

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA

TRADICIÓN LUMÍNICA QUE VUELA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES
EN ARQUITECTURA

DISEÑO DE ILUMINACIÓN ARQUITECTÓNICA
2019

Trabajo terminal que para obtener el grado de especialista en
Diseño de Iluminación Arquitectónica presenta:

Edith Angélica Vidal Saldaña

Ciudad de México

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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





TRADICIÓN LUMÍNICA QUE VUELA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES
EN ARQUITECTURA

DISEÑO DE ILUMINACIÓN ARQUITECTÓNICA
2019

Trabajo terminal que para obtener el grado de especialista en
Diseño de Iluminación Arquitectónica presenta:

Edith Angélica Vidal Saldaña





Directora de Trabajo Terminal:

Mtra. Mirta Ripol Bermúdez

Sinodales:

Dra. Cecilia Guadarrama Gándara

Mtra. Miriam García Alcántara

Mtra. Aurora Tostado Jiménez

D.I. Luis Enrique González Figueroa



... “porque la única gente que me interesa es la que está loca, la gente que está loca por vivir, loca por hablar, loca por salvarse, con ganas de todo al mismo tiempo, la gente que nunca bosteza ni habla de lugares comunes, sino que arde, arde, arde como fabulosos cohetes amarillos explotando igual que arañas entre las estrellas” ...

(Jack Kerouac, *En el camino*. 2004).



AGRADECIMIENTOS

Comencé a descubrir la iluminación arquitectónica en el año internacional de la luz (2015). Después de mi servicio social y de ir a varios eventos organizados por la Illuminating Engineering Society (IES) en el 2017 me enteré de la Especialización en Diseño de Iluminación Arquitectónica de la UNAM.

El año que cursé esta especialización estuvo lleno de retos constantes y personas maravillosas. En esta quinta generación hubo ejercicios muy interesantes que culminan con los trabajos terminales que desarrollamos. Este trabajo terminal surgió de lo que para mí fue un evento inesperado dentro de la cotidianidad. La curiosidad de conocer cómo es que había luces flotando en un evento espectacular "Los juegos olímpicos de invierno" presentados en 2018.

El desarrollo de este trabajo requirió de esfuerzo, disciplina y paciencia, tanto de mi parte como de las personas que me rodean. Como siempre, mi familia me impulsa a hacer siempre lo mejor que pueda en cualquier situación.

El apoyo de mi directora y sinodales ha sido de gran importancia para llegar hasta esta etapa. Dentro de esta especialización conocí y aprendí de compañeros experimentados, llenos de talento, creatividad e ideas que espero que también se puedan manifestar de esta forma y que las que se puedan se lleguen a materializar.

También fue un tiempo divertido y de autoconocimiento.

Dicen que la vida te ubica con las personas que necesitas. Aquí conocí a quien me apoya e impulsa a ser mejor en todo momento.

Para quien necesite consultar este trabajo como referencia: compañeros de la especialización, diseñadores, arquitectos o quien esté leyendo. Aquí puedo decirles que no ha sido un proceso sencillo, espero que se vaya mejorando y simplificando para ustedes. Pero también les digo que no se rindan, que el haber cursado esta especialización y llevar este tema hasta estas instancias me ha abierto oportunidades que no me hubiera imaginado antes, así que vale la pena.

Siempre estamos en contacto con luz, la luz es espacio. Influye en nosotros nos damos cuenta o no. Mientras más estudiamos, más nos damos cuenta de todo lo que nos falta por comprender.

Cada creación es influenciada por todos los
que nos rodean.

Muchas gracias

ÍNDICE

1. Presentación.....	3
Planteamiento del problema.....	3
Justificación.....	4
Hipótesis.....	4
Objetivos.....	4
Metodología.....	5
2. Marco teórico.....	6
Explotando como arañas entre las estrellas a través del tiempo.....	6
De la guerra a lo imposible.....	8
Luces flotantes.....	10
Hablemos de colores.....	11
¿Qué se quiere transmitir?.....	14
3. Caso de estudio.....	16
Análisis de sitio.....	16
Análogos.....	26
Enfoque.....	29
Anteproyecto.....	33
Luz, dinamismo, interacción.....	33
Plano D-01.....	36
Plano D-02.....	37
Un relato de la nación.....	38
4. Propuesta de iluminación.....	47
Luz en el evento.....	47
Tecnología.....	49
L-02 Ghost Drone 2.0.....	50
5. Conclusiones.....	51
6. Anexos.....	53
Fichas técnicas.....	53
Control de drones.....	57
Circular CO-AV-23-10-R4.....	59
Prototipo Happiness Lighting Drone.....	62
7. Bibliografía.....	64



PRESENTACIÓN

Introducción

En México se utilizan fuegos artificiales en diversos eventos masivos espectaculares. Algunos de los más importantes son el día de la independencia en la Plaza de la Constitución de la Ciudad de México, festividades navideñas y religiosas.

Planteamiento del problema

La Ciudad de México es una de las más contaminadas del mundo. Usar pirotecnia incrementa este problema por los componentes químicos que se esparcen en el aire que respiramos empeorando su calidad, lo que afecta la salud de sus habitantes.

Como habitante de la ciudad he podido vivir los efectos adversos causados por la mala calidad del aire como enfermedades respiratorias que pueden llegar a causar la muerte. Además, causan accidentes en las fábricas que los producen por las explosiones que ocurren por el uso de pólvora.

en esta gráfica una calidad de aire mala o muy mala. El resto del año hay fluctuaciones entre mala, muy mala, regular y buena por otros motivos, pero el que se aborda en este trabajo es el del uso de pirotecnia.

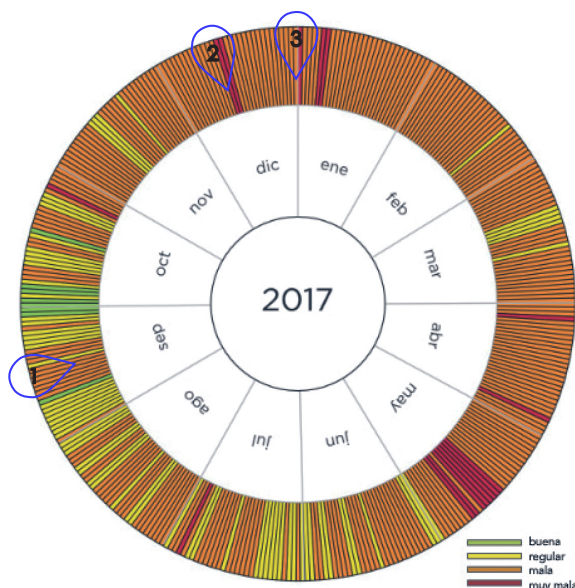
En la fecha en la que se elabora este trabajo se ha popularizado el tema del peligro por la mala calidad del aire de la Ciudad de México. "Contingencia ambiental extraordinaria" así le llamaron las autoridades ya que se registraron niveles peligrosos nunca antes vistos de partículas que también son emitidas por los fuegos pirotécnicos al estar en el aire.

La utilización de fuegos artificiales es una tradición internacional. Los colores, los sonidos, las sensaciones que produce son algo que se debe conservar porque transmite mensajes maravillosos a través de la luz y el sonido. Por esta razón no se debe eliminar esta tradición, sino conservarla y mejorarla.

En la imagen de la derecha se marcan tres fechas:

1. 15 y 16 de septiembre: Día de la Independencia de México.
2. 12 de diciembre: Día de la Virgen de Guadalupe.
3. 31 de diciembre: celebraciones por fin de año.

Se marcan en estas fechas porque ahí se celebran festividades importantes que usan pirotecnia. Los días subsecuentes muestran



En esta gráfica se muestra el Índice metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) por mes en el año 2017. (Sistema de monitoreo atmosférico, 2017).

PRESENTACIÓN

Justificación

Promover un cambio en el uso de pirotecnia por alternativas tecnológicas es necesario por los problemas producidos por su creación, propulsión y detonación.

Para producir los colores que se ven en cada espectáculo de pirotecnia se usan componentes químicos que resultan ser tóxicos para los seres vivos. Los contaminantes se miden en México por instrumentos gubernamentales como RAMA (Red Automática de Monitoreo Atmosférico) y REDMA (Red Manual de Monitoreo Atmosférico).

Estos nos indican que en las fechas mencionadas anteriormente los contaminantes llegan a niveles peligrosos para la salud.

Hipótesis

Al incluir drones controlados y programados a distancia que emiten luz en eventos masivos se contribuirá a reducir contaminación ambiental, disminuir las emisiones de elementos químicos a la atmósfera y provocar emociones positivas en los asistentes.

Objetivos

🌀 General:

Plantear una propuesta de iluminación tecnológica lo suficientemente relevante y llamativa para sustituir la pirotecnia en eventos masivos de la Ciudad de México.



Índice de los contaminantes del aire que muestran la calidad de acuerdo con su concentración. *Estas clasificaciones se muestran en la actualización del año 2017 de la norma del índice de la calidad del aire (Sistema de monitoreo atmosférico, 2017).

✿ Específicos:

Conocer los acordes cromáticos a usar en el evento para provocar emociones positivas.

Proponer un proyecto itinerante e interactivo que incluya la utilización de drones.

Metodología

Este trabajo incluye un marco teórico con dos temas: se introduce a los drones, su uso en eventos lumínicos y una investigación acerca de la implementación de colores para producir emociones en los usuarios.

Posteriormente se revisa un caso de estudio donde se realiza un análisis de sitio del Zócalo de la Ciudad de México en la festividad del día de la Independencia, para después determinar un enfoque y luego realizar una propuesta de iluminación efímera en este gran evento masivo.

Se eligió este evento por ser uno de los más concurridos del año, y ahí presentar esta tecnología a miles de personas para que, en un futuro, se considere su uso en otras festividades más pequeñas. En el análisis de sitio se consideran aspectos importantes para realizar una propuesta de iluminación de acuerdo con las particularidades del lugar.

El enfoque se decidió conceptual por el uso de colores específicos para evitar el rechazo a los drones, la integración de imágenes representativas de esta festividad, música y efectos de sonido que contribuyan a una inmersión de los asistentes en este evento.

Es importante integrar la tecnología de los drones con las características más adecuadas para realizar un evento de esta magnitud. Se consideró el uso de una aplicación con la cual se pueden controlar algunas funciones de los drones para incluir una parte interactiva al hacer participar a algunos asistentes. Se tomaron en cuenta errores humanos y fallas de la aplicación o del software.

Se realizó el sembrado de la escena que verán los asistentes al llegar al evento. Al considerar la calidad de las imágenes a presentar y los costos o problemas de logística que representa utilizar una gran cantidad de drones se contemplan varias opciones. En el momento de la implementación del proyecto se elegiría la opción más adecuada al evento.

MARCO TEÓRICO

Este marco teórico inicia con una breve historia del uso de la pirotecnia. Se explica el problema que hay por la emisión de contaminantes, continúa con una historia de los drones y su inclusión en shows lumínicos.

Después se trata el tema de los colores: la forma en que influyen en nosotros y los significados que les atribuimos al combinarse con otros.

Explotando como arañas entre las estrellas a través del tiempo.

Todo comenzó en China con un accidente como muchos descubrimientos. Cuando se lanzó un pedazo de bambú al fuego y explotó porque el aire en el interior se expandió. En el año 200 a.C. se creyó que esto espantaba a los espíritus y se comenzó a utilizar este método para rituales religiosos. (QUO, 2014).



Representación de la creación de la pirotecnia en China. (PersonalMag, 2014).

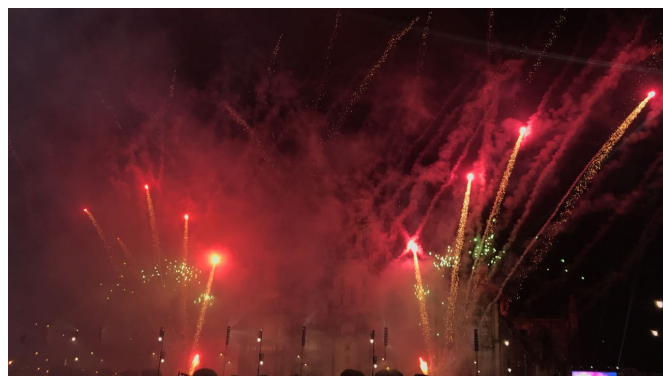
Después, al combinar azufre, carbón, salitre y posteriormente prenderle fuego se causó una explosión. A esta combinación de componentes se le agregaron rocas y metales, a lo que se le llamó pólvora. Con ella se hicieron bombas, armas para ataque y defensa entre el año 500 y 900. (QUO, 2014).

Posteriormente se cambió el uso de la pólvora. Cuando los fuegos artificiales llegaron a Europa en el Renacimiento se empezaron a usar las explosiones orientadas a festividades. (QUO, 2014)

Se expandió su uso en todo el mundo. A las personas les fascinó y les impresionó lo maravilloso de un show de fuegos artificiales. A través de la conquista, la pirotecnia llegó a México. Su popularidad se expandió en el siglo XIX.



Imagen de la feria de Tultepec. Aquí se implementa la pirotecnia de diferentes maneras. (IMEPI, 2018).



Pirotecnia en festividades: Día de la Independencia CDMX. (EV, 2018).

- Azul: Cu (Cobre) - Vinculado al cáncer
- Verde: Ba (Bario) - Radioactivo
- Rojo: Li (Litio) - Humo tóxico y corrosivo
- Amarillo: Sb (Sulfuro de antimonio) - Vinculado al cáncer
- Blanco: Al (Aluminio) - Asociado a enfermedades neurológicas

(Ecomexicosocial, Ruiz, 2013).



Explosión del taller en Tultepec. (BBC Mundo, 2018).

El primer lugar donde se comenzó a hacer una producción masiva fue en Tultepec, Estado de México, en la época colonial. (Instituto Mexiquense de la Pirotecnia (IMEPI, 2018).

El uso de pirotecnia se ha expandido y celebrado en todo el mundo con festivales donde diversos países compiten para participar. Es una tradición muy importante que no se puede ignorar o eliminar a pesar de los problemas ambientales que produce.

En México existe un instituto encargado de regular la creación y distribución de fuegos pirotécnicos en el Estado de México, el

IMEPI, porque el 65% de la población de Tultepec se dedica a esta industria. (BBC Mundo, 2018).

A pesar de esta regulación, en los últimos años se han dado a conocer varias explosiones en los talleres del municipio de Tultepec. Han resultado cientos de personas muertas y heridas principalmente en el depósito del mercado de “San Pablito”. (BBC Mundo, 2018). Esto comenzó a hacer conciencia acerca del uso de pirotecnia en eventos masivos en México.

Los elementos químicos que se utilizan para producir cada color de los fuegos pirotécnicos y sus efectos en la salud se muestran en la primera imagen de arriba.

	15 sept.	12 dic.	31 dic.	
PM CO	23.38	39.29	34.37	2018
	54.75	79.75	49.83	2017
0.0 - 5.5				
5.6 - 11.0	16 sept.	13 dic.	1 ene.	
11.1 - 13.0	14.08	18.75	27.91	2018
13.1 - 15.4	35.58	78.87	53.83	2017
15.5 - 30.4				
> 30.5	14 jun.	8 agt.	17 oct.	
	11.66	15.29	12.79	2018
	15.83	15.35	6.41	2017
	15 sept.	12 dic.	31 dic.	
	16.83	48.58	111.16	2018
	87.83	51.91	70.75	2017
PM 2.5	23.00	48.00	---	2018
	85.00	49.00	70.50	2017
0.0 - 12.0	16 sept.	13 dic.	1 ene.	
12.1 - 45.0	22.70	58.08	55.66	2018
45.1 - 97.0	39.35	51.91	88.50	2017
97.1 - 150.0	20.00	41.00	45.00	2018
150.1 - 250.4	37.00	49.00	87.00	2017
> 250.4	14 jun.	8 agt.	17 oct.	
	19.83	19.33	12.91	2018
	17.50	15.04	10.75	2017
	19.00	18.00	8.00	2018
	18.00	16.00	6.00	2017

Registros RAMA y REDMA*
*Hay menos datos registrados y sólo de PM 2.5. En estos datos se puede notar la diferencia en cantidad de partículas emitidas en fechas donde se usa pirotecnia. --- Sin registro.

Comparación entre los parámetros de los contaminantes y los registros obtenidos. (Sistema de monitoreo atmosférico, 2017).

MARCO TEÓRICO

Además de estos químicos, químicos, los fuegos pirotécnicos al estar en el aire liberan dos tipos de partículas suspendidas: monóxido de carbono (PM CO) que es un gas sin color ni olor que puede causar envenenamiento y otras partículas menores a 2.5 micrómetros (PM 2.5) las cuales causan problemas respiratorios. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Los instrumentos gubernamentales RAMA y REDMA arrojan datos anuales sobre los contaminantes atmosféricos en la Ciudad de México (CDMX).

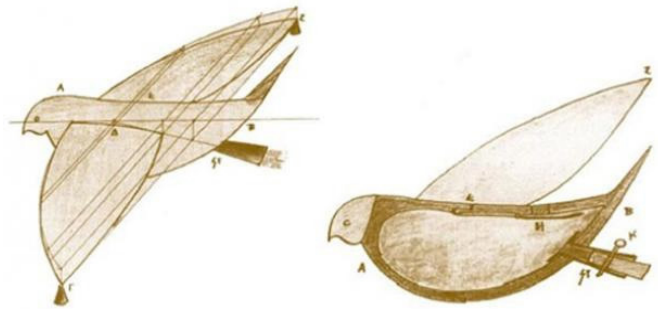
Al buscar datos sobre PM CO y PM2.5 se encontraron las siguientes estadísticas en las fechas donde se usa pirotecnia en diversas festividades de los años 2017 y 2018: 15 de septiembre, 12 de diciembre, 31 de diciembre y los días siguientes en la zona centro de la CDMX. Se realizó el promedio de la cantidad de contaminantes emitidos en estas fechas y se compararon con los datos de otras fechas elegidas al azar donde no hay grandes festividades que usen pirotecnia.

De la guerra a lo imposible

Abejas que vuelan hacia un sinfín de posibilidades que nadie se habría imaginado hace sólo unos años atrás.

Un dron es un vehículo aéreo no tripulado (VANT) o por sus siglas en inglés Unmanned Aerial Vehicle (UAV). La palabra "dron" es una adaptación del sustantivo inglés "drone" que significa abeja macho o zángano. Esta palabra se ha registrado en el diccionario de la Real Academia Española (RAE) para referirse a este tipo de dispositivos. (Leal, pág. 69) (Miranda, *et al*, pág. 3).

El primer acercamiento a estos dispositivos se tiene registrado en el año 425 A.C. por el filósofo, estadista y matemático Arquitas de Tarentum. Su invento fue la primera máquina voladora no tripulada en forma de paloma de madera. La creó para estudiar el vuelo de las aves. (Miranda, *et al*, pág. 5).



"Peristera" Palabra en griego para paloma, funcionaba mediante impulsos de aire. (Tahoro, 2014).

Se continuó con la exploración de estos dispositivos hasta el siglo XX al crear diferentes modelos utilizados principalmente para fines bélicos. (Leal, pág. 73).



Predator y Global Hawk. Drones usados para misiones de reconocimiento aéreo y ataque en tierra. (Aeroweb.com. Departamento de Defensa EUA, 2019).

