonizar los espacios y guiar a los espíritus. Hoy, es un negocio en donde no solo se busca la armonía de espacios y los contrastes de tonos, sino también la protección de las superficies a los agentes del ambiente como humedad y temperatura. Las pinturas vinílicas y acrílicas convencionales contienen agentes sintéticos provenientes de la industria petroquímica que pueden afectar la salud tanto de las personas que aplican como las que habitan. Así como contener gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles (VOC). Aunque en el mercado ya podemos encontrar aquellas con menor cantidad de VOC, la métrica para los VOC en pinturas va de 5 a 200 unidades.

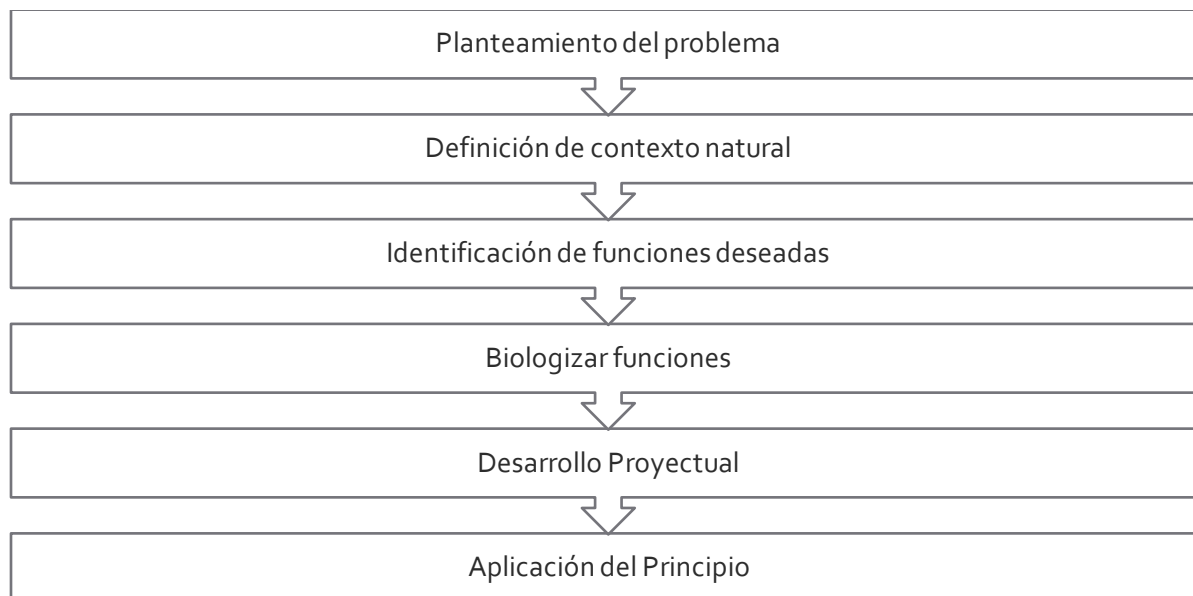
Sin embargo, según el cuadro de enfermedades profesionales relacionadas con la aplicación de pinturas y pigmentos del gobierno de España, podemos relacionar las siguientes enfermedades a continuación:

Rinoconjuntivitis, Alveolitís alérgica extrínseca (o neumonitis de hipersensibilidad), Síndrome de disfunción reactivo de la vía aérea, fibrosis intersticial difusa. Otras enfermedades de mecanismo impreciso (bisinosis, cannabiosis, yuterosis, linnosis, bagazosis, estipatosis, suberosis, etc.) Neumopatía intersticial difusa, Urticarias, angioedemas, asma, entre otras.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA PROPUESTA.

PROPUESTA DE DISEÑO CONCEPTUAL

A continuación, se presenta la propuesta de diseño conceptual para una metodología de Biodiseño, contemplando seis grandes etapas:



PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE BIODISEÑO DESGLOSADA

1 Planteamiento del Problema	
Objetivo:	Identificar las necesidades del cliente ya que son las bases funcionales del entregable
	1.1 Establecimiento del fenómeno o situación a analizar
	1.2 Diagnóstico de acuerdo al enfoque del bio-diseñador
	1.3 Descomposición de necesidades
	1.4 Jerarquización de necesidades en función de la incidencia que puede tener el diseño.
	1.5 Análisis de información y actuales soluciones (si las hay)
	1.6 Análisis de ventajas y desventajas de soluciones existentes.
	1.7 Definir las restricciones en el proceso actual
2 Definición de contexto natural	
Objetivo:	Comprender la importancia de la situación actual de entorno ambiental
	2.1 Situación actual del contexto natural
	2.2 Principales detonantes del problema en el contexto natural
	2.3 Características y elementos del contexto natural
	2.4 Análisis del impacto ambiental con la ejecución del entregable

2.5 Vientos, precipitación

3 Identificación de funciones deseadas	
Objetivo:	Definir la función principal a ejecutar
	3.1 Generar de la causa (necesidad), el efecto deseado
4 Biologizar funciones	
	4.1 Buscar prototipos biológicos comparables
	4.2 Revelar el comportamiento natural para su implementación en ingeniería
	4.3 Estudiar analogías naturales
	4.4 Describir el bio-protipo
	4.5 Investigación de tecnologías sustentables de optimización y eficiencia de recursos
5 Desarrollo proyectual	
Objetivo	Conceptualización del producto.
	5.1 Conceptualización o puentes con la biología.
	5.2 Generar alternativas conceptuales mediante modelos inspiradas en la biología
	5.3 Diseño inspirado en la naturaleza
	5.4 Selección de propuesta
	5.5 Selección de materiales adecuados de bajo impacto
	5.5.1 Revisión de proveduría limpia y fuente de materias primas
	5.5.2 Revisión de componentes de los materiales e impactos ambientales de ciclo de vida.
	5.6 Selección de tecnologías sustentables para el desarrollo optimizado y eficiente del entregable
	5.7 Diseño de procesos sustentables para la producción del entregable
	5.7.1 Diseño del entregable
	5.7.2 Gestión de residuos
	5.8 Desarrollo de la alternativa seleccionada (ingeniería y biología) - prototipos
	5.9 Comparar con los principios de la vida
6 Aplicación del principio	
Objetivo:	Verificar si reproduce un proceso natural a través del método diseñado y el efecto deseado.
	6.1 Comparación con el listado de principios de la vida
	6.2 Pruebas del prototipo, uso, función, localización de fallas.
	6.3 Inducción de mejoras de acuerdo a resultados del paso anterior
	6.4 Nuevas pruebas
	6.5 Validación del diseño y entregable
	6.6 Ejecución del entregable

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA DE BIODISEÑO PROPUESTA

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo para la metodología de biodiseño, que permite identificar las etapas clave del modelo.