La inclusión al medio civil de esos dispositivos ocurrió entre 2010 y 2012. El físico estadounidense Paul Wallich creó un cuadrotor (Anexo 05) para que acompañara a su hijo pequeño a la parada de autobuses todas las mañanas. En esos años la compañía francesa Parrot fabricó un modelo de este apa-

rato para que los pilotos se divirtieran jugando: haciendo carreras, batallas entre drones y participando en videojuegos. Después incluyeron más funciones como la de grabar videos en alta definición.

Desde ese entonces los drones de uso recreativo se han mejorado al incluir más funciones. Una de ellas es la sincronización de la cámara de video incluida en el dron con unas gafas de vista en primera persona o inmersivas. Con esto se puede experimentar una sensación parecida a volar. (Leal, pág. 76).

El uso de los drones es diverso. Un ejemplo es la comercialización en línea de varias empresas como Amazon, que trabajan actualmente en la repartición de productos a través de drones. (Leal, pág. 78).

En México se compraron drones para luchar contra el narcotráfico. Son programados para buscar objetivos que al parecer son otros drones que usan las bandas para repartir mercancías. (Leal, pág. 78).



Avance para que un dron funcione como repartidor de mercancía. (Amazon Prime Air, 2018).



AR. Drone 2.0 y Gafas para visión en primera persona. (Parrot.com, 2012).



Drones usados para asuntos de seguridad en México. (Arteaga, 2014).

Este código puede escanearse para tener una vista en primera persona del vuelo de un dron.



Este trabajo se centra en una aplicación que se ha desarrollado en los últimos años.

MARCO TEÓRICO

Luces flotantes

En 2014 el Cirque du Soleil comenzó a experimentar con diez drones simulando ser luminarias flotantes que interactuaban con los artistas. (Cirque du Soleil, 2014).

El primer récord registrado en el Libro Guinness fue en el 2015 por la colaboración de las empresas Intel y Ars Electronica Futurelab. Este récord se logró usando 100 drones que dieron un espectáculo acompañados de una orquesta en la ciudad de Hamburgo. (Galera, 2016).

A partir de este registro se comenzaron a realizar diferentes eventos de varias empresas como Intel, Ehang y Spaxels. Todos ellos formando figuras diferentes de acuerdo con el contexto de la ciudad en la que se presentaba el evento.

En todos los eventos hubo un constante progreso en el número de drones que se controlaban, rompiendo varias veces el récord establecido en 2015. El último registrado en 2018 es de más de 1300 en el evento de Xi'An, China, por la empresa Ehang. (Zhan, 2018).

El control de los drones se realiza con softwares especializados que cada empresa maneja. Utilizan georeferenciación, es decir, ubican y dan instrucciones a los drones a través de un sistema de coordenadas. (Anexo 05).

Para todos los eventos donde se incluyen drones se aplican normas reguladoras dependiendo de cada país. En México se utiliza la norma CO-AV-23-10-R4 realizada por la Dirección General de Aeronáutica Civil. En ella se describen las reglas que se deben

seguir de acuerdo con las características y propósito de los drones que se van a usar. (Anexo 06).



Show "Drone 100", primer récord por mayor cantidad de drones en eventos luminicos. (Ars Electronica, 2016).



Show "Drones en la playa" en la costa del Mar Negro, localizado en la ciudad de Anapa, Rusia. (Geoscan, 2019).



Este código se puede escanear para conocer la experiencia de un evento luminoso donde se usan drones.

Hablemos de colores

“El color es el complemento de la forma y la manifestación más clara de la vida”.

Antoní Gaudí.

Vivimos en un mundo lleno de colores. Reaccionamos instintivamente a ellos por diferentes factores culturales, biológicos e históricos. Si los estudiamos y aprendemos a usarlos podemos beneficiarnos y transmitir los mensajes que queramos a las personas. El beneficio que se obtiene del estudio de los colores se aprecia al elegirlos de acuerdo con lo que se necesite. (Berezniak, pág. 7).

Al proponer un proyecto de diseño dirigido a personas se debe tomar en cuenta lo que causan los colores en nosotros. Esto para lograr los objetivos planteados en este trabajo.

El creador de la teoría del color, el filósofo, biólogo y estadista alemán Johann Wolfgang von Goethe dedicó su vida a estudiar la influencia de los colores en las personas. En su teoría trata temas fisiológicos y psicológicos porque ambos toman partido en nuestra subjetiva percepción del color.

Goethe indicó en sus estudios que “hay colores que atraen por su gracia y otros que se rechazan con enfado”. (Ferrer, pág. 82). Su legado ha servido como guía para los estudios realizados por artistas y científicos de las últimas décadas. (Marini, pág. 47).

Para percibir un color se requieren tres variables: observador, objeto y fuente de luz. El observador puede percibir el color de un objeto gracias a los fotoreceptores de sus ojos. La fuente de luz, que puede ser natural o artificial, modifica la forma en que se ve el

objeto dependiendo de sus características y las del objeto.

La escritora y científica social Eva Heller realizó estudios acerca de psicología del color para conocer la influencia de los colores en las personas.

Gracias a estos estudios se pueden decidir qué colores usar dependiendo de cada diseño.

Un color puede causar diferentes emociones. No se observan aislados, depende del contexto en el que se vean y de los colores circundantes. Así reconocemos un color como agradable o desagradable. Vemos colores en contextos que despiertan emociones positivas y negativas. Por ejemplo; en objetos que consumimos, obras de arte y materiales de un espacio arquitectónico. (Heller, pag.18).

“En un efecto intervienen varios colores - un acorde de colores.” (Heller, pag.18). Se le denomina acorde cromático al conjunto de dos a cinco colores que juntos producen alguna emoción. (Heller, pag.19). El efecto varía dependiendo de la saturación de cada color. Si su saturación es alta causa un efecto contrastante al estar al lado de otros con una saturación baja.

Los colores ejercen tres acciones sobre las personas:

- 1) Atraer, impresionar o llamar la atención del observador dependiendo de qué color y qué cantidad esté viendo. (Marini, pág. 44).
- 2) Provocar una emoción, porque cada color expresa algo distinto. (Marini, pág. 44).

MARCO TEÓRICO

3) Tener significado propio que puede interpretarse como un símbolo capaz de comunicar una idea. (Marini, pág. 44).

Este trabajo se centra solamente en los colores que provocan emociones positivas.

Estos se mencionan a continuación siguiendo una estructura en cada uno. Primero se indica su origen etimológico, luego algunos aspectos históricos, sociales y culturales de las razones por las que los relacionamos con ciertas emociones para posteriormente mencionar lo que nos provocan. Excepto los últimos dos que son variaciones de otros colores.

1. VERDE: Los registros de los orígenes de la palabra verde son del siglo X. Hay diferentes versiones, pero todas se referían a los colores de plantas y vegetales. (Ferrer, pág. 123). Desde la antigua Grecia este color se asociaba con la diosa Afrodita que, de acuerdo con sus creencias, personificaba la naturaleza, la nodriza, el amor y la belleza. En el cristianismo el color verde simboliza regeneración espiritual. En varias partes de la Biblia se menciona este color como símbolo de pureza. (Berezniak, pág. 32).

Sin embargo, en las luchas de gladiadores a algunos emperadores les gustaba contemplar los combates a través de telas verdes para que la tonalidad de la sangre se percibiera negra, lo que hacía sentir satisfacción a los emperadores romanos. (Berezniak, pag. 33). Por eso hay personas que no les gusta este color. A quienes les parece desagradable suelen relacionarlo con putrefacción, pasividad o depresión. (Ferrer, pag. 124).

Por otra parte, este color se asocia con la armonía, primavera, salud y juventud. Combina la calidez del color amarillo con la calma del color azul, por lo que es un color muy versátil y equilibrado. Se tiene la idea de que al usarlo en un espacio puede ayudar a aumentar la concentración. (Hurley, pag 37).

2. AMARILLO: Los orígenes de esta palabra son inciertos porque la RAE reconoce que viene de un término latino *amarellus*, que significa áspero. Así se le llamaba a un pájaro carpintero color amarillo que tenía un trino áspero. (Ferrer, pág. 119). Hay otros investigadores que atribuyen el origen de esta palabra a la cultura griega con el vocablo *amarysso*, que significa brillo o resplandor por su relación subjetiva con la luz solar.

En México hay algunos modismos relacionados con este color:

Estos se usan para expresar alerta, exageración (amarillismo), reserva en cuanto al uso de prendas amarillas ("El que amarillo usa es porque en su belleza confía"). (Ferrer, pág. 120).

Este color es el que más depende del acorde cromático en el que se encuentre porque cambia radicalmente su percepción. Por ejemplo, puede ser radiante junto al blanco y chillón junto al negro, por ejemplo. (Heller, pág. 85).

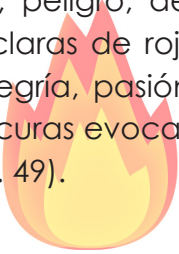
Provoca alegría, felicidad, optimismo, por ser el color que asociamos con la luz del sol. Nuestra vista detecta este color antes que otros porque es el que más refleja luz en cualquier objeto, así que hace que aumente la luminancia de un objeto. (Hurley, pág. 37).

3. ROJO: Para describir las cosas que percibían con este color en la época renacentista se utilizaba la palabra *rosso*, *roxxo* o *roje-to*, que fue cambiando con el tiempo a rojo y rojizo. (Ferrer, pág. 117).

Fue el primer color usado por los seres primitivos. Los registros indican que la primera figura coloreada fue una mano roja plasmada en una cueva por un hombre Neanderthal. Las huellas rojas son las primeras expresiones plásticas encontradas en cuevas de España y Francia hace 12 mil años. El color rojo se extraía de tierra arcillosa. (Ferrer, pág. 21).

En las culturas prehispánicas se usaba en pintura corporal y en la ropa. Para los aztecas era importante porque desde ese entonces lo relacionaban con la sangre y el sol. Los huicholes, sin embargo, lo relacionaban con alegría cuando se pintaban el rostro color rojo en días de fiesta. (Ferrer, pág. 60).

Así que este color se relaciona con sangre y fuego, se usa como símbolo de guerra, para representar advertencia, peligro, determinación. Las tonalidades claras de rojo se utilizan para representar alegría, pasión, sensibilidad, las tonalidades oscuras evocan energía, ira, valor. (Marini, pág. 49).

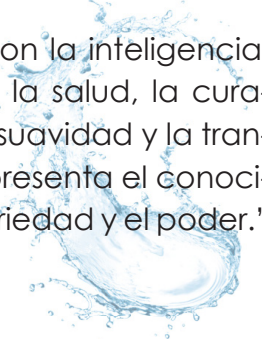


4. AZUL: Las versiones de los orígenes de esta palabra varían. La cultura persa, griega y latina usan palabras que asociaban a piedras azules, al mar y al cielo respectivamente. En algunas partes del mundo se le da una connotación de elevación, por ejemplo: hay un dicho popular que dice “el que quiera azul celeste que le cueste”. Este dicho surge porque realizar pigmento de color azul celeste es muy difícil y costoso. (Ferrer, pág. 122).

De acuerdo con estudios acerca de los colores en la publicidad del profesor mexicano Francisco d'Egremmy, el color azul se usa en artículos de limpieza y en campañas de comunicación social. (Ferrer, pág. 352).

Este es el color preferido por el público general. Se ha usado para relacionarlo con la realeza, con lo masculino, con lo distante o lo triste. (Heller, pág. 21). Evoca calma, relajación y profesionalismo. La relación con la calma es porque es el color que asociamos con el cielo y el mar. (Hurley, pág. 37).

Es un color relacionado con la inteligencia. “El azul claro se asocia a la salud, la curación, el entendimiento, la suavidad y la tranquilidad. El azul oscuro representa el conocimiento, la integridad, la seriedad y el poder.” (Marini, pág. 50).



5. NARANJA: Los orígenes de esta palabra se atribuyen al sánscrito con la palabra *naranj* que significa “fruta que le gusta a los elefantes”. (Ferrer, pág. 121).

Los monjes budistas usan ropa de este color porque lo relacionan con el espíritu. (Berezniak, pág. 34). Estudios del profesor d'Egremmy indican que al usar color naranja en un espacio estimula el apetito y hace que los consumidores se muevan más rápido. (Ferrer, pág. 352).

Se le relaciona con lo exótico, con lo poco convencional porque de acuerdo con los estudios es uno de los colores que se prefiere menos.

Se usa para llamar la atención, para hacer un amarillo más intenso. (Heller, pág. 179).

MARCO TEÓRICO

En los estudios realizados por Eva Heller las personas comúnmente relacionan el naranja con una combinación de rojo y amarillo, por lo que representa la energía del rojo y la felicidad del amarillo. “La visión del color naranja produce la sensación de mayor aporte de oxígeno al cerebro, produciendo un efecto vigorizante y de estimulación de la actividad mental.” (Marini, pág. 55).



6. ORO/DORADO: Esta es una variación del amarillo. Se usa para denominar ciertas cosas que no se desea decir que son amarillas, como el cabello o el sol “rubio o dorado”, además de asociarse con el metal y la elegancia. (Heller, pág. 87). En los libros de Eva Heller y la tesis de Alex Marini se le menciona como color “Oro”. En el libro de Eulalio Ferrer se le dice “Dorado”.

Se asocia con poder y se utiliza para revitalizar la mente, la energía y la inspiración. (Marini, pág. 58).

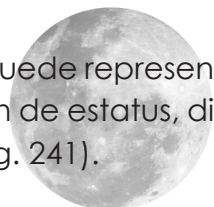


7. PLATA/PLATEADO: Este es un color similar al gris, el cual se relaciona con lo serio, aburrido, apagado y humilde. (Ferrer, pág. 112).

Además de asociarse con el metal, este color se relaciona con la luna por lo que provoca armonía, equilibrio y se identifica con lo femenino. (Marini, pág. 58).

En los libros de Eva Heller y la tesis de Alex Marini se le menciona como color “Plata”. En el libro de Eulalio Ferrer se le dice “Plateado”.

Con ciertas combinaciones puede representar velocidad, brillo, sensación de estatus, dinero o elegancia. (Heller, pág. 241).



¿Qué se quiere transmitir?

“Los colores generan en el receptor ciertas sensaciones; tienen mucho poder de atracción o rechazo dependiendo del uso que se les dé.” (Marini pág. 58)

Estos siete colores se usan en los shows pirotécnicos. La idea es conservar y mejorar esta tradición milenaria con los avances tecnológicos más recientes a la fecha de creación de este trabajo. Por lo tanto, estos colores se respetarán y se incluirán en la propuesta de iluminación. Hay acordes cromáticos específicos entre los siete que causan cinco emociones principales para evitar el rechazo al uso de drones:

Felicidad



Optimismo



Esperanza



Diversión



Alegría



La felicidad. Constituye diferentes factores para cada quien. Este acorde incluye oro como representación de dinero, verde como representación de salud y rojo como representación de amor.

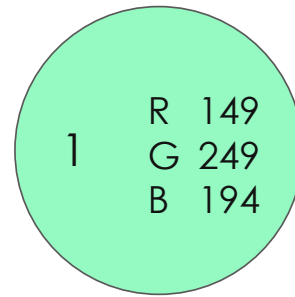
22%

15%

15%

13%

Porcentajes indicados de los acordes cromáticos que ayudan a generar estas emociones. (Heller, pag. 85).



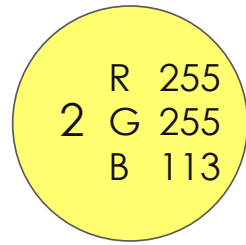
El optimismo. Busca lo mejor de cada situación. De acuerdo con Eva Heller las personas optimistas son radiantes. Por eso se incluye porcentaje de color amarillo combinado con naranja que intensifica su significado.

9%

15%

21%

27%



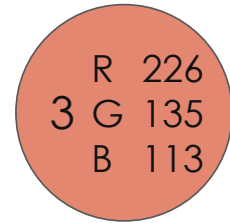
La esperanza. En estos estudios las personas asocian esperanza con primavera, con el cambio de un invierno frío a los prados verdes, por lo que el color verde tiene un porcentaje alto en este acorde.

5%

18%

48%

12%



La diversión. El color naranja crea una armonía entre amarillo y rojo. Se agrega verde y azul como contrastantes para que la cualidad armoniosa del naranja resalte más.

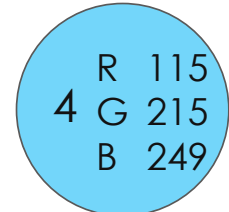
18%

12%

11%

15%

18%



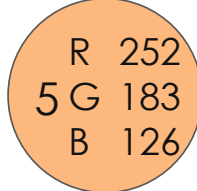
La alegría. Incluye más rojo que amarillo porque, de acuerdo con los estudios de Eva Heller, en China el rojo se usa como símbolo de felicidad. Se agrega naranja para armonizar y verde para contrastar. (Heller, pag. 85).

15%

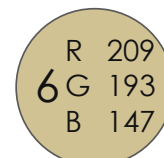
13%

22%

20%



Estos colores están balanceados de tal forma que no causen emociones negativas, por ejemplo: si el amarillo se combina con rojo y negro causa odio; si se combinan los colores café, gris, negro y morado causa una sensación fea o de pereza.



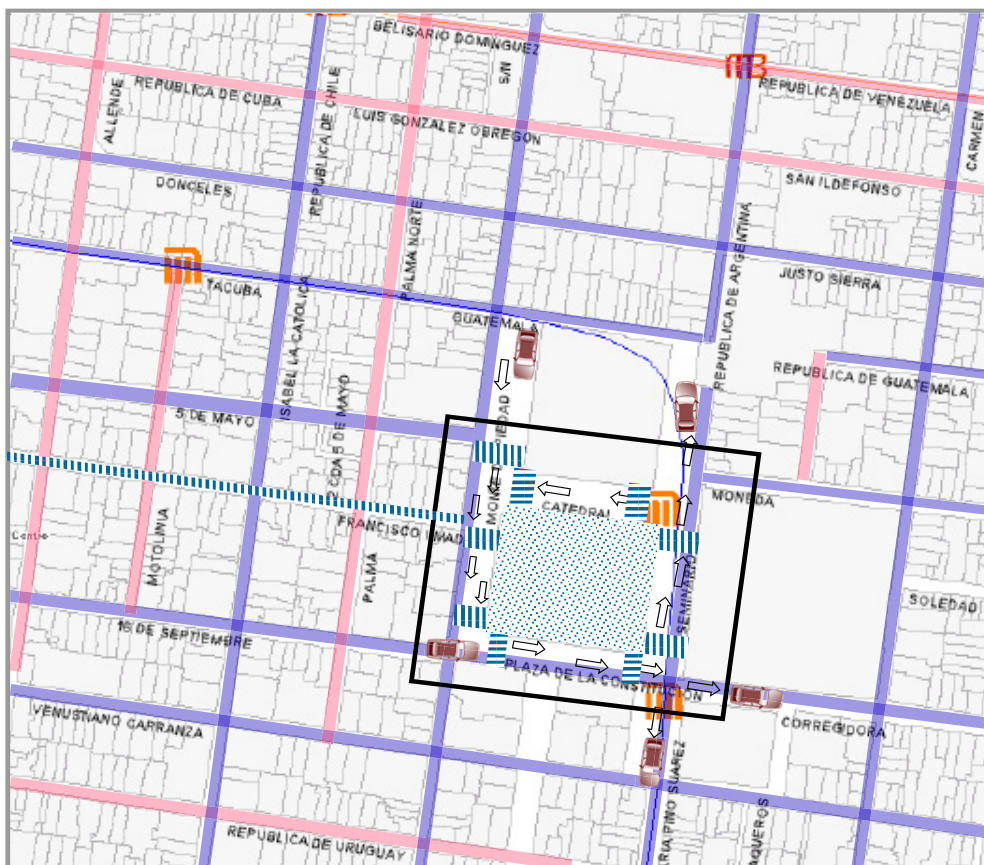
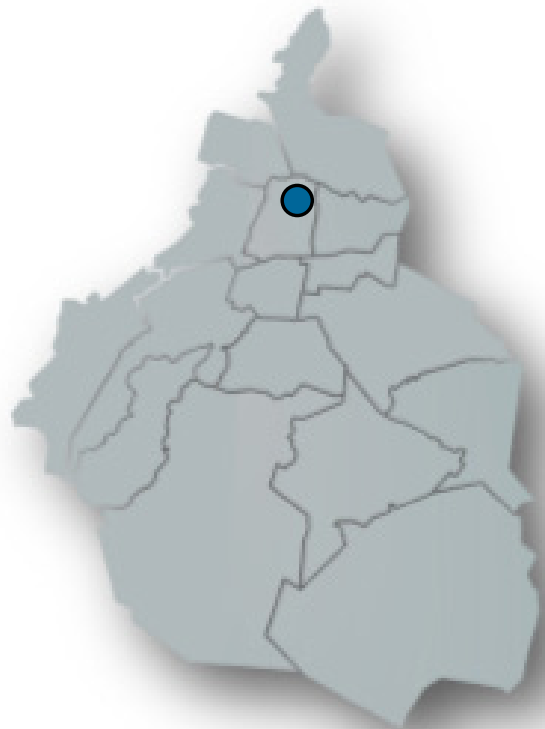
Al sumar los porcentajes de estos acordes cromáticos se puede hacer la siguiente jerarquía de uso:

Jerarquía de colores a utilizar en el evento con las tonalidades específicas y códigos RGB (Illusion Studio, 2018).