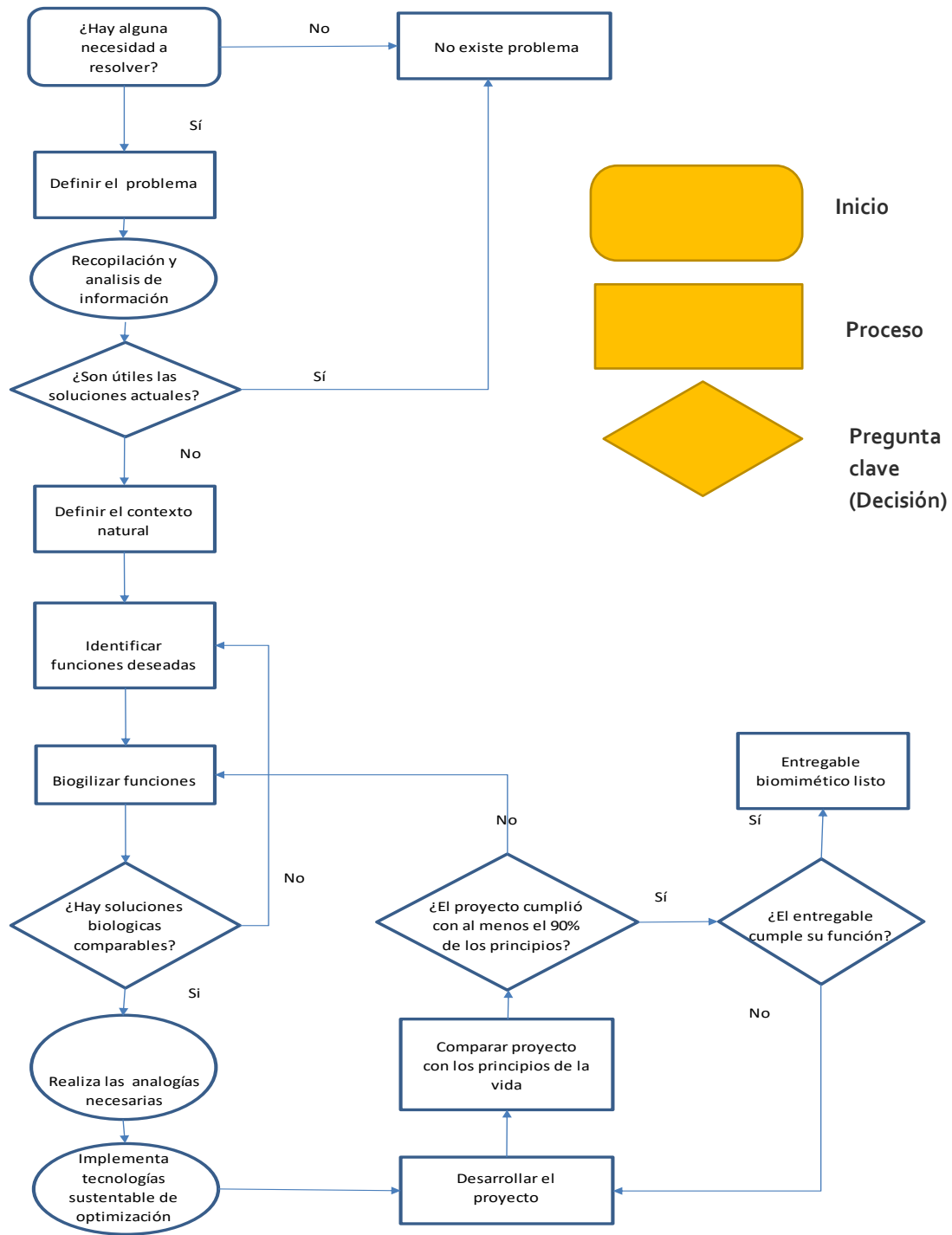


FIGURA 22. DIAGRAMA DE FLUJO METODOLOGIA DE BIODISEÑO. SANCHEZ PARTIDA ROMINA, 2021.

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DE BIODISEÑO PROPUESTA

Este apartado pretende presentar el desarrollo y aplicación de la metodología de biodiseño propuesta mediante la aplicación de pintura fotocatalítica para mejorar la calidad del aire en una de las principales zonas con altos índices de NOx en la Ciudad de México.

Los dos puntos críticos de NOx se destacan en la delegación Cuajimalpa e Iztapalapa, durante el primer semestre del año. Como caso de estudio se estudiará en la delegación Iztapalapa en el proyecto Museo Interactivo Infantil Iztapalapa.

PROYECTO APLICADO

1 Planteamiento del Problema:

Objetivo: Identificar las necesidades del cliente ya que son las bases funcionales del entregable

1.1 Establecimiento del fenómeno o situación a analizar.

En México, la contaminación ambiental va en aumento y actualmente los productos existentes "eco friendly" o sustentables no son suficientes para marcar una diferencia en el incremento constante de índices de contaminación de la Ciudad de México.

La huella ecológica de México es de 3.27 hectáreas per cápita.

Una de las delegaciones con mayor índice de dióxido de nitrógeno en Iztapalapa.

1.2 Diagnóstico de acuerdo al enfoque del biodiseñador.

Los productos de bajo impacto ecológico no son suficientes para generar una mejora en el proceso constructivo de las grandes ciudades; los reglamentos de regulación vehicular para disminuir los índices de GEI no han sido suficientes para mejorar la calidad del aire en la ciudad; las eco-tecnologías regularmente percuten en grandes inversiones y para el cliente final no son estrictamente necesarias como para ser adquiridas. Las leyes actuales que contemplan la reducción de los límites de velocidad, la extensa plancha de concreto de la mancha urbana, la actividad industrial concentrada, el deteriorado transporte público han incidido en el aumento de partículas contaminantes en el aire.

1.3 Descomposición de necesidades.

Una solución innovadora que sea de uso común.

Una solución que volumétricamente que no ocupe espacio útil para otra función.

Una solución que limpie y purifique el aire.

Un producto que contenga tecnología para agilizar el proceso natural de limpieza del aire.

1.4 Jerarquización de necesidades en función de la incidencia que puede tener el diseño.

Una solución que limpie y purifique el aire.

Una solución que volumétricamente no ocupe espacio útil para otra función.

Un producto que contenga tecnología para agilizar el proceso natural de limpieza del aire
 Una solución innovadora que sea de uso común.

1.5 Análisis de información y actuales soluciones (si las hay)

Comprende el marco teórico de esta investigación.
 Pág. 54 -60.

1.6 Análisis de ventajas y desventajas de soluciones existentes.

Comprende el marco teórico de esta investigación
 Pag 54 -60.

1.7 Definir las restricciones en el proceso actual

En la naturaleza, la fotosíntesis cumple con el mismo objetivo, sin embargo, hemos sobre pasado la capacidad de purificación de nuestras escasas áreas verdes en la Ciudad.
 En México, nuestra biocapacidad, que es el área de tierra productiva disponible para absorber residuos de dióxido de carbono presenta un déficit de -1.5 gha (hectáreas globales).

- La cantidad de desechos tóxicos generados superan la capacidad de manejo.
- El reglamento de “hoy no circula” si bien ha generado medidas para la disminución del parque vehicular y con ello la administración por días y horarios de uso del automóvil disminuyendo las emisiones, no es suficiente para mantener los % de gases efecto invernadero en bandas saludables.

2 Definición de contexto

Objetivo: Comprender la importancia de la situación actual de entorno ambiental

2.1 Situación actual del contexto

La alcaldía de Iztapalapa cuenta con una superficie de 117.5 km². En las zonas habitacionales se presenta la siguiente estructura de densidad:
 19% densidad alta de más de 250 habitantes/ha
 28% densidad media de entre 140 -230 habitantes/ha
 48% densidad baja de < 140 habitantes/ha
 5% remanente de zonas con grandes equipamientos.

Los espacios distribución de espacios corresponde a:

	Ha	%
Espacio construido	9851	87%
Áreas verdes, de valor ambiental o rescate ecológico	1456	13%



FIGURA 23. MAPA DE LA ALCALDÍA IZTAPALAPA. PROGRAMA DELEGACIONAL DE DESARROLLO URBANO.

2020

2.2 Principales detonantes del problema en el contexto natural

Ver tablas de contaminación -Situación Actual-

2.3 Características y elementos del contexto natural

De acuerdo a la INAFED, la Ciudad de México representa el .01% de la superficie total del territorio nacional con una superficie de 1500 km², en donde 48% de esta superficie corresponde a un área urbana y 52% a superficie rural. Se encuentra rodeada de la cordillera de la Sierra Madre Oriental, formando una barrera física natural que limita la circulación el aire. Debido a esto y a su localización geográfica de 19° de latitud norte que obtienen abundantes radiaciones solares, resultando en una atmósfera altamente fotorreactiva, lo que facilita la formación de ozono y otros oxidantes.

Para Iztapalapa la mayor parte de la superficie es plana.

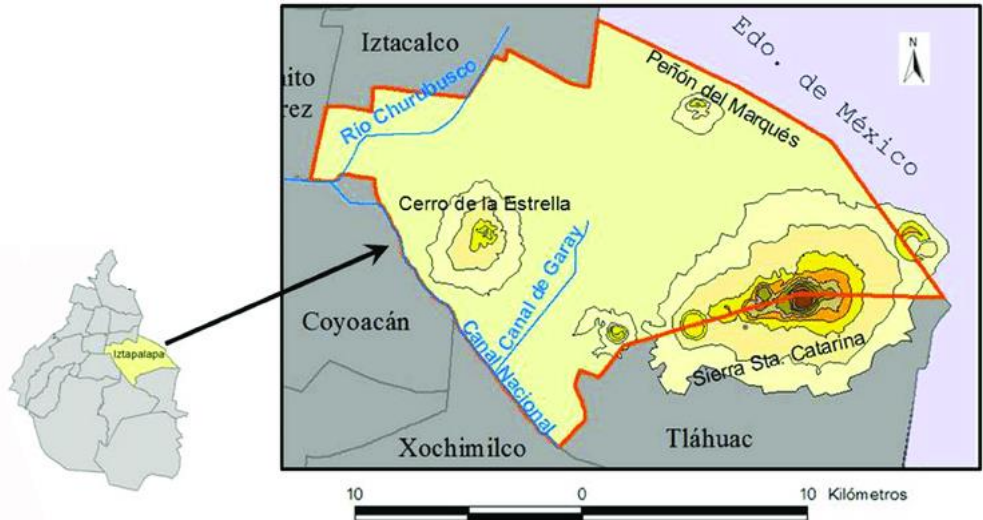


FIGURA 24. MAPA TOPOGRÁFICO DE LA DELEGACIÓN IZTAPALAPA. PROGRAMA DELEGACIONAL DE DESARROLLO URBANO. 2020

2.4 Análisis del impacto ambiental con la ejecución del entregable

De acuerdo a *Programa para mejorar la calidad del aire en el Valle de México 1995-2000* "En el valle de México se encuentran instaladas más de 40,000 industrias, de las cuales 5,000 se consideran altamente contaminantes y 400 son críticas en cuanto a la producción de contaminantes; el parque vehicular, que se considera el responsable del 80% de la contaminación"

Hipótesis: Si se diseña un plan de implementación y aplicación de una pintura fotocatalítica en el nuevo museo interactivo del niño de Iztapalapa, con una superficie de construcción de 9,491 m², por consiguiente, se conseguirá una reducción que provocaría la disminución de NOx beneficiando directamente a más de 5 mil personas diarias.



FIGURA 25. VISTA VOLUMÉTRICA Y POSICIÓN GEOGRÁFICA DEL MUSEO DEL NIÑO DE IZTAPALAPA. SPRB+MX_SI. 2020



FIGURA 26. ALZADO NORTE DEL MUSEO DEL NIÑO DE IZTAPALAPA. SPRB+MX_SI. 2020

2.5 Vientos, precipitación

El 73% de la superficie presenta clima templado subhúmedo, localizado en los valles altos del norte, centro y este; el 21% es cálido subhúmedo y se encuentra hacia el suroeste, el 6% seco y semiseco, presente en el noreste, y 0.16% clima frío. La temperatura media anual es de 14.7°C; las temperaturas más bajas se presentan en los meses de enero y febrero son alrededor de 3.0°C. La temperatura máxima promedio que se presenta en abril y mayo es alrededor de 25°C. Las lluvias se presentan durante el verano en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de 900 mm anuales.