Tipo de proyecto: Iluminación efímera para eventos masivos.

Tipo de espacio: Espacio abierto.

Ubicación: Plaza de la Constitución, Centro histórico de la ciudad de México, Alcaldía Cuauhtémoc.



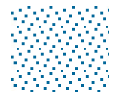
Circulación vehicular en día regular



Pasos peatonales en día regular



Plaza de la Constitución



Estaciones de metro



Estaciones de metrobús



Vialidades principales para llegar



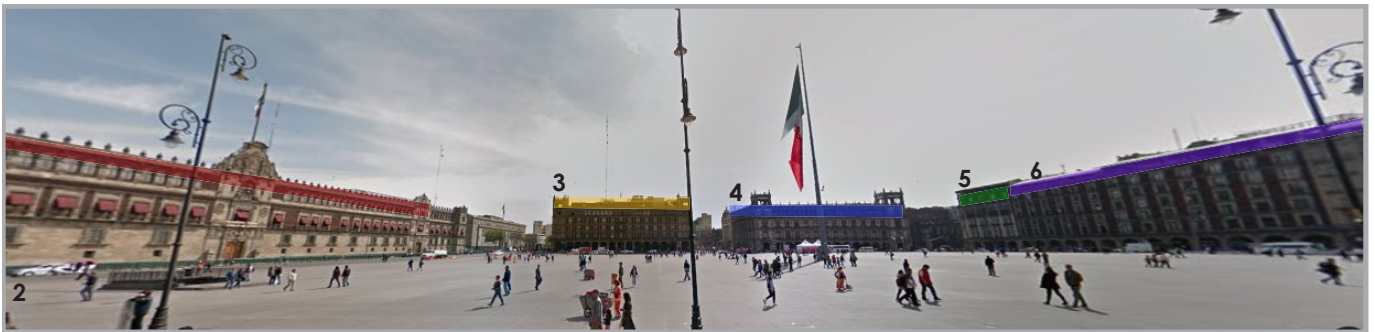
Vialidades secundarias para llegar



Accesos principales, estaciones de sistema de transporte colectivo metro y metrobús cercanos. (Seduvi, 2018).



Plaza de la Constitución y edificios colindantes vista norte.
(Google, 2018).



Plaza de la Constitución y edificios colindantes vista sur.
(Google, 2018).



Dimensiones de la Plaza de la Constitución.
(ciudadmx, Seduvi, 2009).

La Plaza de la Constitución tiene 20800 m², es una de las más grandes del mundo (Salas, 2014).

A lo largo de su historia esta plaza se ha utilizado para eventos importantes para la ciudad y para el país. Concentra un gran poder político y social y es concurrida por miles de personas diariamente.

La plaza está rodeada por la Catedral Metropolitana, El Palacio Nacional, el Antiguo Palacio del Ayuntamiento, el Edificio de Gobierno y edificios comerciales.

- ① Catedral Metropolitana de la Ciudad de México: Sede más importante de la iglesia católica del país. 67 m de alto. (Botello, 2004).
- ② Palacio Nacional: Escenario de actos cívicos protocolarios. 25 m de alto. (Botello, 2004).
- ③ Antiguo Palacio del Ayuntamiento: Espacio restaurado y abierto al público. 35 m de alto. (Botello, 2004).
- ④ Edificio de gobierno: Aquí trabajan funcionarios y autoridades de la ciudad. 35 m de alto. (Botello, 2004).
- ⑤ Edificios Comerciales, fábricas. 30 m de alto. (Botello, 2004).
- ⑥ Edificios Comerciales, hoteles y restaurantes. 30 m de alto. (Botello, 2004).



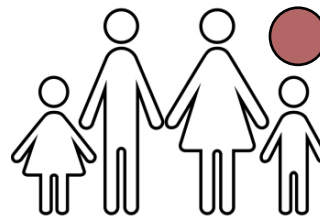
Clima: En la Ciudad de México hay una temperatura media promedio anual de 18°, mínima de 9° y máxima de 27°. Para el 15 de septiembre una temperatura mínima de 10° y máxima de 21°, probabilidad de precipitación de 40%, humedad 80%, viento 25 km/h. (Meteored, 2018).

Normatividad: En este espacio se aplican las normas de actuación por ser "Área de conservación patrimonial" para conservar, mantener y mejorar el patrimonio arquitectónico y ambiental. (Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Sistema de Información Geográfica, 2009).

Paisaje circundante: Jardineras en cuadras colindantes donde el árbol predominante es el ocote (*Pinus oocarpa* Schiede).

Usuarios: En este día han asistido en los últimos años entre 40 y 50 mil personas de todas las edades a la Plaza de la Constitución. (Noticieros Televisa, 2017).

Personal en el lugar: Varía, pero ese día se encuentran policías, personas de aseo, personas en la orquesta, militares en el techo de Palacio Nacional.



Público general



Personal de seguridad:
Policías y francotiradores.

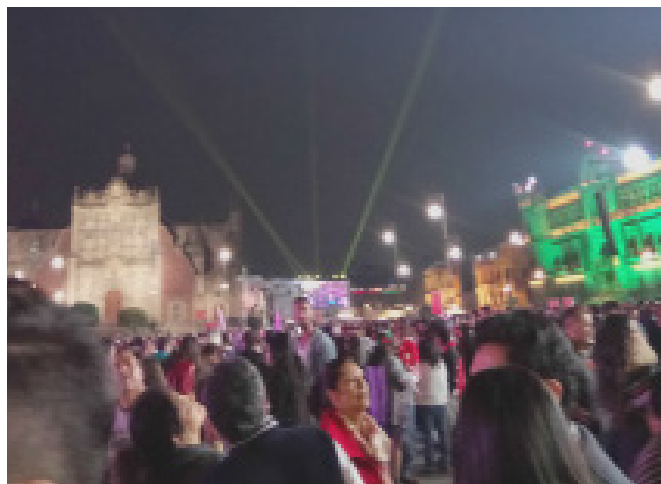


Asistentes a la celebración del 15 de Septiembre (EV, 2018).



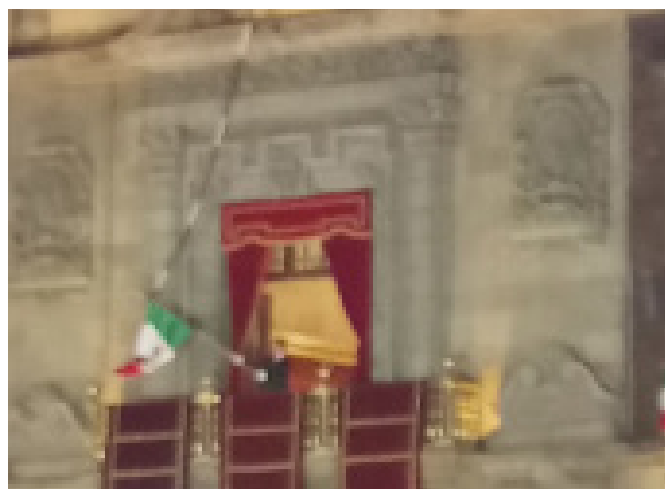
1

Escenario para concierto de 3 a 11 pm.



2

Circulación de la gente en el evento.



3

Palacio Nacional: Evento cívico 11:00 pm.



4

Catedral metropolitana:
Show de pirotecnia 11:30 pm.

Tipos de actividades: Aquí se lleva a cabo un concierto con diferentes cantantes y bandas por la tarde. En la noche se realiza el acto cívico donde el presidente conmemora la Independencia de México y termina con un show de fuegos artificiales.

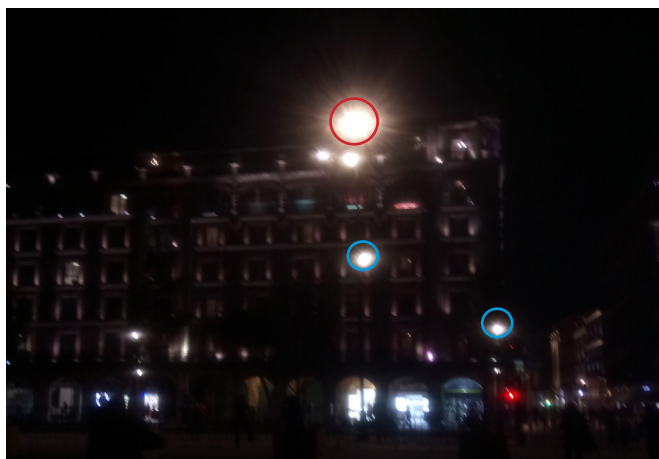


Actividades del día 15 de septiembre.
(ciudadmx, Seduvi, 2009), modificado (EV, 2019).

Deslumbramiento: De las tres lámparas colocadas en las luminarias perimetrales la que deslumbra es la más alta porque está orientada a 45°. Esto evita la observación de algunos elementos del evento. Lo que más causa deslumbramiento son las luminarias que se colocan en el techo de los edificios que rodean el Zócalo.

Atmósfera: Este día estuvo muy organizado en el área del acceso garantizando seguridad, alegría y celebración. Aunque es masivo, sólo se sintió aglomeración hasta el final, al tratar de salir.

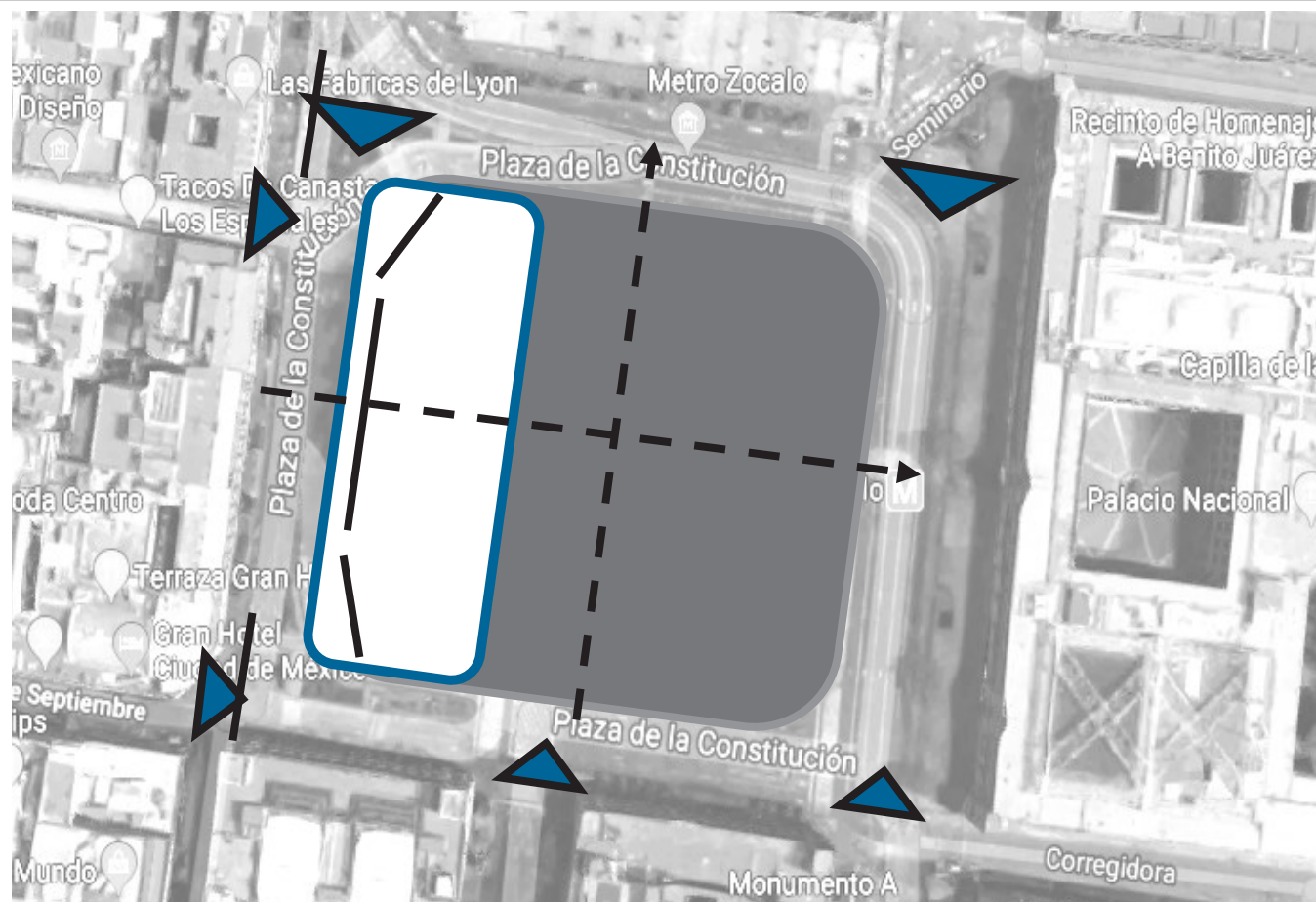
Conservación del ambiente: El personal de limpieza se encarga de que todo quede perfecto para el desfile del día siguiente.



En esta imagen se muestran luminarias perimetrales con tres fuentes de luz color blanco neutro, donde se observa el deslumbramiento la lámpara superior. También se muestra el deslumbramiento de las luminarias que están en el techo. (EV, 2018).

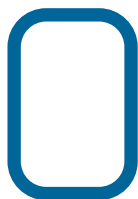


En esta imagen se ven los luminarias perimetrales. Destaca el deslumbramiento que ocasionan los luminarias ubicados en la azotea de Palacio Nacional. (EV, 2018).

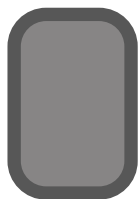


Tecnología en el evento (Google, 2018, modificado EV, 2018).

Escenario colocado para el día del evento.



Circulación de las personas durante la festividad del 15 de Septiembre.



Accesos peatonales del día 15 de septiembre desde la 1 hasta las 10 pm. Este acceso se abre en cuanto termina el evento para que las personas desalojen.



Pantallas utilizadas en el evento.



Ejes visuales hacia la Catedral Metropolitana y hacia Palacio Nacional.

Tecnología: En los últimos años se han utilizado para las festividades del 15 de Septiembre pantallas en el escenario principal y en los extremos, además de bocinas perimetrales.

Jerarquía de los espacios: En este evento se dividió el espacio en cuatro zonas diferentes usadas en el horario de 3 a 11:30 pm.

Acentos: En diferentes momentos en los espacios 1 (escenario), 3 (Palacio Nacional) y 4 (Catedral Metropolitana).



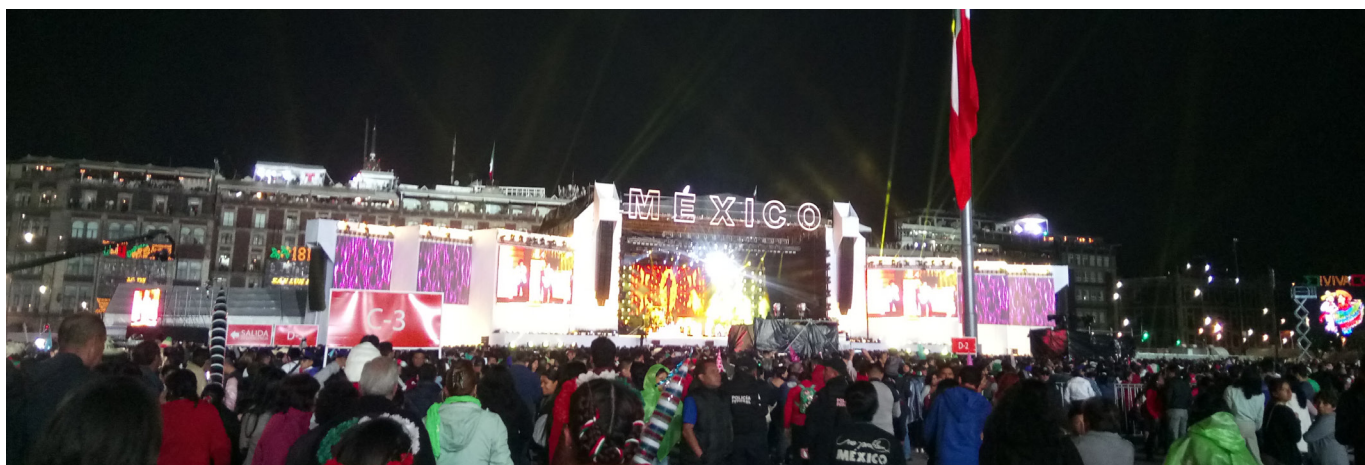
Jerarquía de espacios otorgada de acuerdo con las actividades del día 15 de septiembre. (ciudadmx, Seduvi, 2009), modificado (EV, 2019).