La Ciudad de México es geográficamente un valle por lo que ciertas épocas del año las corrientes de aire no tienen la velocidad suficiente para dispersar las partículas contaminantes del aire. Fuente INEGI 2016

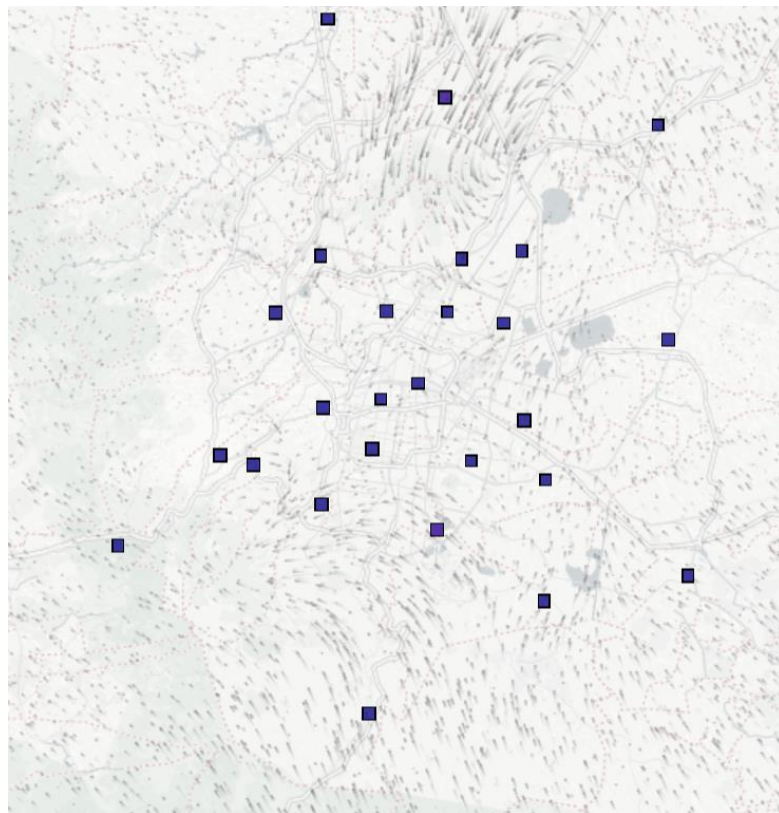


FIGURA 27. MAPA DE VIENTOS DOMINANTES EN LA CIUDAD DE MÉXICO. FUENTE: HOYO DE SMOG. 2021

En Iztapalapa el promedio de velocidad del viento es de 5 m/s con una dirección noreste – suroeste la mayor parte del año.

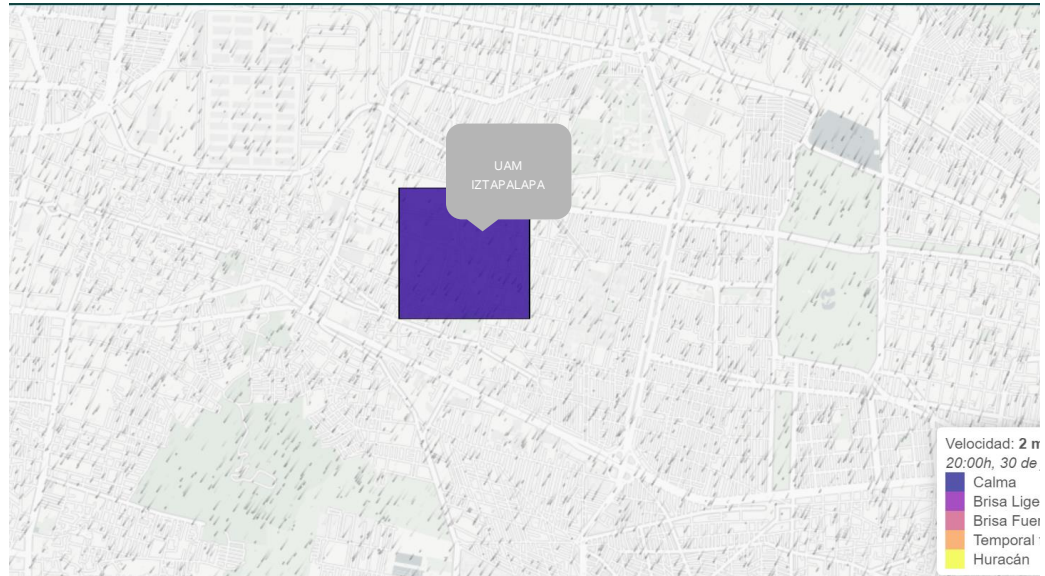


FIGURA 28. MAPA DE VIENTOS DOMINANTES ESTACION IZTAPALAPA. HOYO DE SMOG, 2021.

3 Identificación de funciones deseadas

Objetivo: Definir la función principal a ejecutar

3.1 Generar de la causa (necesidad), el efecto deseado

La calidad del aire en el Valle México presenta una cantidad importante de gases efecto invernadero. En Iztapalapa, las emisiones a la atmósfera representan 162,090 toneladas al año y en orden de importancia los óxidos de nitrógeno ocupan el tercer lugar. Por lo tanto el efecto deseado es la implementación de un proyecto que permita la purificación del aire.

4 Biologizar funciones

4.1 Buscar prototipos biológicos comparables

- La naturaleza purifica el aire por medio del ozono; el ozono es un agente y un oxidante.
- Los rayos de las luces ultravioletas del sol funcionan como destructores de virus, bacterias y hongos. Los rayos UV también pueden reaccionar con exceso de ozono convirtiéndolo en oxígeno puro.
- La humedad entre un 40% y 60% minimiza el efecto de bacterias y alérgenos.
- La fotosíntesis/ fitodegradación, permite transformar un sustrato inorgánico en materia orgánica. La energía lumínica se transforma en energía química. (Biotecnología, 2006)

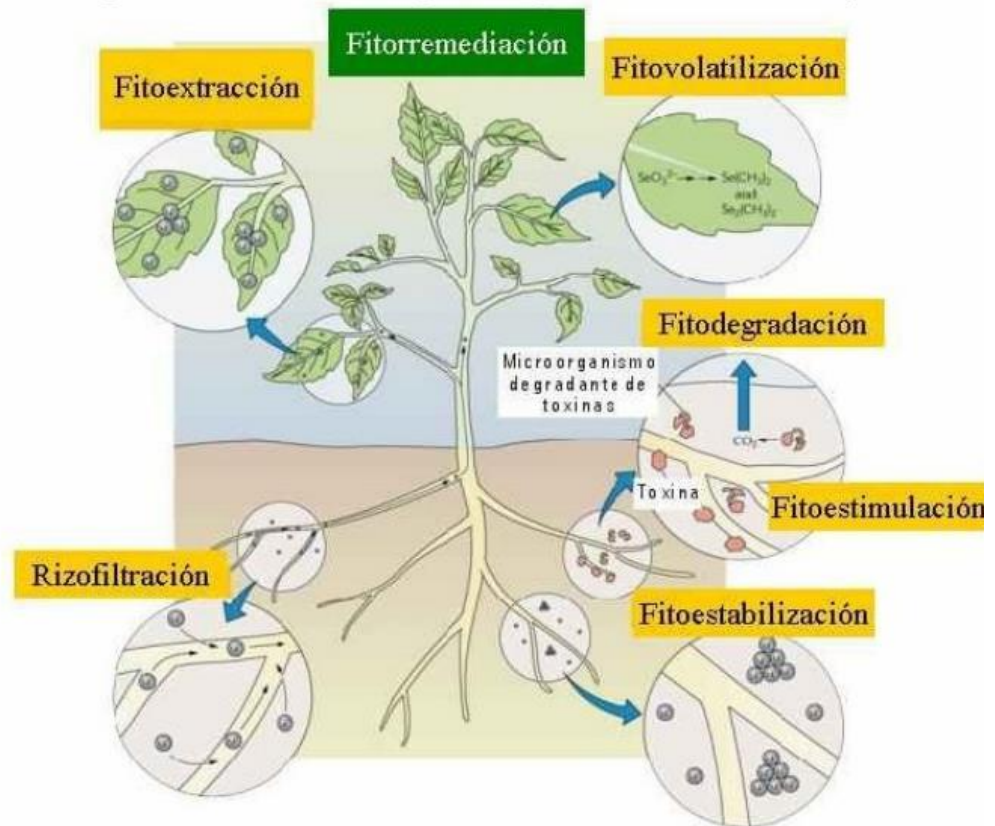


FIGURA 29. TIPOS DE FITOREMEDIACIONES. BIORREMEDIACIÓN: ORGANISMOS QUE LIMPIAN EL AMBIENTE. CUADERNO DEL POR QUÉ BIOTECNOLOGÍA. 2016.

4.2 Revelar el comportamiento natural para su implementación en ingeniería

El CO₂ es absorbido por las hojas y el agua se absorbe a través de las raíces, (son los dos componentes principales). Además de otros minerales y sustancias.

Reacción:

Romper el CO₂ para obtener carbono es un proceso difícil, ya que, en lugar de liberar energía al romperse, es necesario que se le aplique energía. Para ello, la planta utiliza la energía solar para obtener energía y generar reacciones. Debido a que la energía solar no puede almacenarse dentro de contenedores en el vegetal; esta energía es almacenada en forma molécula, en sus enlaces. Esta molécula se llama ATP; con ella será posible que se realicen las reacciones.

Producción:

Al concluir el proceso de la fotosíntesis, la planta obtendrá azúcares (glucosa), con los que al juntarlos, podrá crear moléculas más grandes y útiles para sobrevivir y crecer: celulosa y almidones.

En lo que comprende al oxígeno (obtenido al separar el CO₂), es un producto no ocupado por la planta después de la reacción por lo que se libera.

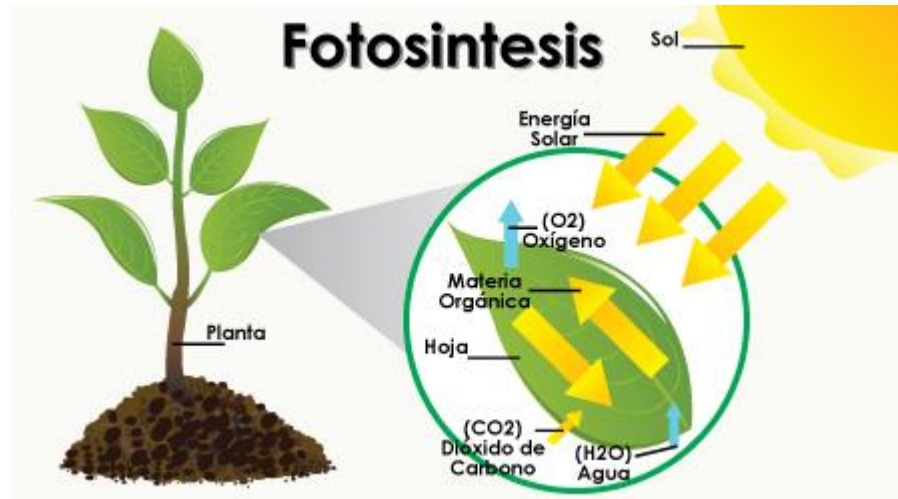


FIGURA 30. MODELO RESUMIDO DE FOTOSÍNTESIS FUENTE: FUNDAMENTOS DE FISIOLÓGIA VEGETAL, 2000.

4.3 Describir el bio-prototipo

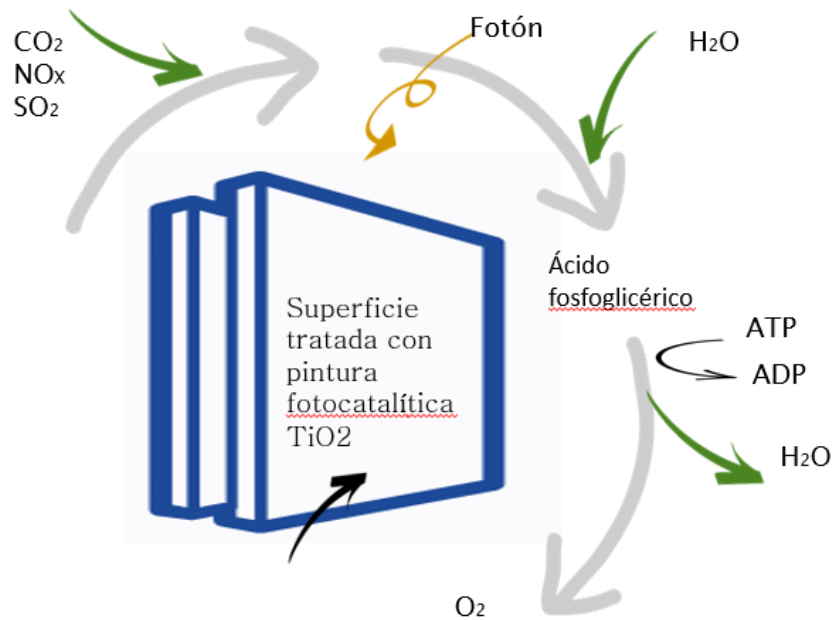


FIGURA 31. MODELO RESUMIDO DE REACCIÓN FOTOCATALÍTICA EXTERIOR MEDIANTE LA MOLÉCULA TiO₂. SÁNCHEZ PARTIDA, ROMINA. 2020.

Después de descomponer las moléculas contaminantes, devolver O2 al ambiente

4.4 Investigación de tecnologías sustentables de optimización y eficiencia de recursos

Comprende el capítulo: CASOS APLICADOS DE FOTOCATÁLISIS. MÉTODOS EXISTENTES DE PURIFICACIÓN DEL AIRE. Pag 51-57

5 Desarrollo proyectual

Objetivo Conceptualización del producto o proyecto
vo

5.1 Conceptualización o puentes con la biología.

FOTOSÍNTESIS / FOTOCATÁLISIS

5.2 Generar alternativas conceptuales mediante modelos inspiradas en la biología

- Domos que permitan controlar la humedad de alcaldías completas.
- Lámparas ultravioletas que repliquen la función de los rayos solares.
- Pinturas fotocatalíticas que permitan reacciones entre la película del recubrimiento y las moléculas del aire, propiciando la purificación medio.