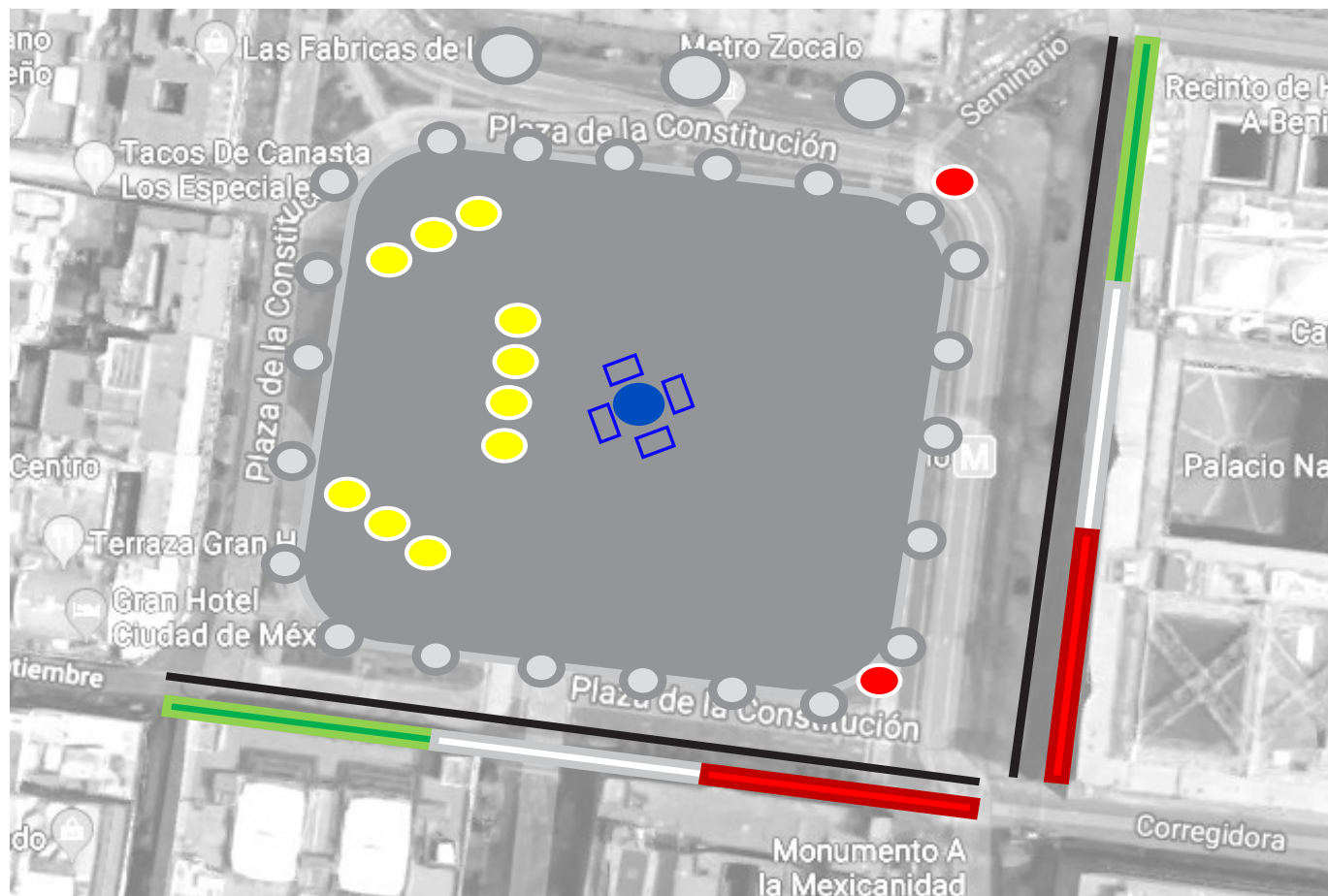
Acento en Palacio Nacional marcado por el evento cívico "Grito de Independencia". (EV, 2018).



Catedral Metropolitana durante el show de pirotecnia de 15 minutos, acento marcado por el show. (EV, 2018).



Pantallas en el escenario principal. (EV, 2018).

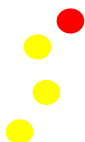


Tecnología en el evento (Google, 2018, modificado EV, 2018).

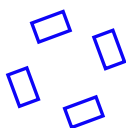
Luminarias perimetrales.



Luminarias robóticas,
proyectores en pantallas
y escenario.



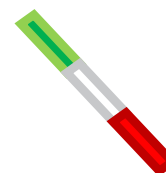
Luminarias con 12 lám-
paras LED cada uno,
apagados el 15 de sep-
tiembre.



Luminarias: Tiras
led de diferentes
colores para hacer
diferentes símbolos
patrios en fachadas.



Luminarias RGB en
las fachadas de los
edificios que rodean
la plaza.



Color:

Piso: gris.

Edificios colindantes: beige predominante.

Pantallas y en el show pirotécnico: múltiples colores.

Color de luminarias:

Perimetrales: neutro

Decoración: múltiple

En eventos del escenario: múltiple.

Objetos:

Asta bandera iluminada con cuatro luminarias con 12 lámparas LED cada uno. Estas luminarias no deslumbran el 15 de septiembre porque permanecen apagados ese día. Las personas llevan vallas y globos verticales de 2 m.



Tiras Led formando símbolos patrios y luminarias RGB en fachadas (EV, 2018).



Tiras Led formando símbolos patrios y luminarias RGB en fachadas (EV, 2018).



En esta imagen se muestra la parte inferior del asta bandera. (EV, 2019).



En esta imagen se observa la multitud de gente disfrutando el evento. (EV, 2018).

Impacto de los fuegos pirotécnicos:

Causan alegría, orgullo hacia nuestras tradiciones al combinarlos con música mexicana. También causan muchísimo humo y contingencia ambiental al día siguiente.

Necesidades:

Los asistentes a las festividades de este día esperan entretenimiento, diversión, alegría, felicidad, celebración, sentido de patriotismo.

Nivel socio-económico:

En los últimos años, el número de personas varía entre 40 y 50 mil. El nivel es variado, aunque la mayoría de clase media. Esto no impacta en el disfrute del evento por lo que no se realiza un análisis extenso de este aspecto en este trabajo.



Contraste de la pirotecnia: Arte y contaminación ambiental. (EV, 2018).



Contraste de la pirotecnia: Arte y contaminación ambiental (EV, 2018).

CASO DE ESTUDIO

Sparked: Interacción humanos - Drones. Zurich, Suiza, 2014.

Este fue un performance que grabó el equipo del Cirque du Soleil en conjunto con las compañías ETH Zurich y Verity Studios. Se realizó una coreografía entre una persona y 10 drones. Se narraba una historia donde un inventor o trabajador de un taller crea luminarias que aparentemente se salen de control y flotan en toda su habitación. Al final las luminarias regresan a su sitio y termina el performance. (Cirque du Soleil, 2014).

El equipo del Cirque du Soleil se enorgulleció del resultado porque fue la primera vez que se usaron drones de esta forma. Abrió la puerta a las múltiples posibilidades artísticas de los drones que se siguen explorando en el año 2019. (Cirque du Soleil, 2014).

ANÁLOGOS

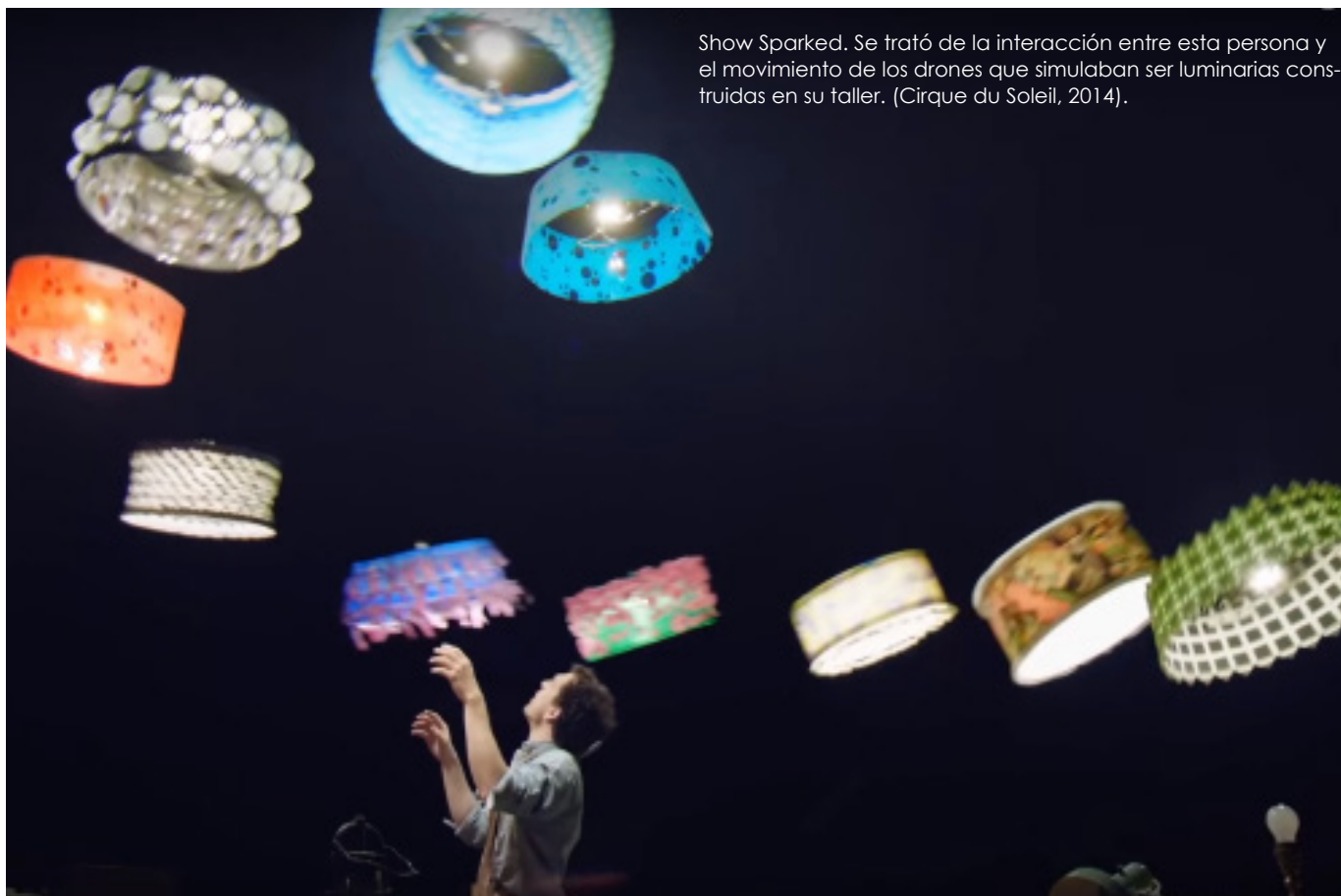


Si se escanea este código se podrá conocer más sobre este evento y ver parte de la coreografía.

Aquí se puede apreciar el uso de drones para este espectáculo. (Cirque du Soleil, 2014).



Show Sparked. Se trató de la interacción entre esta persona y el movimiento de los drones que simulaban ser luminarias construidas en su taller. (Cirque du Soleil, 2014).





Juegos olímpicos de invierno Pyeong Chang, Corea del sur, 2018

Este evento es importante para este trabajo por ser algo masivo, a una escala parecida a la que se quiere lograr. Además, en él se batió un récord de control de drones, que fue de más de 1200. El último había sido de 500 por parte de la empresa Intel.

En esta ocasión hubo problemas logísticos y de tráfico aéreo por lo que el show se transmitió en pantallas en el estadio de Corea, se transmitieron imágenes como se aprecia en la imagen de la derecha. También se realizó una muestra con menos drones como se ve en la imagen de arriba. Esta tecnología se sigue desarrollando. (Playground, 2018).



Si se escanea este código se podrá tener una idea de lo que se pudo observar en este espectáculo.

Performance del día del trabajo Xi'an, Shaanxi, China, 2018

Este evento se realizó para conmemorar el día del trabajo en China por la empresa Ehang en conjunto con el gobierno de Xi'an, capital de la provincia de Shaanxi. (Zhan, 2018). El objetivo fue promover la provincia a nivel internacional usando los drones para formar imágenes representativas de la ciudad.

Hubo algunos problemas logísticos y se tuvieron que realizar trámites para el tráfico aéreo de los drones. El resultado general fue adecuado porque las imágenes se pudieron realizar e identificar por los asistentes. (Zhan, 2018). En este evento se batió un récord Guinness de control de drones usando 1374. (Zhan, 2018).

La temática que se plantea para el proyecto del Zócalo de la Ciudad de México incluye tener imágenes y música representativa de nuestro país. Por eso la relevancia de éste análogo.

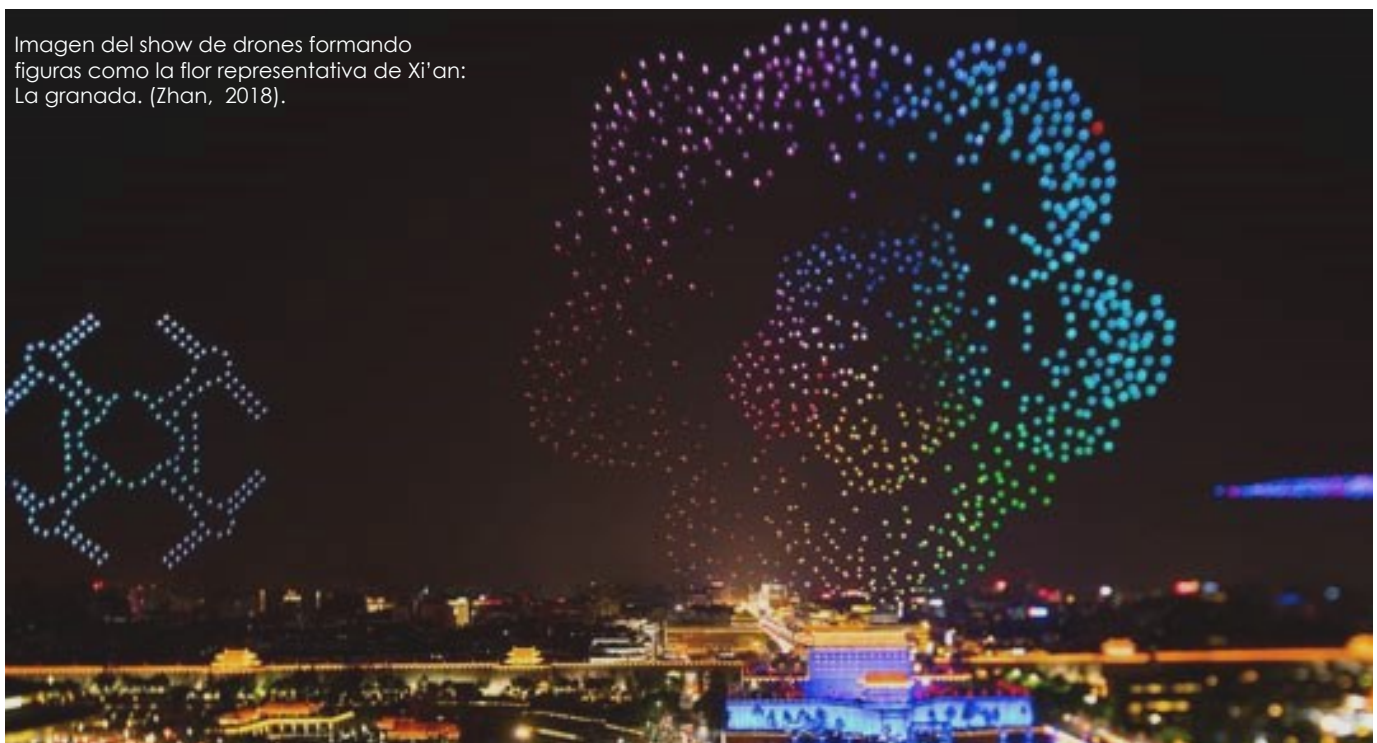


Si se escanea este código se podrá conocer un poco más de este performance.

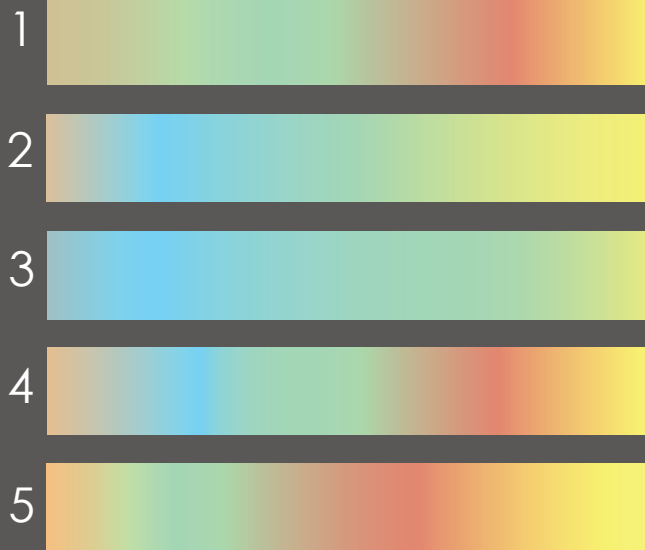


Inicio del show lumínico, drones encendidos.
El modelo usado es Ghost drone de la empresa Ehang.
(Zhan, 2018).

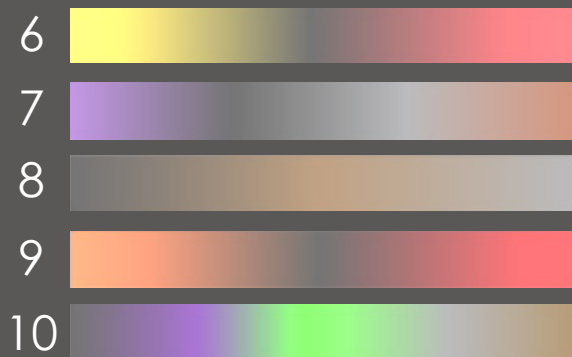
Imagen del show de drones formando figuras como la flor representativa de Xi'an: La granada. (Zhan, 2018).



ENFOQUE



Acordes cromáticos que causan emociones positivas:
1) Felicidad, 2) Optimismo, 3) Esperanza, 4) Diversión,
5) Alegría. (EV, 2018). Investigación (Heller, 2000).