5.3 Diseño inspirado en la naturaleza

Se comprueba en marco teórico.

5.4 Selección de propuesta

- ✓ Aplicación de pintura fotocatalítica en fachadas del museo interactivo infantil.

5.5 Selección de materiales adecuados de bajo impacto

Análisis pintura fotocatalítica ambiente sano graphenstone® (Graphenstone, 2021)

5.5.1 Revisión de proveeduría limpia y fuentes de materia prima

✓	Reportes de sostenibilidad corporativa
✓	EPR – Responsabilidad extendida de producto
✓	Contenido reciclado

5.5.2 Revisión de componentes de los materiales e impactos ambientales de ciclo de vida.

Categorías posibles a analizar:

✓	Análisis del ciclo de vida
✓	Declaración ambiental del producto
✓	Formación de ozono y huella de carbono
	Potencial de calentamiento global

5.6 Selección de tecnologías sustentables para el desarrollo optimizado y eficiente del entregable

- ✓ Pintura fotocatalítica ambiente sano ambiren pro premium graphenstone® cumple con las características anteriores.

5.7 Diseño de procesos sustentables para la producción del entregable

5.7.1 Diseño del entregable

5.8 Desarrollo de la alternativa seleccionada (ingeniería y biología)

Los revestimientos fotocatalíticos obtienen mejores rendimientos considerando los siguientes factores:

- Vientos moderados o superficies que no reciban los vientos dominantes, a manera que las moléculas puedan hacer contacto con la superficie tratada.
- Temperaturas promedio de 15°C
- Humedad entre 40% - 50%

Por lo tanto, las superficies verticales viables no deben considerar fachadas noreste.

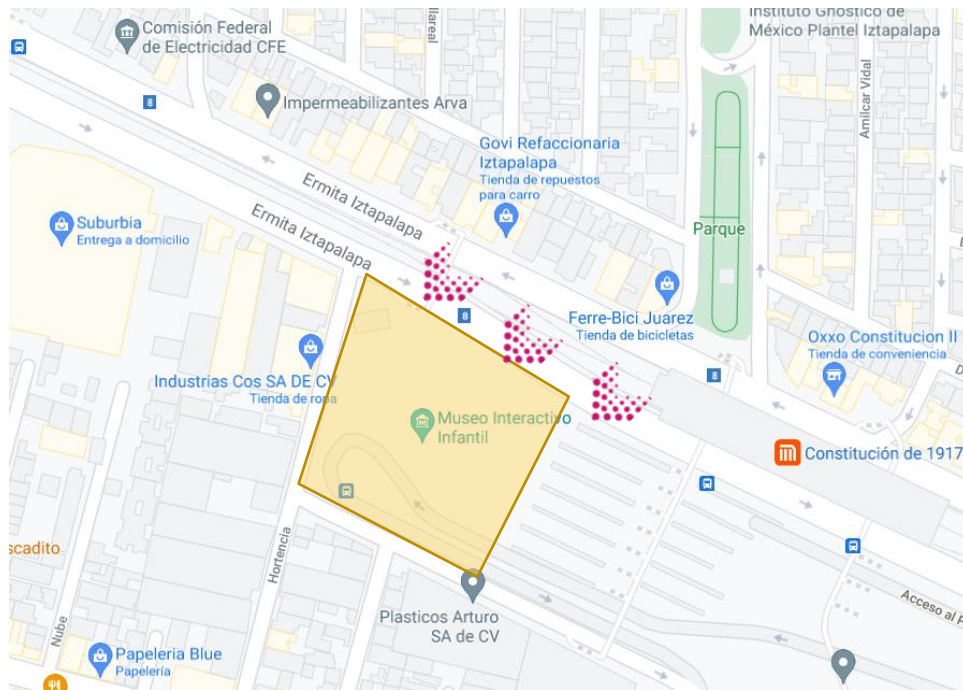


FIGURA 32. UBICACIÓN DEL PREDIO Y DIRECCIÓN DEL VIENTO, ALCALDIA IZTAPALAPA. GOOGLE MAPS. 2021.



FIGURA 33. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO, FACHADAS CLAVE PARA APLICACIÓN DE PINTURA FOTOCATALÍTICA. SPRB+MX_SI. 2020.



FIGURA 34. FACHADAS NORTE. FACHADAS CLAVE PARA APLICACIÓN DE PINTURA FOTOCATALÍTICA EN ALZADO. SPRB+MX_SI. 2020.

5.8 Comparar con los principios de la vida

Patrones de la vida o principios básicos de la biología	Comparación proyecto: aplicación de pintura fotocatalítica	Estado
La naturaleza adapta la forma a la función	Función principal: Purificación del aire mediante fotocatalisis utilizando elementos arquitectónicos, en este caso, las fachadas del museo interactivo infantil de Iztapalapa	Cumple
La naturaleza está en sintonía con el ámbito local y es sensible al entorno	Respondiendo a las necesidades de salud por la contaminación del aire, así como a las necesidades de impacto social del entorno. El proyecto se encuentra en sintonía.	Cumple
La naturaleza construye utilizando recursos que son abundantes e incorpora recursos escasos solo con moderación		
La naturaleza usa procesos químicos y materiales que son seguros para los seres vivos	El proceso químico de fotocatalisis reduce la contaminación del aire, oxidando el Nox	Cumple
La naturaleza provee beneficios recíprocos		Cumple
La naturaleza tiende a optimizar en vez de maximizar		
La naturaleza demanda y se adapta a lo local		
La naturaleza recicla materia		
La naturaleza utiliza sólo la energía que necesita	Los análisis de ciclo de vida efectuados previamente para materia prima, hacen cumplir el principio.	Cumple

ANÁLISIS DE RESULTADOS :

De acuerdo a la información técnica y estudios encontrados sobre la pintura fotocatalítica para conocer los mg/m² x hora de NO_x se concluye:

“Un m² elimina 27,091 mg de NO_x cada hora (test 1:1 feb Ceam)”

Superficie total de construcción. 20,000 m² Superficie fachadas fotocatalíticas del museo previamente identificadas: 26,000 m² (cálculo de 130 mts de largo x 25 metros de altura). Por lo tanto:

27.091 mg de NO _x cada hora		
NO ₂ eliminado por 26,000 m ² por hora:	NO ₂ eliminado por día considerando 6 horas diarias de luz solar directa (por posición):	NO ₂ eliminado por año:
704,366.00 mg	4,226,196.00 mg	1,542,561,540.00 mg
1,542,561,540.00 mg	es igual	1.54 Toneladas

Al año, la Ciudad de México tiene una emisión de 140607 toneladas de NO_x, requeriríamos un total de 100 millones de m² de superficies con pintura fotocatalítica en reacción de 6 horas para lograr la eliminación del 10% de las emisiones anuales.

Los puntos considerados en la metodología se resumen en:

Etapas	Propósito	Resultados
Planteamiento del problema	Identificar las necesidades del cliente ya que son las bases funcionales del entregable.	Identificación clara y precisa del problema.
Definición del contexto natural	Comprender la importancia de la situación actual del entorno ambiental.	Comprensión del entorno, sus ventajas y desventajas.
Identificación de funciones deseadas	Definir la función principal a ejecutar.	Análisis claro y detección general del efecto deseado.
Biologizar funciones	Investigar prototipos biológicos comparables a las funciones deseadas.	Razonamiento de los procesos naturales .

Desarrollo proyectual	Conceptualización del producto.	Fomentar el uso de materia prima limpia que disponga de información del ciclo de vida.
Comparar con los principios de la vida	Re-enfoque de propuesta mediante comparación con los principios de la vida.	Prototipos que utilicen solo la energía que necesiten, que se adapten a la función, que reciclen, que demanden la experiencia local y sin exceso.
Aplicación del principio	Ejecución del entregable.	La metodología propuesta se fundamenta en el proceso de diseño para mejorar la eficiencia de entregables, respetando el medio ambiente. Como resultado, se obtienen mejoras en la calidad humana acompañado de un desarrollo sostenible, respetando la naturaleza y disminuyendo la huella ecológica.

CONCLUSIÓN

El uso de analogías comparables entre biología e ingeniería, permiten hacer, diseñar y crear nuevas herramientas y procesos que actúen y reflejen las reacciones y procesos de la naturaleza. Esta naturaleza que en su transcurso no ha fracasado en millones de años y ha mantenido un ciclo sustentable a lo largo de generaciones.

En definitiva, esta investigación comprende y propone una metodología de diseño aplicable para la creación de productos o entregables biomiméticos. Analizando la pintura fotocatalítica exterior que sea capaz de reaccionar como la fotosíntesis en la naturaleza en una forma sintética, es decir: que procese a través de la catalización de TiO_2 y otros compuestos, adicionados desde el proceso de fabricación de la pintura, y mediante la luz solar, las moléculas contaminantes del ambiente; provocando la descomposición de partículas GEI como NO_x

En resumen, este trabajo contempla un cúmulo de investigación de metodologías de diseño existentes, frecuentemente utilizadas en la ingeniería, previamente citadas, examinadas, estudiadas y ordenadas. De estas metodologías comparadas entre sí y sustrayendo sus ventajas y desventajas; se definió una metodología para ser útil y adaptable a cualquier producto/ proyecto biomimético, mediante etapas claras y definidas en la metodología de diseño biomimético.

Con el fin de lograr los objetivos planteados, se desarrolló la aplicación de la metodología en un proyecto estratégico diseñado para un impacto social en la delegación Iztapalapa; adicional, es demostrable que estos proyectos pueden estar diseñados con un compromiso de responsabilidad ambiental para disminuir la huella ecológica.

CAPÍTULO 4. SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS.

RECOMENDACIONES.

Abordar líneas de investigación alternas como:

- Proyectos de investigación para reproducir el efecto en contaminantes como dióxido de azufre.
- Mediante la metodología propuesta, basar un nuevo diseño biomimético para replicar artificialmente y con bajo consumo la absorción y limpieza del agua replicando el proceso de las raíces de los árboles.
- Disminuir la huella ecológica aplicando la metodología propuesta en proyectos de vivienda vertical y comercial masiva en grandes ciudades.

BIBLIOGRAFÍA

- Afame-Martínez, S., & Henkel-Reyes, R. (2012). *Análisis de la fase de caracterización y diagnóstico del subsistema natural de los ordenamientos* (Vol. vol. 14). (Quivera, Ed.) Toluca, México.
- AkzoNobel. (s.f.). *¿Qué es un VOC?* Obtenido de International: <http://www.yachtpaint.com/esp/diy/ask-the-experts/qu%C3%A9-es-el-voc.aspx>
- Archer, B. (1963-1964). El método sistemático para diseñadores. *Design*.
- ARQHYS.com, R. (12 de 2012). *Pintura y construcción*. Obtenido de <http://www.arqhys.com/construccion/pintura-construccion.html>
- Asimow, M. (1970). *Introduction to Design*. California.
- Asociación Ibérica de la Fotocatálisis. (2016). *Soluciones fotocatalíticas para la construcción*. Obtenido de Nuevo concepto de construcción sostenible con impacto ambiental positivo: <http://fotocatalisis.org/keim---aif---asociaci%C3%B3n-ib%C3%A9rica-de-fotocat%C3%A1lisis.html>
- Biotecnología, P. E. (2006). *El Cuaderno de Por Qué Biotecnología*. Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_biotec__25656.pdf
- Boullosa, N. (09 de Marzo de 2011). *Biomimética: 10 diseños que imitan la naturaleza*. Obtenido de Fair: <https://faircompanies.com/articles/biomimetica-10-disenos-que-imitan-la-naturaleza/>
- Breinco. (Mayo de 2018). *Breinco Smart Blog*. Obtenido de Breinco Smart Blog: <https://www.breinco.com/breincosmartblog/fotocatalisis-contaminacion-controlada/>
- BTC Chemical Distribution. (2015). *BTC Europe*. Obtenido de SILICATOS > COMO INHIBIDORES DE CORROSIÓN: <http://www.btc-europe.com/es/PT/solution-finder/industria/pintura-industrial-de-automocion/proteccion-de-metales-y-anticorrosiva/various-silicates/silicates-for-corrosion-inhibition/>
- Cachutt, C. I. (2008). *NÁLISIS DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA MEDIANTE GRÁFICOS DE CONTROL INTEGRADO*. Obtenido de Universidad, Ciencia y Tecnología: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212008000400003
- Calderón Rodríguez, F. (2012). *Polímeros*. Obtenido de Macromoléculas Gigantes y su fabricación y aplicaciones: <https://polimers.wordpress.com/2012/02/09/secantes-para-pinturas-transmitidas-por-agua-2/>
- Carbajo Olleros, J. (2013). Aplicación de la fotocatálisis solar a la degradación de contaminantes orgánicos en fase acuosa con catalizadores nanoestructurados de TiO₂. En *Tesis*.
- Chugoku Marine Paints, L. (2012). *Chugoku Marine Paints, Ltd.* Obtenido de Social & Environmental Report : http://www.cmp.co.jp/library/pdf/english/eco/en_2012/social_environmental_2012_en_09.pdf
- Escobar, F. R. (02 de Octubre de 2008). *Aplicación de TRIZ en diversas áreas*. Obtenido de <http://panchoriveros.blogspot.mx/2008/10/aplicacin-de-triz-en-diversas-reas.html>