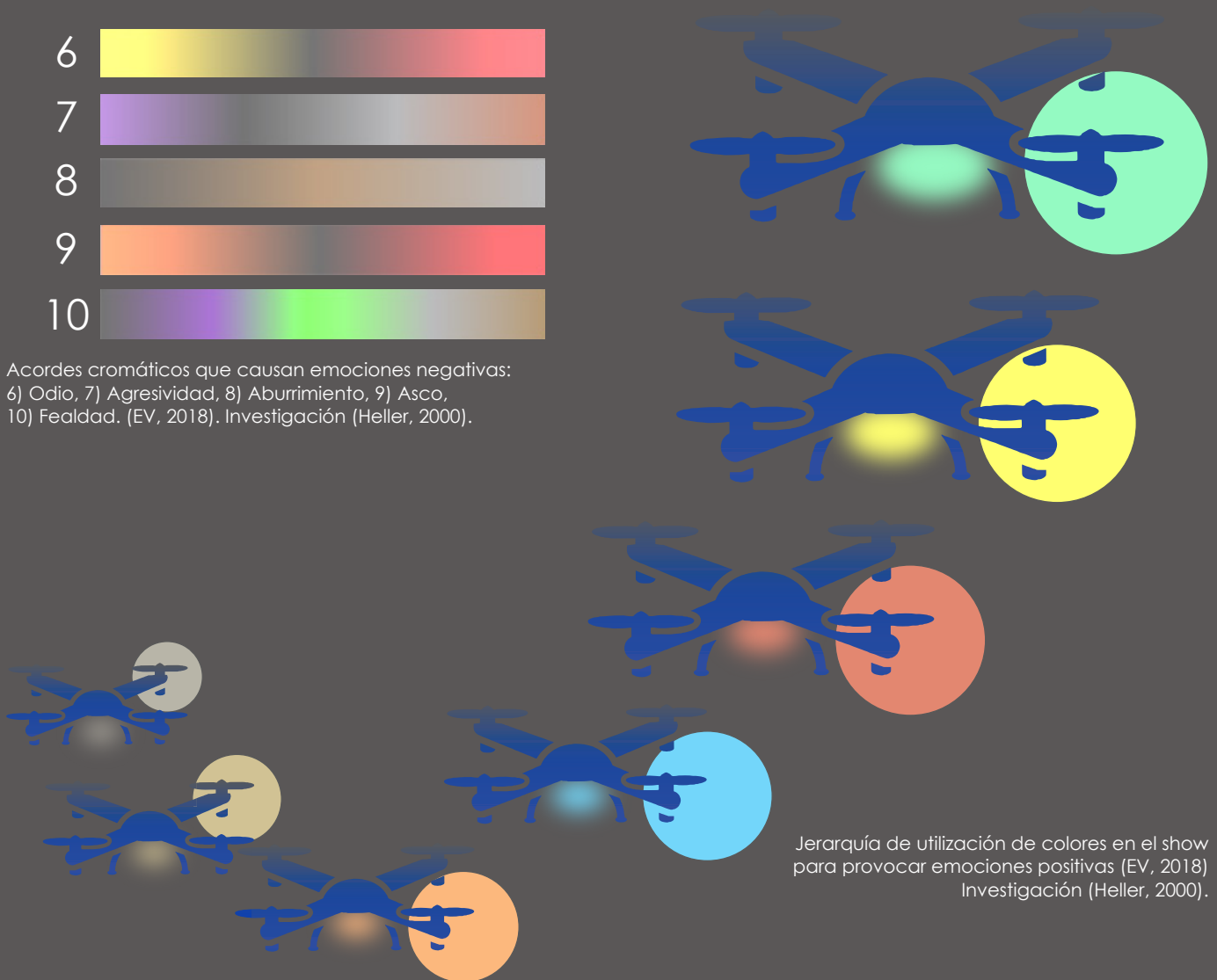


Acordes cromáticos que causan emociones negativas:
6) Odio, 7) Agresividad, 8) Aburrimiento, 9) Asco,
10) Fealdad. (EV, 2018). Investigación (Heller, 2000).

CASO DE ESTUDIO

Un cambio tan grande será difícil de asimilar por personas que tienen tradiciones tan arraigadas como los mexicanos.

El enfoque principal de este trabajo es **conceptual** porque en el show se implementarán colores que ayuden a provocar emociones positivas para ayudar al proceso de transición: felicidad, optimismo, esperanza, diversión y alegría. Se evitarán acordes cromáticos que producen emociones negativas: odio, agresividad, aburrimiento, sensación desagradable o fea.



Jerarquía de utilización de colores en el show para provocar emociones positivas (EV, 2018)
Investigación (Heller, 2000).



En esta imagen se muestra el Palacio Nacional con algunos puntos que representan a los drones comenzando a volar y a una persona que está viendo su celular para activar la función ascender. (EV, 2018).



Para el funcionamiento logístico del evento se usará un criterio pragmático.

Se plantea la posibilidad de tener un control interactivo de encendido y vuelo para las primeras 1100 personas quienes podrán ejercer estas funciones desde una aplicación en su celular.

Este evento será dinámico porque durará 30 minutos, extendiendo al doble la duración del show de pirotecnia actual.

El show se ha realizado en los últimos años en el punto 4 (frente a Catedral). Este proyecto propone comenzar el show lumínico con drones en el punto 3, frente a Palacio Nacional, una vez terminado el evento cívico.



Jerarquía de espacios otorgada de acuerdo con las actividades del día 15 de septiembre. (ciudadmx, Seduvi, 2009), modificado (EV, 2019).

ENFOQUE

Se propone que al activar y echar a volar los drones formen diferentes figuras pre programadas mediante software especializado.

Las figuras serán alusivas a las festividades de la Independencia de México en esta propuesta.

Para decidir qué figuras se formarán se usará un criterio estético. Con los drones se puede hacer cualquier imagen que se desee por lo que en esta sección de enfoque conceptual y criterio estético. En este enfoque se presentan varias ideas relacionadas con el país porque se plantea que se pueda replicar en otros eventos en el futuro.

En este proyecto se tiene en cuenta que la tradición de la pirotecnia transmite mensajes únicos para la población mexicana.

Por esto, además de la programación de figuras, la idea incluye música tradicional

CASO DE ESTUDIO

tocada por la orquesta que ha asistido los últimos años a esta festividad celebrada en la Plaza de la Constitución.



Jerarquía de espacios otorgada de acuerdo con las actividades del día 15 de Septiembre. (ciudadmx, Seduvi, 2009), modificado (EV, 2019).



Ideas de figuras pre programadas. (EV, 2018).



Ideas de figuras pre programadas. (EV, 2018).



Ideas de figuras pre programadas. Aquí se representa el ascenso inicial de los drones. (EV, 2018).

ANTEPROYECTO

Luz, dinamismo, interacción.

La propuesta iniciará en los accesos al evento donde se vigila que las personas no entren con objetos peligrosos. Ahí se podrá escanear un código QR, como los que se han puesto en el marco teórico y en los análogos de este trabajo. Con este código se podrá: 1) asignar un dron a las personas mediante una aplicación móvil, 2) encender el dron y 3) activarlo para que empiecen a volar.

Las funciones 2 y 3 estarán bloqueadas hasta el momento indicado. Los asistentes solamente tendrán la oportunidad de manejar estas tres funciones. Al entrar al evento los visitantes podrán observar la misma jerarquía de espacios que hay en el evento actualmente descrita en el análisis de sitio. El espacio de la orquesta se dividirá y se dejará espacio para colocar drones que estarán rodeados por una valla perimetral. Las figuras y vuelo de los drones serían previamente programadas por una de las empresas encargadas de realizar estos eventos.

La figura inicial que verán los asistentes será de la diosa alada Niké, conocida como "El Ángel de la Independencia" por las personas de la CDMX. Se decidió presentar esta figura porque el evento será en esta ciudad. La Independencia no es exclusiva de la CDMX, por lo tanto, la figura inicial que verán los asistentes se cambiará de acuerdo con el lugar donde se presente el evento.

Para este proyecto aplican restricciones que se encuentran en la circular CO-AV-23-10-R4 de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) que establece los requerimientos para volar un sistema de aeronave pilotada a distancia en México. (Anexo 06).

CASO DE ESTUDIO



Imagen con propuesta de la aplicación "Rise App" para cumplir con las tres funciones descritas. (EV, 2018).

Estas indicaciones se aplican por cuestiones de seguridad de los asistentes de acuerdo con la DGAC. Por lo tanto los drones se moverán al frente de la Catedral Metropolitana porque no se pueden volar sobre multitudes de más de 12 personas.

Se controlarán en la calle cerrada Seminario donde habrá un acceso controlado para los operadores porque no se puede volar drones a una distancia mayor a 457m del piloto. Por esta razón las figuras se mantendrán en una altura de 50 a 100m.

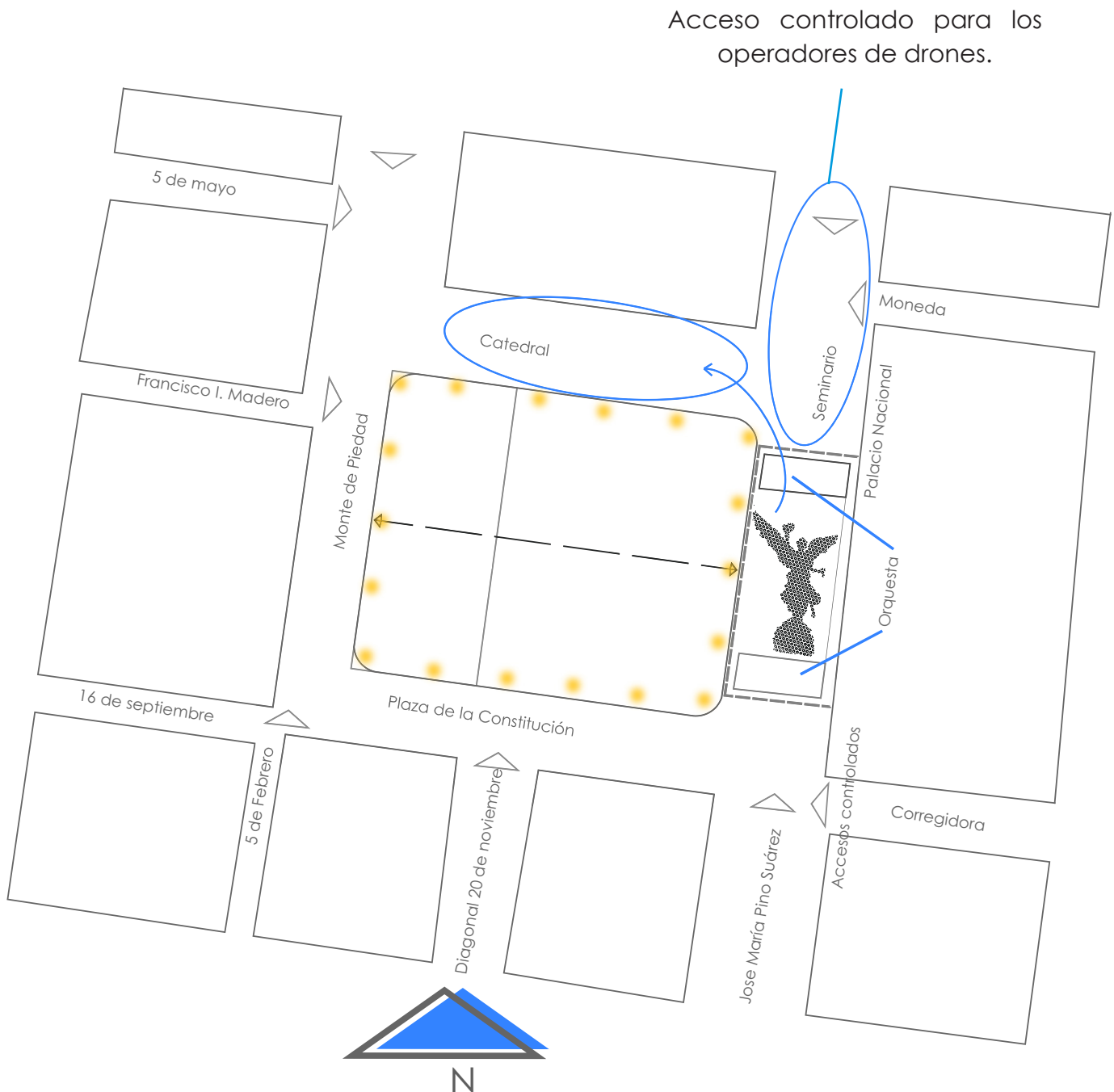
Las empresas que se dedican al desarrollo de drones con luz para eventos son principalmente Intel, Ars Electronica Futurelab y Ehang.

De acuerdo con la página de internet del proyecto Spaxels su presentación se planea para los juegos olímpicos de Tokio, Japón, en 2020.

El proyecto de Ars Electronica Futurelab "Spaxels" será un avance impresionante en cuanto a control y sofisticación de las figuras que se pueden formar.

El estado inicial de los drones será en frente de Palacio Nacional. En el evento del año 2018 este espacio se utilizó para tener una orquesta en vivo.

En esta propuesta se plantea tener la orquesta a los costados de los drones y que posteriormente se muevan hacia la Catedral.



Croquis con las operaciones que se realizarán en el evento. (EV, 2019).

En el mercado hay tres empresas que han hecho shows masivos en diferentes países: Intel, Ehang y Ars electrónica.

Utilizar drones similares a los utilizados en el proyecto Spaxels sería una opción muy buena para la propuesta de este trabajo. Pero como se conocerán estos avances hasta el próximo año aún no se tiene la información suficiente para considerar incluirlos. (Anexo 01).

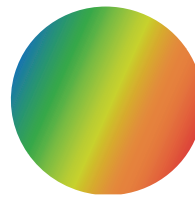
Intel ha roto récords por el número de drones que han logrado controlar en los eventos que han intervenido. Parece que en los últimos años sus avances se han enfocado en eventos que se hacen en espacios interiores y con drones más pequeños.

Su tiempo de vuelo de ocho minutos y la distancia que recorren se queda corta para un evento masivo como el que se está planeando en este trabajo. (Anexo 02). En el mercado hay varias opciones, pero no se enfocan en la luz, sino en las otras funciones de los drones. (Anexo 03 y 04).

Desarrollé un prototipo de dron con luz LED controlada con un sensor audiorítmico como parte de la formación académica de la especialización en diseño de iluminación arquitectónica. Para aplicarse se necesitaría el patrocinio de una empresa que pudiera producirlos y controlarlos para el evento. (Anexo 07).

Por lo tanto, la mejor opción a utilizar por el momento es el Ghostdrone de la marca Ehang, por las características que tiene, las cuales se muestran en las imágenes del lado derecho y en la descripción de la página 50 de este trabajo.

Algunas características de los drones de la empresa Ehang que hacen que cada show sea seguro y preciso. (Ehang, 2017).



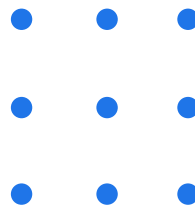
Reproducción de cualquier color



Duración del show: 30 minutos



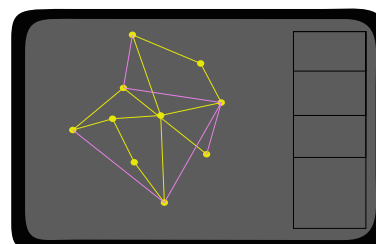
6 patrones en 30 minutos



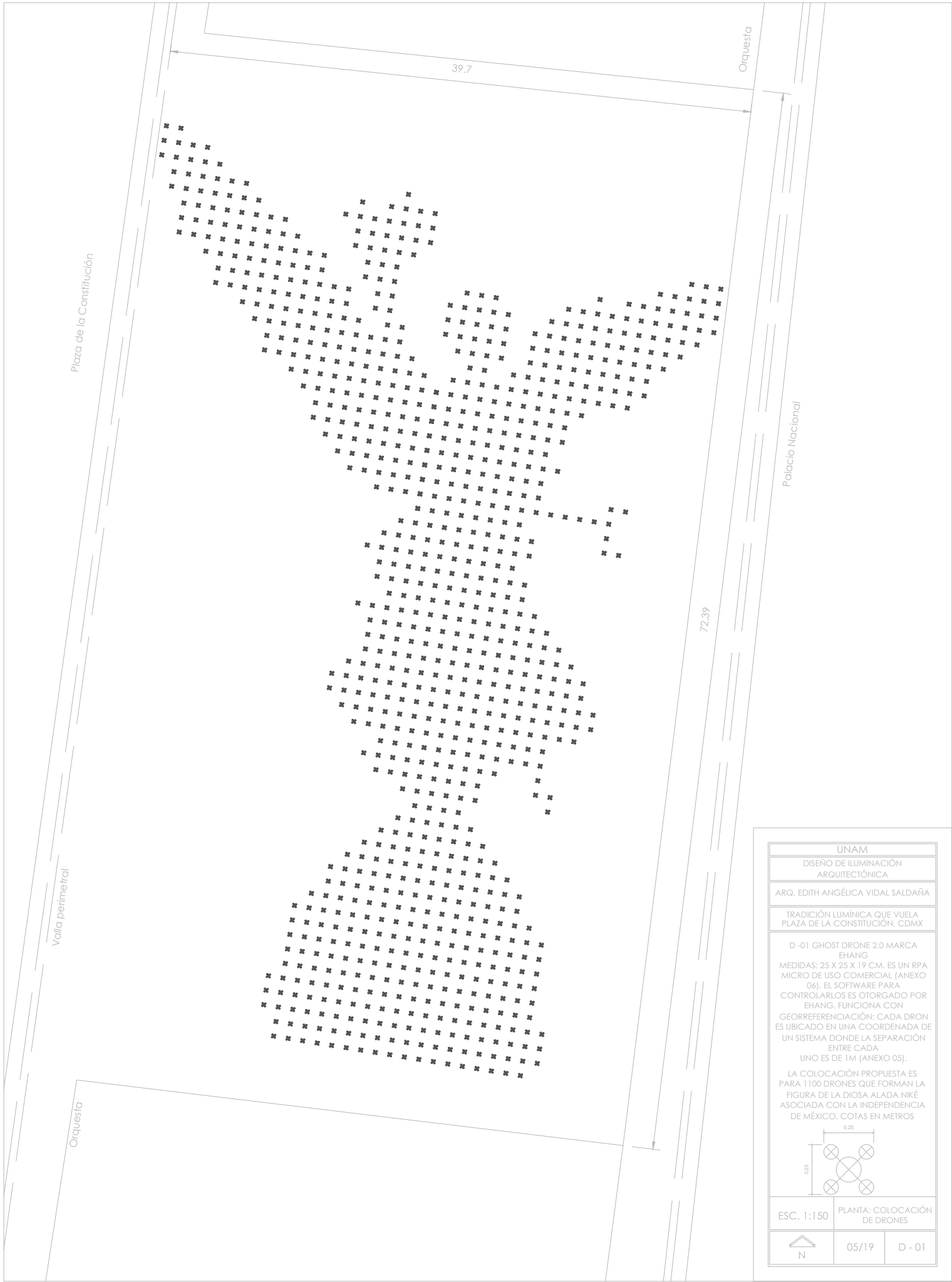
Ubicación de drones de acuerdo con coordenadas para que el software los pueda controlar.



Estado inicial: Drones en el piso



Programación remota con un programa de diseño 3D que puede calcular la mejor ruta para que los drones formen cualquier imagen vectorizada que se le inserte. (Ehang.com, 2018). (Anexo 05).



UNAM		
DISEÑO DE ILUMINACIÓN ARQUITECTÓNICA		
ARQ. EDITH ANGÉLICA VIDAL SALDAÑA		
TRADICIÓN LUMÍNICA QUE VUELA PLAZA DE LA CONSTITUCIÓN, CDMX		
D -01 GHOST DRONE 2.0 MARCA EHANG MEDIDAS: 25 X 25 X 19 CM. ES UN RPA MICRO DE USO COMERCIAL (ANEXO 06). EL SOFTWARE PARA CONTROLARLOS ES OTORGADO POR EHANG. FUNCIONA CON GEORREFERENCIACIÓN: CADA DRON ES UBICADO EN UNA COORDENADA DE UN SISTEMA DONDE LA SEPARACIÓN ENTRE CADA UNO ES DE 1M (ANEXO 05).		
LA COLOCACIÓN PROPUESTA ES PARA 1100 DRONES QUE FORMAN LA FIGURA DE LA DIOSA ALADA NIKÉ ASOCIADA CON LA INDEPENDENCIA DE MÉXICO. COTAS EN METROS		
ESC. 1:150	PLANTA: COLOCACIÓN DE DRONES	
	05/19	D - 01

Plaza de la Constitución

Valla perimetral

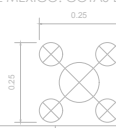
Orquesta

39.7

Orquesta

Palacio Nacional

72.39

UNAM		
DISEÑO DE ILUMINACIÓN ARQUITECTÓNICA		
ARQ. EDITH ANGÉLICA VIDAL SALDAÑA		
TRADICIÓN LUMÍNICA QUE VUELA PLAZA DE LA CONSTITUCIÓN, CDMX		
D -01 GHOST DRONE 2.0 MARCA EHANG MEDIDAS: 25 X 25 X 19 CM. ES UN RPA MICRO DE USO COMERCIAL (ANEXO 06). EL SOFTWARE PARA CONTROLARLOS ES OTORGADO POR EHANG, FUNCIONA CON GEORREFERENCIACIÓN: CADA DRON ES UBICADO EN UNA COORDENADA DE UN SISTEMA DONDE LA SEPARACIÓN ENTRE CADA UNO ES DE 1M (ANEXO 05).		
LA COLOCACIÓN PROPUESTA ES PARA 550 DRONES QUE FORMAN LA FIGURA DE LA DIOSA ALADA NIKÉ ASOCIADA CON LA INDEPENDENCIA DE MÉXICO. COTAS EN METROS		
		
ESC. 1:150	PLANTA: COLOCACIÓN DE DRONES	
 N	05/19	D - 02

Un relato de la nación

Durante el evento se reproducirán cinco imágenes alusivas a la Independencia de México y una de un Skyline de la Ciudad de México. Al igual que la imagen base (la que se verá antes de que se activen los drones) estas imágenes variarían de acuerdo con el lugar donde se presente el evento.

Se presentan dos opciones en cuanto a número de drones a utilizar en la imagen base (Planos D-01 y D-02). La cantidad propuesta es de 1100 y 550 respectivamente. Los drones se separan en el aire a una distancia mínima de 10 cm. Se establece esta distancia de acuerdo con los sensores de los drones de Ehang.

En las páginas siguientes (39 a 46) se incluyen imágenes con ambas cantidades. Como se puede notar, se tiene una mejor resolución y calidad en cuanto a la visualización de las imágenes usando mayor cantidad de drones. Se presentan dos opciones para elegir la que se adecue mejor en el momento de la ejecución del proyecto.

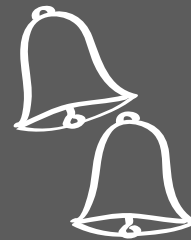
Cada dron funciona como un pixel que al unirse con otros forman una imagen programada. El movimiento de los drones se acompañará de la música emitida por la orquesta en vivo.

También se incluirán repentinos efectos de sonido que emularán explosiones de fuegos artificiales para generar una experiencia similar a un show de pirotecnia. Se hace hincapié en que no se quiere desechar la tradición de los fuegos artificiales. Se quiere mejorar al disminuir su impacto ambiental.

Estos sonidos variarían en eventos futuros ya que se pueden programar para evitar afectaciones al resto de los seres vivos.

Si los asistentes no activan correctamente el dron que se les asignó y después de cinco segundos de la indicación para presionar el botón e iniciar el vuelo el dron sigue en el suelo, entonces automáticamente el dron realizará la programación indicada.

ETAPA 1 - LLAMADO

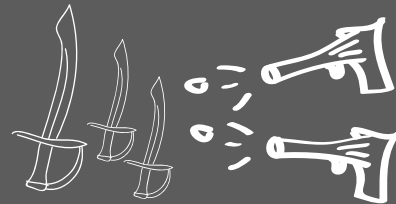


Es importante utilizar este elemento porque el "Grito de Independencia" en 1810 comenzó con este sonido cuando el cura Miguel Hidalgo llamó a la lucha.

Escena 1: campanas para llamar la atención de los espectadores.

Sonido de repique de campanas para marcar el inicio del show

ETAPA 2 - LUCHA



Escena 2: lucha, espadas, armas, explosiones.

Sonido de explosiones y de música mexicana folclórica.



Escena 3: se representan las almas de los caídos que forman la Bandera del Ejército trigarante: símbolo de la lucha de Independencia, representando el éxito de la lucha.

ETAPA 3 - RESULTADO



Escena 4: proceso de construcción de la nación. Se representa con un rompecabezas de la República Mexicana.

Sonido de música mexicana folclórica, sugerencia: Huapango de Moncayo.

Viva México

Escena 5: drones formando esta frase, con la música y con sonido de explosiones de fuegos artificiales.



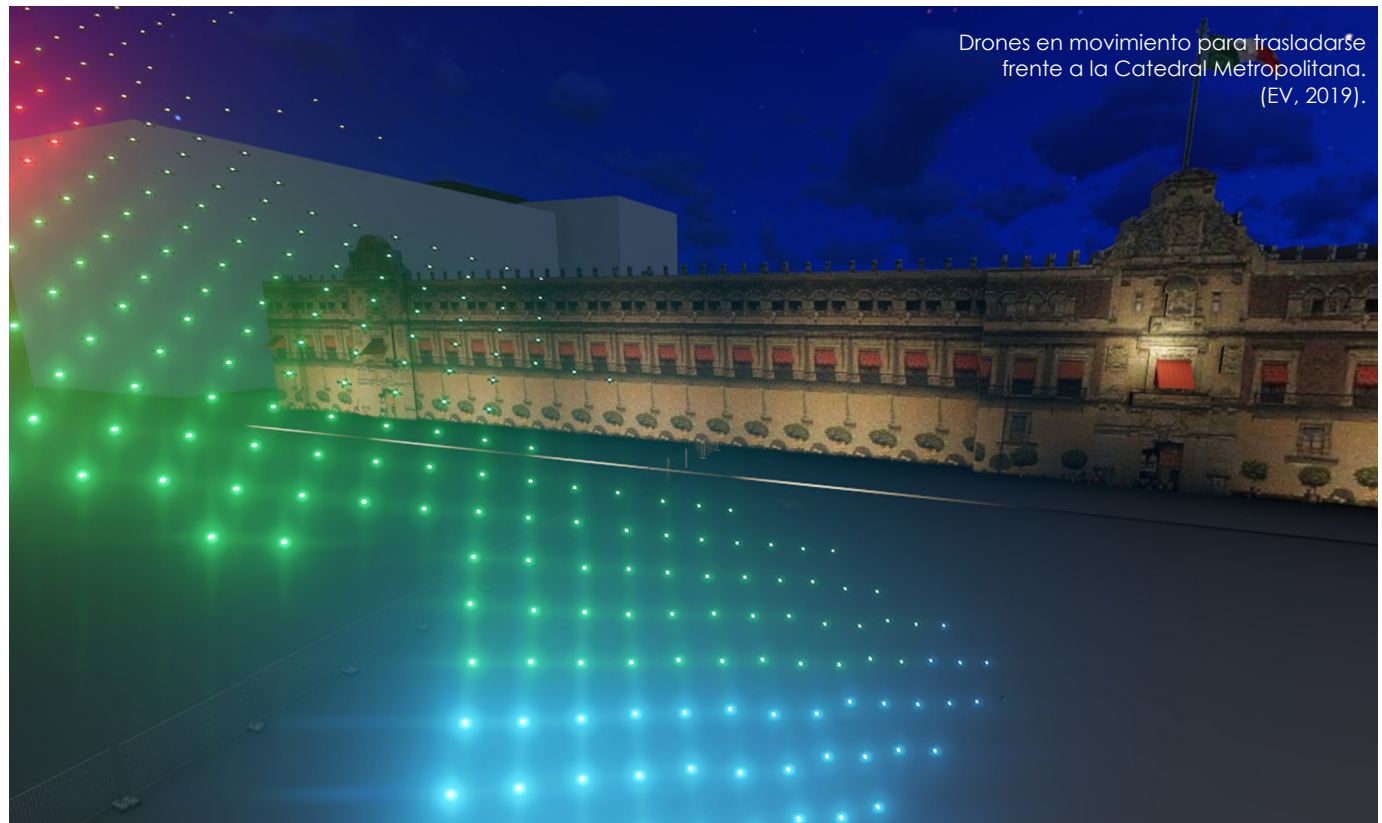
Escena 6: imagen final, skyline de la ciudad anfitriona. Final de la música folclórica.

Estado inicial



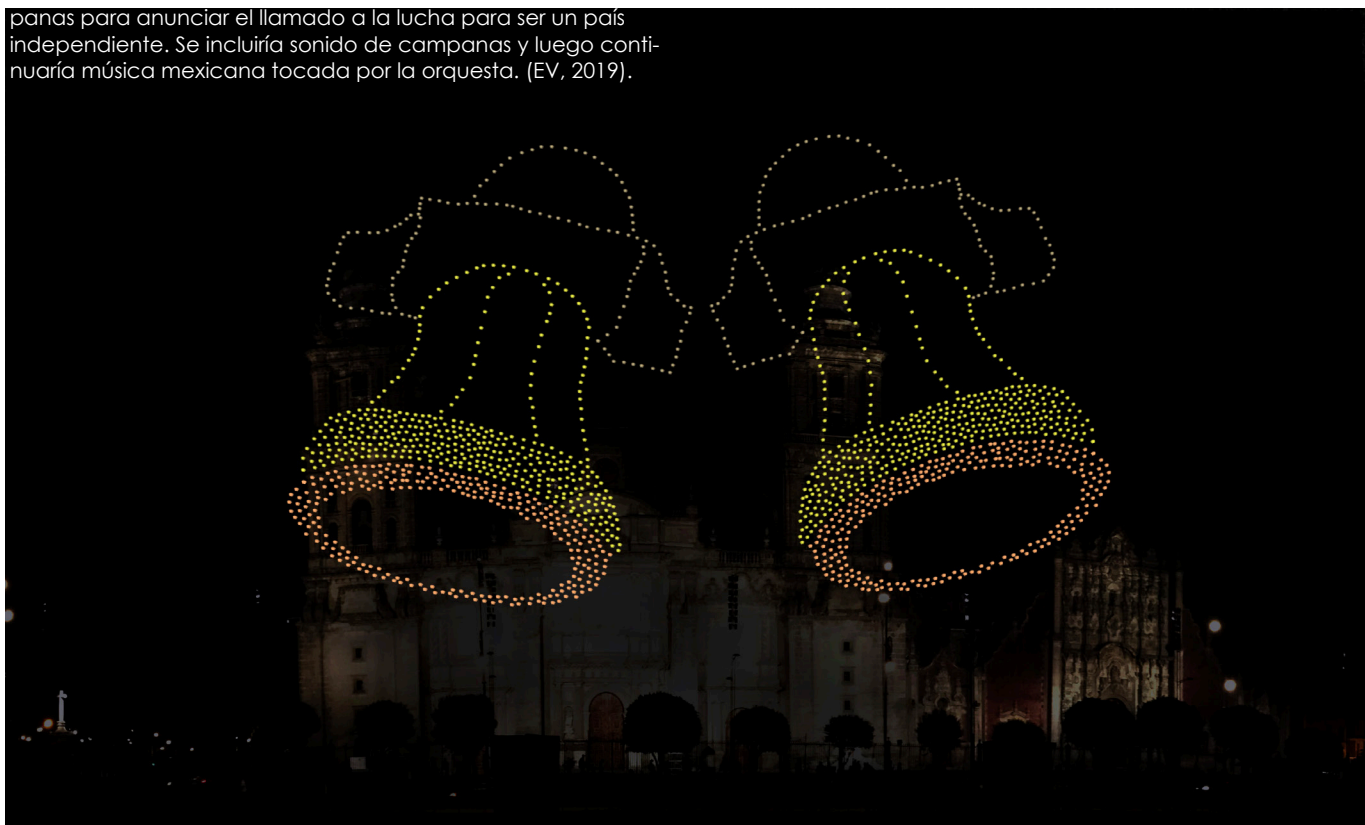
Imagen de la colocación inicial de los drones en el suelo antes de empezar a volar. (EV, 2019).

Estado inicial

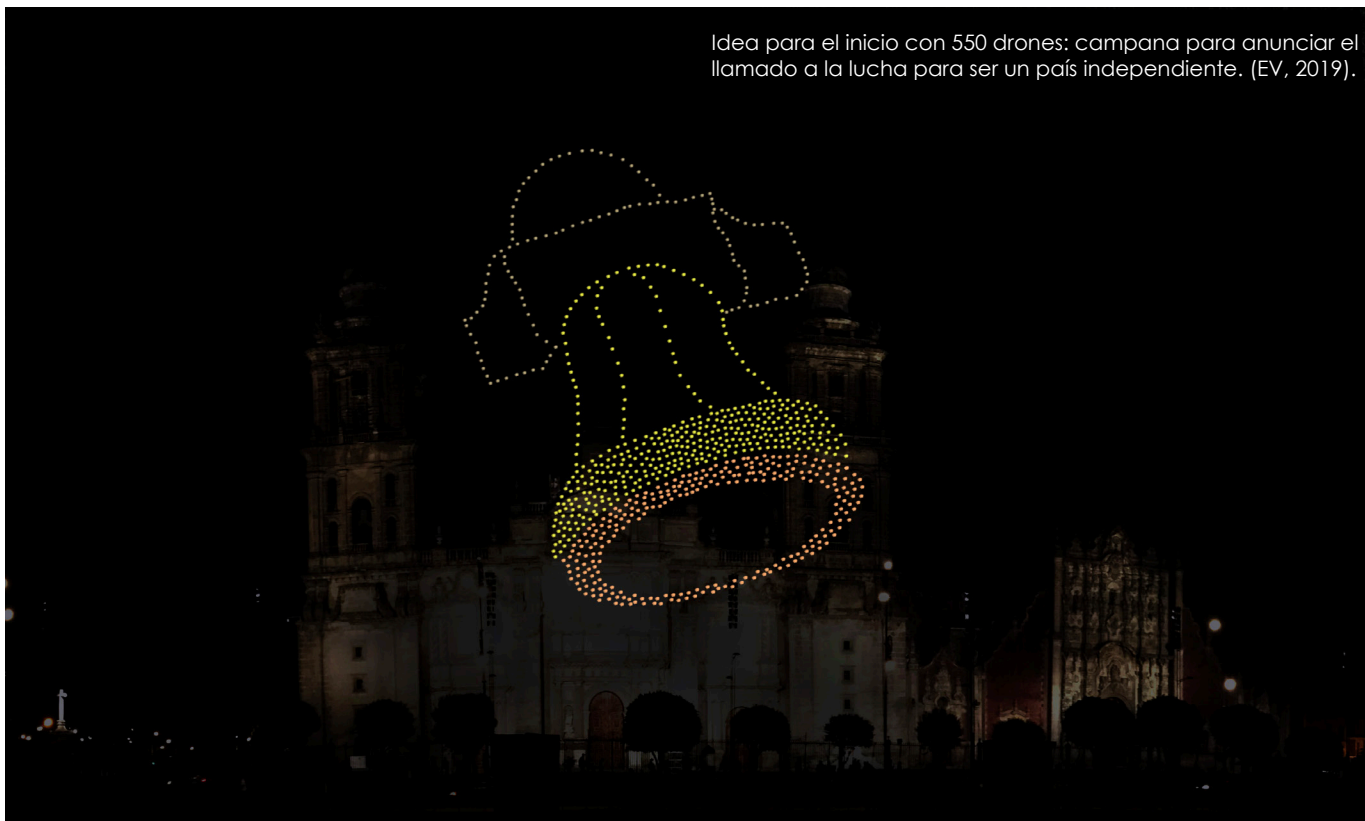


Etapa 1 - Escena 1

panas para anunciar el llamado a la lucha para ser un país independiente. Se incluiría sonido de campanas y luego continuaría música mexicana tocada por la orquesta. (EV, 2019).



Idea para el inicio con 550 drones: campana para anunciar el llamado a la lucha para ser un país independiente. (EV, 2019).



Etapa 2 - Escena 2

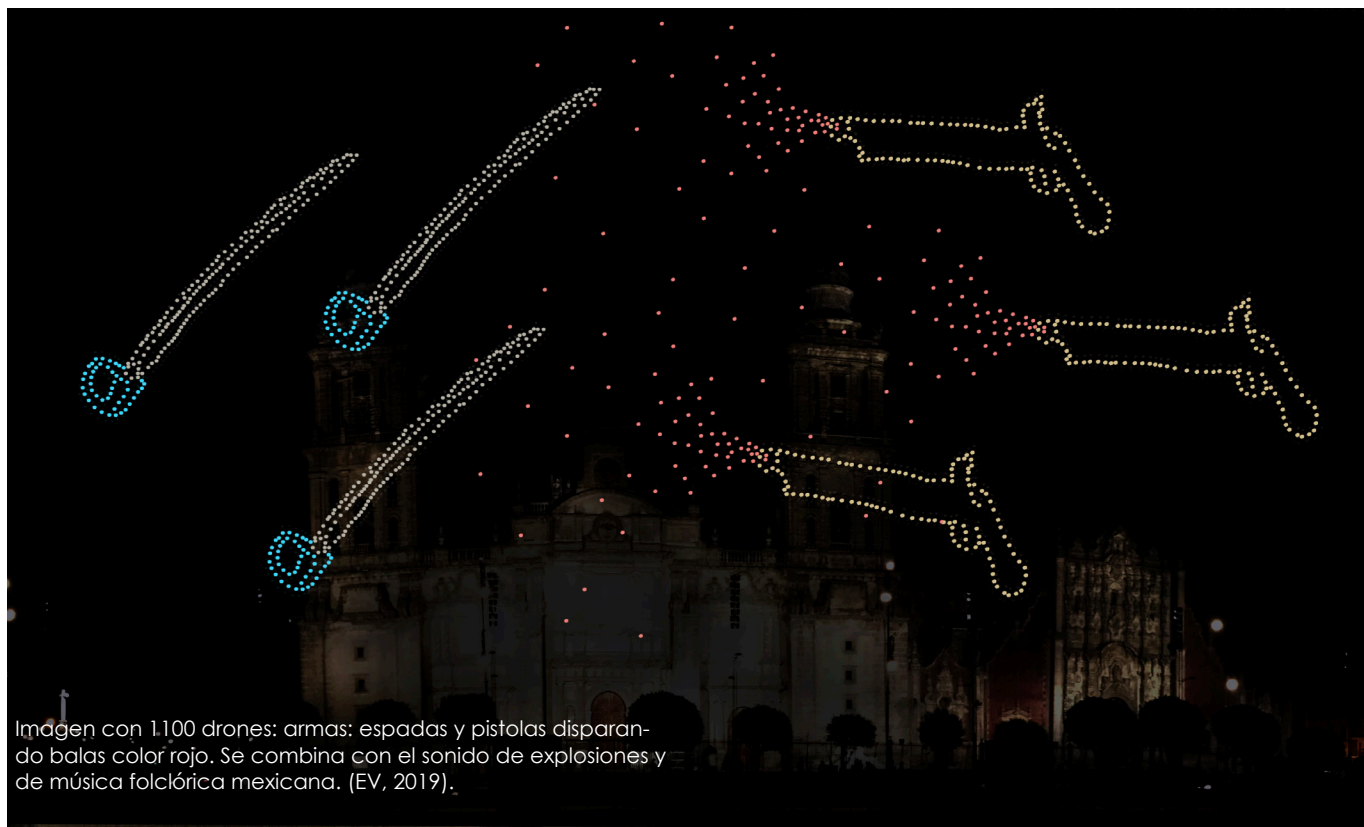


Imagen con 1.100 drones: armas: espadas y pistolas disparando balas color rojo. Se combina con el sonido de explosiones y de música folclórica mexicana. (EV, 2019).