- España, G. d. (2006). *Ministerio del trabajo e inmigración*. Obtenido de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2006/1299_2006/Anexos/Grupo%204%20Enf%20prof%20inhalaci%C3%B3n%20sustancias%20agentes%20o%20otros%20apartados.pdf
- FERNANDEZ, J. (2020). *DEGRADACIÓN DE OXIDOS DE NITROGENO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PINTURA FOTOCATALITICA USANDO NANOPARTICULAS DE TIO₂*. AREQUIPA, PERÚ.
- Gamboa, C., & Valdés, S. (2009). *CAMBIO CLIMÁTICO, Estudio del Marco Teórico Conceptual, su regulación a Nivel. México*, DF: DIRECCIÓN DE SERVICIOS DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, CÁMARA DE DIPUTADOS.
- Graphenstone. (2021). *Ficha técnica y manual de aplicación Pintura fotocatalítica ambiente sano*. Obtenido de Graphenstone: <https://www.graphenstone.com/pdf/FTMA-PINTURA-FOTOCATALITICA-AS-ES15.pdf>
- Gutiérrez, C. (2006). *catarina.udlap.mx*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_d_l_a/tales/documentos/lic/gutierrez_g_go/capitulo4.pdf
- Herrmann, J. M. (s.f.). *Destrucción de contaminantes orgánicos por fotocátalisis heterogénea*. Obtenido de SOLAR WATER: http://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/10_Capitulo_10.pdf
- HOYO DE SMOG. (30 de JUNIO de 2021). Obtenido de HOYO DE SMOG: <https://hoyodesmog.diegovalle.net/es/wind.html#10/19.4385/-99.1383>
- Impernet . (2009). *Pinturas de Edificios* . Obtenido de Pinturas vinílicas y acrílicas: <http://www.pinturadeedificios.com.mx/blog/pinturas-vinilicas-y-acrilicas.html>
- J. Azcón-Bieto, M. T. (2000). *undamentos de Fisiología Vegetal*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana.
- Keim. (Agosto de 2006). KEIM SOLDALIT® Ficha Técnica. Barcelona.
- Keim. (05 de Agosto de 2016). KEIM Ecosil®-ME fichas de seguridad. Barcelona.
- Kroenke, D., & Auer, D. (2009). *Database Concepts*. New Jersey: Prentice Hall.
- Lukarov. (23 de Julio de 2012). *Fabricar Pinturas*. Obtenido de Fabricar Pinturas: <http://fabricarpinturas.com/blog/resinas-acrilicas.php>
- Lukarov. (23 de Julio de 2012). *Fabricar Pinturas*. Obtenido de Fabricar Pinturas: <http://fabricarpinturas.com/blog/resinas-vinilicas.php>
- Lukarov. (23 de Julio de 2012). *Todo sobre fabricar pinturas*. Obtenido de Fabricar Pinturas: <http://fabricarpinturas.com/blog/resinas-acrilicas.php>
- Marín-Loaiza, C., & Céspedes, C. (2007). COMPUESTOS VOLÁTILES DE PLANTAS. ORIGEN, EMISIÓN, EFECTOS, ANÁLISIS Y APLICACIONES AL AGRO. *Revista Fitotecnia Mexicana*, págs. 327-351.
- MATERIALES II, E. D. (2016). *Pinturas*. Sevilla.
- México, S. d. (Lunes de Agosto de 2014). *Bases de datos- Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA) 2014*. Obtenido de <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc='aKBj'>

- México, S. d. (Lunes 15 de agosto de 2016). *Aire Ciudad de México*.
- México, S. d. (Lunes 15 de Agosto de 2016). *Aire Ciudad de México*. Obtenido de <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc='aKBhnm1='&opcion=Zg==>
- México, S. d. (Lunes 15 de Agosto de 2016). *Datos derivados del monitoreo atmosférico*. Obtenido de Catálogo de estaciones 2014: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc='aKBj'>
- México, S. d. (Lunes 15 de Agosto de 2016). *Datos derivados del monitoreo atmosférico*. Obtenido de Catálogo de parámetros 2014: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc='aKBhnm1='&opcion=Zg==>
- México, S. d. (Lunes de Agosto de 2016). *Índice de la Calidad del Aire (horarios) 2014*. Obtenido de <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc='aKBj'>
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2011). *Definición*. Obtenido de Definicion.de: <http://definicion.de/resina/>
- PEY CLEMENTE, J. (2008). *APLICACIÓN DE PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA (FOTOCATÁLISIS SOLAR PARA TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES TEXTILES)*. Valencia: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- Real, S. C. (2015). *Propuesta y aplicación de un método de diseño inspirado en la naturaleza*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Resene . (2015). *The paint the professionals use*. Obtenido de Qué es pintura: <http://www.resene.co.nz/whatispaint.htm>
- RESENE. (s.f.). *RESENE*. Obtenido de the paint the professional use: <http://www.resene.co.nz/whatispaint.htm>
- Restrepo, V. (2010). *Pinturas y certificación Leed un desafío*. Medellín, Colombia.
- Rodríguez, G. (2015). *Manual de diseño Industrial*. México: Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.
- Rodríguez Moralez, L. (2004). *Diseño, estrategia y táctica*. México: Siglo XXI.
- Rodríguez, I. S. (2011). *Aplicación de teoría Triz para el desarrollo de un nuevo producto*. Orizaba: Instituto Tecnológico de Orizaba.
- Sánchez Ruano, D. (2010). *Diseño y biomimética, Simbiosis para la innovación sustentable*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Secretaría de Gobernación. (2010). *Ley General del equilibrio ecológico y protección al ambiente*. México: Secretaría de Gobernación.
- Senra, J. M. (12 de 09 de 2012). *mytaleiteach*. Obtenido de My Talei Teach: <https://mytaleiteach.com/2012/09/12/aglutinantes-y-disolventes/>
- Stair, R., & Reynolds, G. (2001). *Principles of Information Systems*. Boston: Course Technology.
- Unidas, Naciones. (1987). Informe Brundtland. *Naciones Unidas*.
- VARGAS, r. S. (2011-10-14). *Patente n° PCT/MX2011/000125*.

VARGAS, S. J. (2013). *Patente Europea (EP) Patente nº WO2013055198 A1*.

Vilchis, C. (1999). *Diseño: universo de conocimiento. Teoría General del Diseño*. México: Qartuppi, S. de R.L. de C.V.

Zinc Nacional. (2016). *Especificación del producto*. Obtenido de Oxido de Zinc:
<http://www.zincnacional.com/dl/oxzinal-802-es.pdf>