Imagen con 550 drones: armas: espadas y pistolas disparando balas. Se combina con el sonido de explosiones y de música folclórica mexicana. (EV, 2019).

Etapa 2 - Escena 3

Imagen con 1100 drones: bandera del ejército trigarante formada por la representación de las almas de los caídos en batalla. Acompañada de música folclórica mexicana. (EV, 2019).

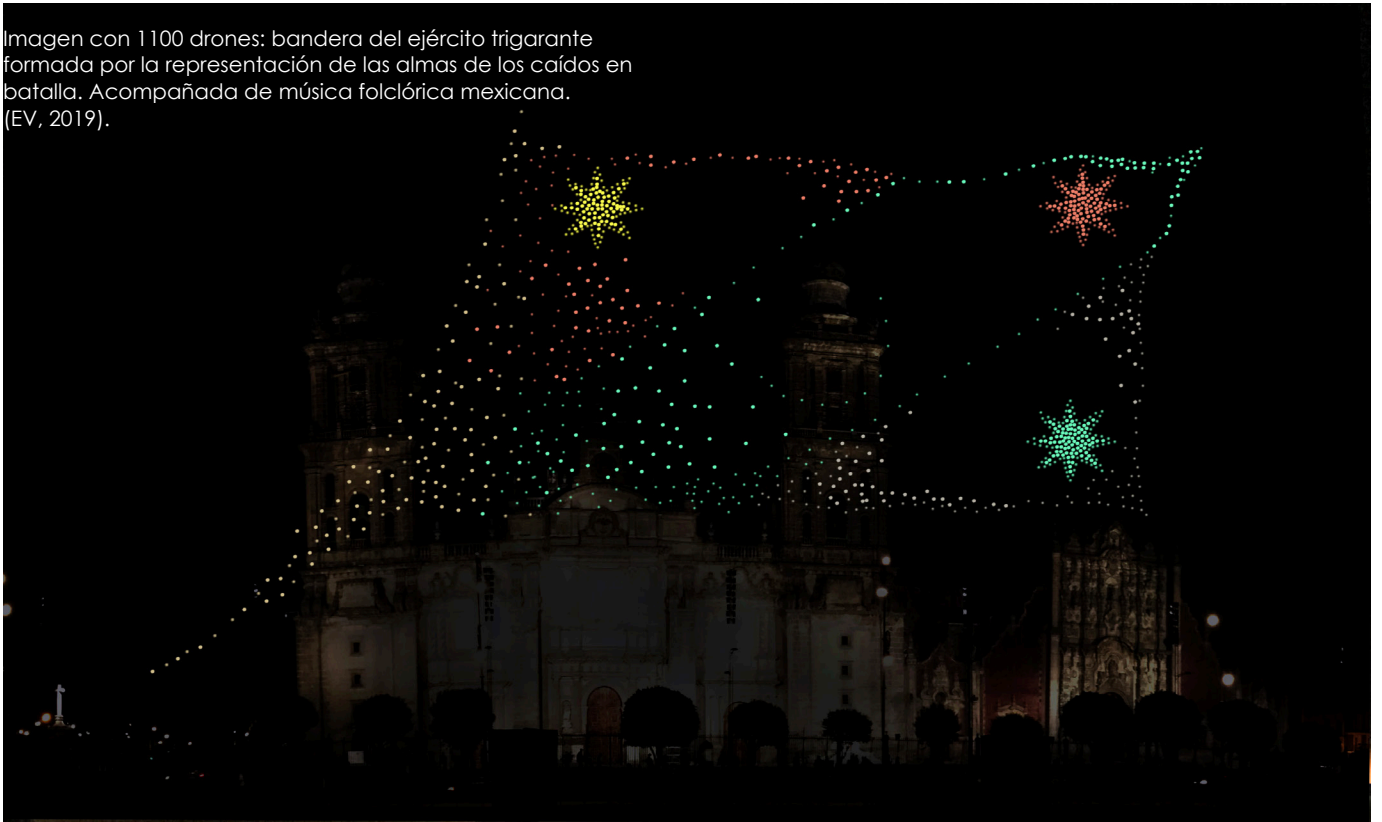
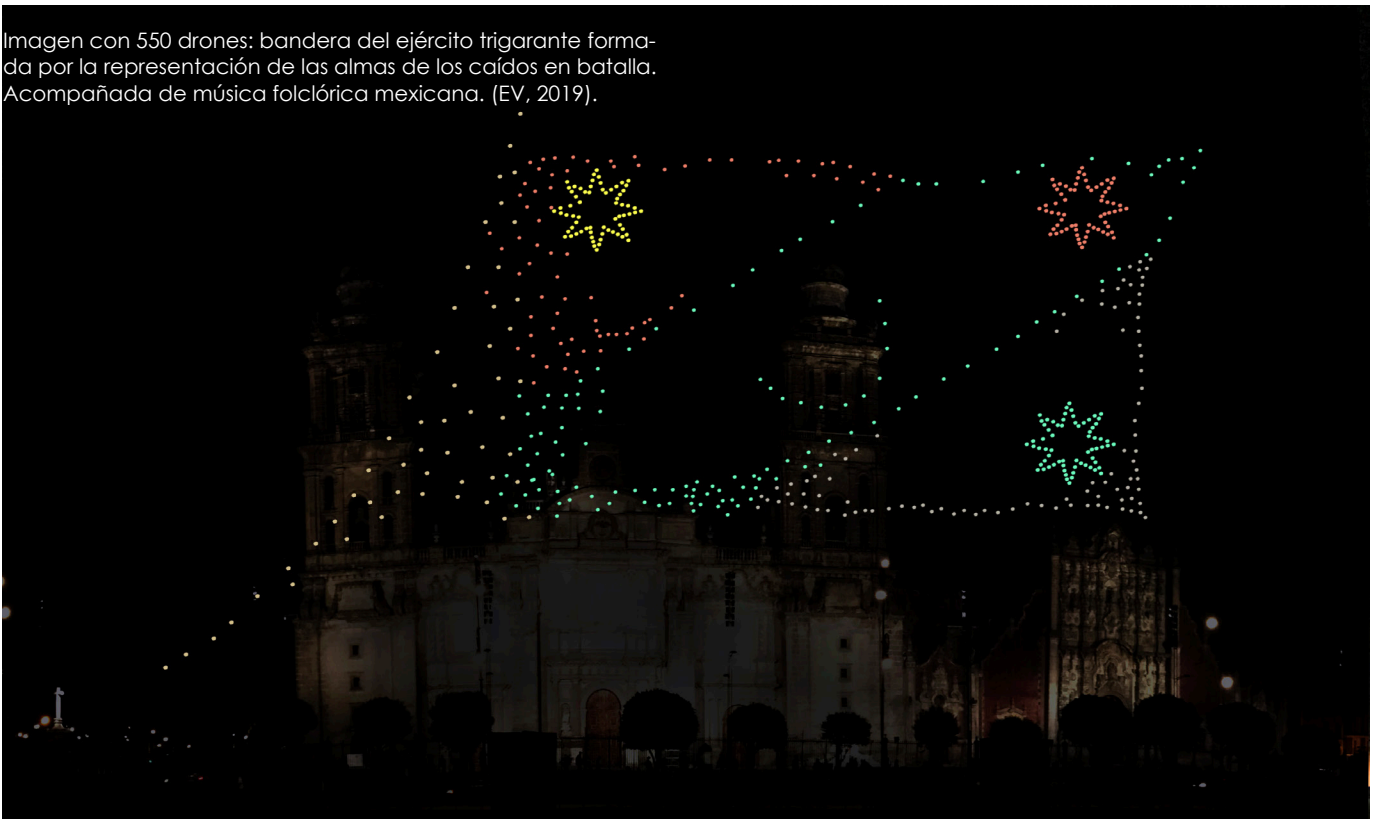


Imagen con 550 drones: bandera del ejército trigarante formada por la representación de las almas de los caídos en batalla. Acompañada de música folclórica mexicana. (EV, 2019).



Etapa 3 - Escena 4

Imagen con 1100 drones: el proceso de construcción de una nación representada con un rompecabezas, se continúa con música folclórica mexicana. (EV, 2019).

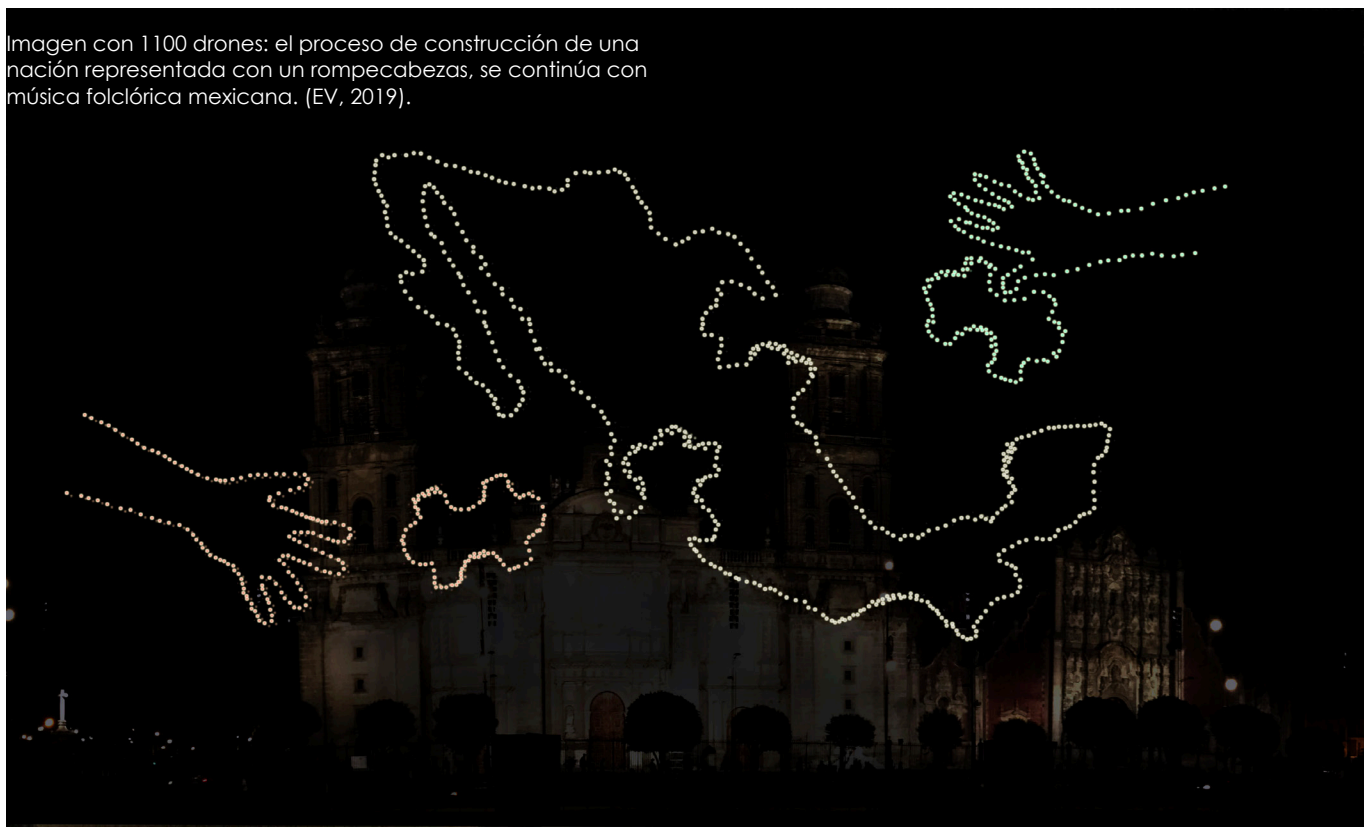


Imagen con 550 drones: el proceso de construcción de una nación representada con un rompecabezas. (EV, 2019).



Etapa 3 - Escena 5

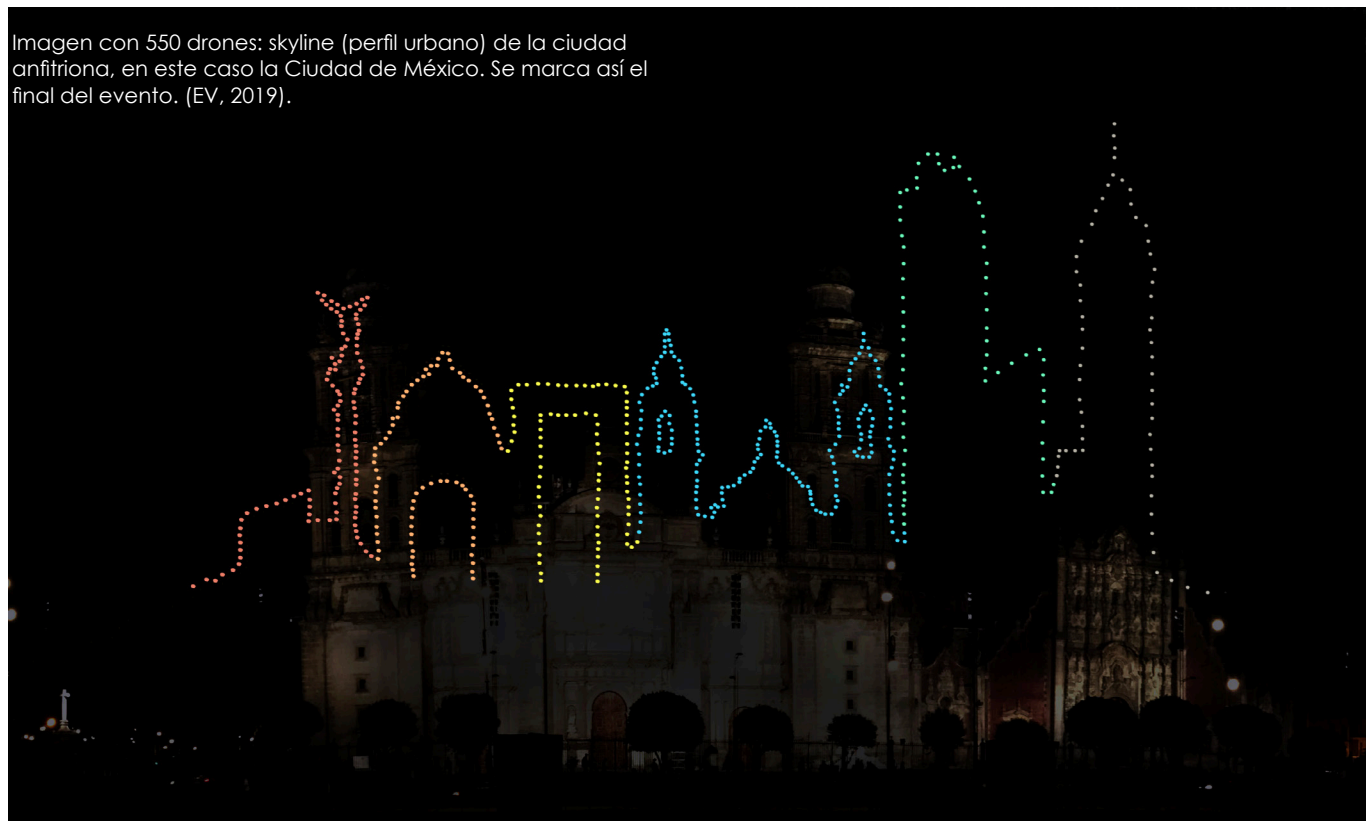


Etapa 3 - Escena 6

Imagen con 1100 drones: skyline (perfil urbano) de la ciudad anfitriona, en este caso la Ciudad de México. Se marca así el final del evento. (EV, 2019).



Imagen con 550 drones: skyline (perfil urbano) de la ciudad anfitriona, en este caso la Ciudad de México. Se marca así el final del evento. (EV, 2019).



PROPUESTA DE ILUMINACIÓN



Croquis con los luminarias existentes en la Plaza de la Constitución. (EV, 2019).

Luz en el evento

P-01: Luminaria existente con dos lámparas LED laterales colgantes color blanco neutro modelo Zócalo marca Fiamma 95 x 55 cm y una en la parte más alta modelo Zócalo mini 80 x 55 cm colocadas en postes de 10 m de altura.

L-02: Ghostdrone 2.0 marca Ehang, RGB con los colores planteados en el enfoque. Medidas: 25 x 25 x 19 cm. Batería de 4500 mAh.

Las luminarias que se representan en el croquis de arriba se cambiaron recientemente y otorgan una iluminación general.

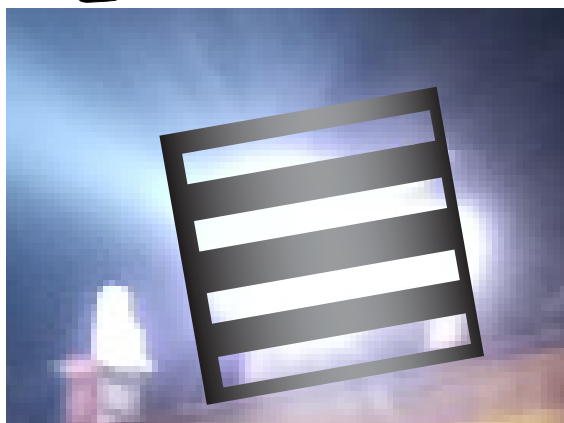
Se propone que para el evento estas luminarias y los proyectores que forman parte de la iluminación de la Catedral Metropolitana se puedan apagar solamente durante el show.

Esto para poder contemplar mejor las figuras que se planean mostrar.

PROPUESTA DE ILUMINACIÓN

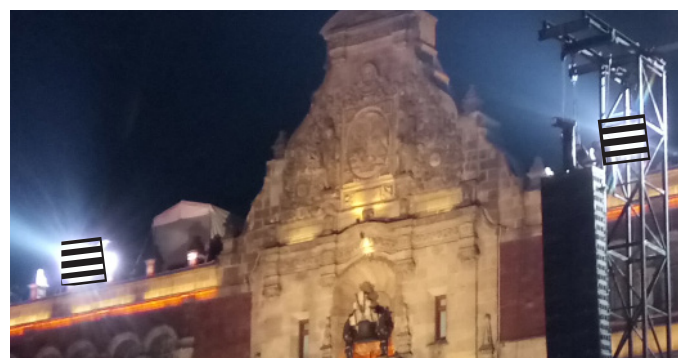
En la imagen de abajo se muestra la luminaria actual, de las tres lámparas que componen la luminaria la única que deslumbra a los usuarios es la pequeña de la parte de arriba, la cual está orientada a 45°. Tiene un difusor de acrílico y el color que emite es blanco neutro. (Fiamma, 2017). Se propone cambiar la orientación de la lámpara pequeña más alta: de 45° a 90° hacia abajo.

Se plantea además que se puedan apagar durante el show para crear una atmósfera más oscura y así tener una mejor visualización de este y futuros eventos.

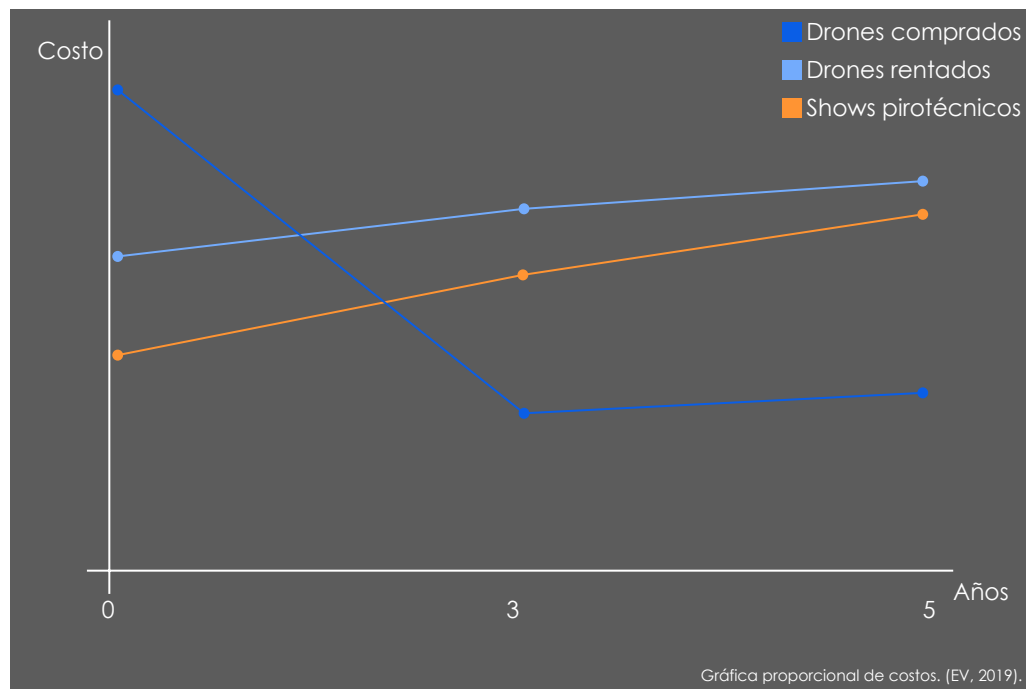


La razón principal del deslumbramiento es ocasionado por las luminarias ubicadas en la azotea de Palacio Nacional en festividades celebradas en la Plaza de la Constitución. Están ahí por seguridad del Presidente de la República para alojar a francotiradores.

Hacer un cambio en el modelo de estas luminarias es poco viable por su función. Por lo tanto se propone incluir una rejilla que permita para reducir este deslumbramiento y para observar mejor no sólo el show de drones, sino también el resto de los eventos que ocurren antes. Se propone que estas luminarias se mantengan encendidas durante el evento por cuestiones de seguridad de los asistentes.



PROPUESTA DE ILUMINACIÓN



Tecnología

De acuerdo con los videos corporativos de Intel y con la información de la página de internet de Ehang estos eventos se logran de la siguiente manera:

Los drones se controlan con un software que ubica a los drones a través de coordenadas. Estos vehículos no se utilizan para otro fin más que el de emitir luz y volar de acuerdo con la programación (Intel, 2016). Al software se le puede introducir cualquier imagen vectorizada para que sea formada por los drones. Este calcula la mejor ruta que debe seguir cada uno de los drones para lograrla. (Ehang, 2018). Los drones se deben colocar de una forma precisa para que el software haga un correcto reconocimiento de cada vehículo. (Anexo 05).

Cada dron tiene sensores que le permiten reconocer si hay uno cerca para evitar choques y cuando la batería es baja para regresar al punto de partida de una forma segura. (Ehang, 2018).

Al buscar datos acerca de los costos de la cantidad de fuegos pirotécnicos que usan el 15 de septiembre, de los drones que tienen luz y de la renta de shows de drones en las páginas de Ehang y del IMEPI se encontraron cifras nulas o inciertas.

La gráfica de arriba muestra que la inversión inicial para la compra de drones es muy alta. Sin embargo, al pasar el tiempo el costo sólo sería de almacenamiento, mantenimiento y operación de los dispositivos. El costo de renta del show de drones y de los fuegos pirotécnicos se elevaría cada año por cuestiones de inflación.

Por estas razones el costo por año del show del 15 de Septiembre se reduciría considerablemente al evitar el gasto constante. Se realizaría una inversión cada 10 años para comprar drones, cada 2 para las baterías y el gasto recurrente sería para la instalación, programación y trabajo del equipo de la empresa Ehang.

PROPUESTA DE ILUMINACIÓN

L-02 GHOST DRONE 2.0

Cada empresa que se dedica a hacer shows masivos tiene un modelo especial de drones con luz, pero Ehang logró un récord Guinness de mayor número de drones en el aire, además de contar con un control más sencillo y flexible que puede operar una persona en una computadora.

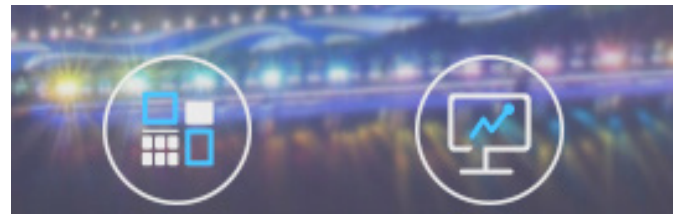
Estas características permiten un vuelo seguro y supervisado. Si se llega a perder la comunicación, los drones cuentan con un sensor que previene colisiones separándose automáticamente a 5 cm y si se llega a acabar la batería también tienen un sistema que hace regresar a salvo a los drones al punto de inicio.

Tiene motores de alta velocidad, hélices autoajustables de 21 cm, baterías de ion litio de polímero de 4500 mAh, sistema de propulsión que soporta una duración de vuelo de 30 minutos.



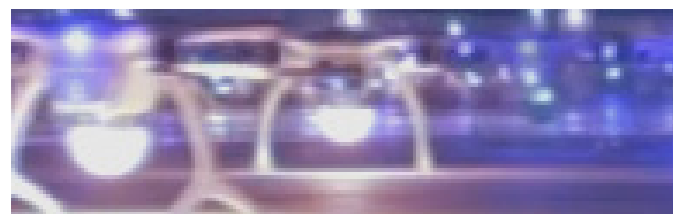
Adaptación al espacio

Delimitación programada



Sensores con respaldo

Comunicación en tiempo real



Ghost-drone 2.0 encendido (Ehang, 2018).



Modelo Ghost-drone 2.0 (Ehang, 2018).

CONCLUSIONES

Este tema surgió de la curiosidad al ver el show de los Juegos Olímpicos de Pyeong Chang de 2017, al realizar la pregunta: ¿Cómo es que esas luces están volando?

Así que comencé a investigar acerca de drones programados con luz para hacer figuras en el cielo. La inquietud surgió al desear realizar un evento así en nuestro país, donde se llevan a cabo muchas festividades en las que se utiliza pirotecnia. Esta tradición es increíble, tradicional y emotiva, pero incrementa la contaminación ambiental y auditiva.

Justo en los meses del final del desarrollo de este trabajo (mayo 2019) se reportó que habíamos llegado a niveles peligrosos de la PM 2.5, partícula producida por diferentes causas, entre ellas la pirotecnia. Por lo que el aspecto ambiental se volvió más importante.

Por eso el tema de este trabajo es combinar la tecnología con un concepto lo bastante sólido como para mejorar una tradición que ha pasado de generación en generación. La tecnología también puede ayudar a conservar las emociones producidas por estos eventos que son tan importantes a nivel internacional. Sin embargo, un cambio tan radical podría causar enfado o desagrado.

La idea de presentarlo de una forma masiva surgió para empezar de lo general a lo particular. Algo grande, que impresione, para que las personas se vayan adecuando y se realice posteriormente un cambio paulatino en eventos de la ciudad, después del país.

El evento en donde se usa más pirotecnia en la ciudad es el día de la Independencia de México. En 2018 pude acudir a este evento

para realizar el análisis de sitio y saber qué se puede proponer y qué no. Fue muy interesante conocer un poco de la logística del evento y lo felices que se veían todos los asistentes.

Para enriquecer más el trabajo también hice una investigación acerca de colores:

Además de usar los colores clásicos representativos de nuestro país y otros que se usan normalmente en eventos con fuegos artificiales, de acuerdo con la investigación realizada encontré acordes cromáticos específicos para causar emociones positivas. Esto es aplicable a cualquier proyecto, pensando en lo que se quiere transmitir a los usuarios.

En la formación académica de la especialización se realizó un prototipo de un dron que cambia de color al ritmo de la música. En este trabajo se incluyó como anexo para mostrar uno de los ejercicios que realizamos en clases. Este prototipo se podría usar para un show si se hace un desarrollo y una programación con alguna empresa patrocinadora.

En el anteproyecto se incluyen figuras representativas del país que se van formando mientras la orquesta toca música mexicana, efectos de sonido de explosiones similares a las causadas por la pirotecnia para mantener las emociones que se han causado desde hace cientos de años.

La parte interactiva se agregó para ayudar a los usuarios a sentirse integrados al evento. Al pensar que un cambio tan grande es complicado de asimilar, uno de los factores que pueden ayudar a facilitar el cambio de tecnología es la inclusión de las personas.



CONCLUSIONES

Esta interacción es controlada al incluir una aplicación para prender y activar los drones (la idea surgió al visitar la Plaza de la Constitución y ver que puede ser viable por el acceso tan controlado del lugar).

Realizar este trabajo terminal ha expandido mi conocimiento acerca del impacto que tiene la luz, la tecnología y los colores en nosotros, en nuestro ambiente y en nuestro comportamiento.

La tecnología avanza rápidamente. Se está desarrollando en Asia un prototipo de partícula luminosa que vuela y se programa para realizar figuras en el aire. También se están desarrollando VANTs más pequeños y económicos que los que se encontraron para este proyecto.

Se podría reemplazar el modelo de Ehang elegido para el proyecto en un futuro cercano, lo que es muestra de que hay que seguir investigando, aprendiendo e innovando.

El progreso y el cambio son algo que debemos aceptar y adoptar para evolucionar y crecer.



Este proyecto es desarrollado por la empresa de telecomunicaciones japonesa NTT y la electrónica alemana ARS Futurelab. Se trata de hacer que los drones pinten con luz, formando líneas visibles en las cámaras fotográficas.

Este proyecto sigue en desarrollo para presentarse en los juegos olímpicos de Tokio, Japón en 2020.

Se ha desarrollado un software para comunicación entre los drones que se llama SwarmOs. El software se está avanzando tanto que puede gestionar los drones para que formen figuras más complejas interactuando entre ellos de forma autónoma.

Se está perfeccionando lo suficiente para que se pueda acercar a la gente sin dañarla, interactuando e incluso señalando el camino. Sus medidas aproximadas son 30 x 30 cm, pero no son definitivas porque sigue en desarrollo.

Proyecto Spaxels.
(Ars Electronica Futurelab / NTT, 2019).

 Un sólo control puede manejar todos los drones como un enjambre.

En cada evento se puede controlar uno o todos los drones, cada instrucción se puede expandir a otros enjambres de drones.



 Los patrones calculados hacen que los enjambres sean automatizados y sin colisiones.



Spaxels marcando el camino a los peatones.
(Ars Electronica Futurelab / NTT, 2019).

Características:

Desplazamiento 1 km

Duración de vuelo 8 min

Creación de 4 mil millones de colores

Altura que alcanza: 130 m

Peso: 330 g

Control de 300 con una computadora

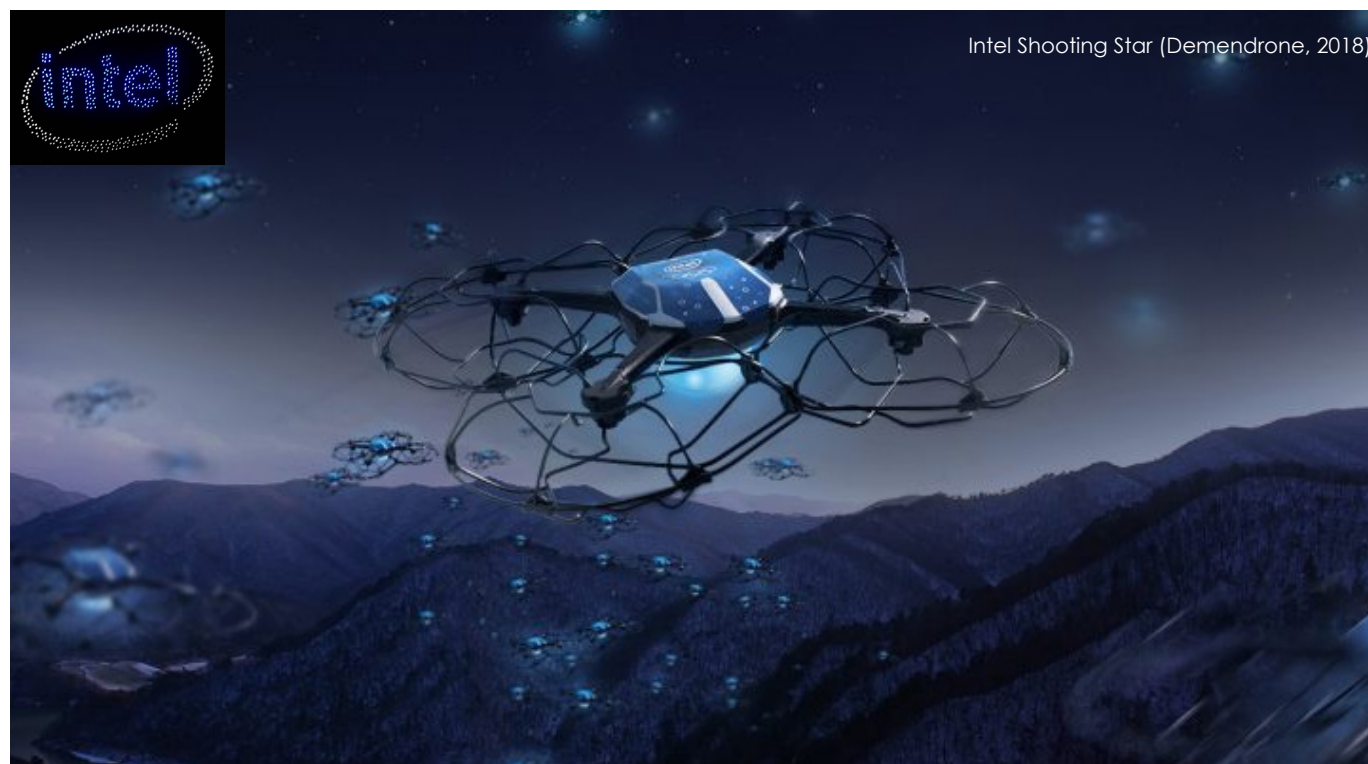
Medidas: 30 x 30 cm en la versión para exteriores.

El desarrollo de los drones de intel ha progresado rápidamente para controlar cada vez una mayor cantidad con una computadora. Rompiendo récords mundiales en diferentes eventos.

Se ha mejorado su diseño haciendo los drones cada vez más pequeños para que puedan adaptarse a interiores y exteriores. El modelo mini mide 15 x 15 cm. Se usa en espacios interiores donde el récord establecido es de 150 drones usados en un evento. (Intel, 2019).



Drones Intel Shooting Star mini en un evento de presentación en espacio interior (Intel, 2018).



Intel Shooting Star (Demendrone, 2018).



Imagen de luz integrada en el dron (Eachine, 2019).

Color: verde

Giro: 6 ejes

Canal: 4 canales

Batería: 3.7V 350mAh 2XBatería LiPo
(Incluida)

Tiempo de vuelo: por encima de 8 minutos/1piezas

Tiempo de carga: 40 minutos/1piezas

Modo de transmisor: Modo 2 (acelerador de la mano izquierda)

Potencia del transmisor: 2 x 1.5V batería AA
(NO incluidas)

Distancia R / C: unos 50 metros

Tamaño de dron: 8.8 x 8.8 x 3.0 cm

Tamaño del paquete: 20 x 14 x 6.2 cm

Integración de luz LED: Para vuelo nocturno se incluye esta función para que los niños jueguen e interactúen.

ANEXO 04

FICHA TÉCNICA SYMA X15W

Marca: Syma

Modelo: X15W

Material de la carcasa: plástico

Canal: 4 CH

Tamaño de cuadricóptero: 21.5 x 21.5 x 5 cm
(L x W x H)

Tamaño del control remoto: 12.8 x 11.5 x 5 cm

Batería: 3.7V 450 mAh (Incluido)

Batería del transmisor: 4 * AA (No incluido)

Cámara: 0.3 MP

Motor: motor cepillado

Distancia de vuelo: unos 50 m

Distancia FPV: unos 30 m

Tiempo de vuelo: unos 7 minutos

Tiempo de carga: menos de 100 minutos

Sistema compatible: para Android, para iOS

Tipo de enchufe: USB

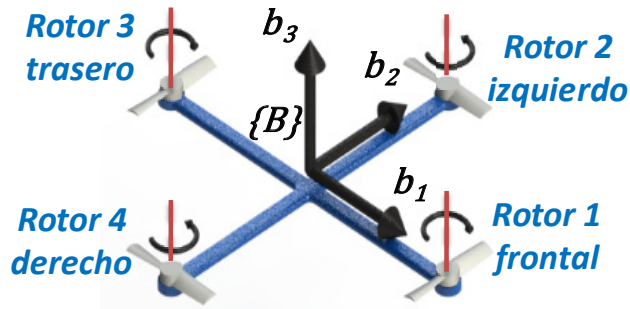
Barómetro incorporado para establecer la altura a la que se desplazará en el aire cuando se suelte el joystick izquierdo.



Las luces LED hacen del dron un volador nocturno llamativo. (Syma, 2019).



En esta imagen se ven características del drone como su cámara y alas rotativas. (Syma, 2019).



Esta imagen muestra una simplificación de un VANT, cada uno de los rotores o actuadores tiene un motor que se considera en las ecuaciones para el cálculo de trayectorias. (Miranda, et al, pag. 10).

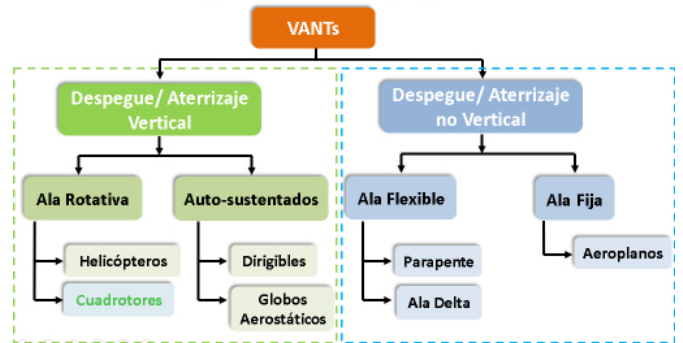
Número	PPD	Nombre
0	Menos de 1 kg	Micro
1	Hasta 1 kg	Mini
2	Hasta 13.5 kg	Pequeño
3	Hasta 242 kg	Ligero/Ultraligero
4	Hasta 4332 kg	Normal
5	Más de 4332 kg	Grande

Clasificación de drones por peso (Miranda, et al, pag. 7).

Los VANTs se clasifican de tres formas: 1)Tipo de despegue, 2)Peso y 3)Autonomía. Los que se usan en este proyecto son “Cuadrotores de ala rotativa” que son dispositivos con cuatro rotores o actuadores, de despegue y aterrizaje vertical, mini o micro de acuerdo a su peso menor a 13 kg, los drones de la marca Ehang tienen un nivel de autonomía 8, es decir, se adaptan ante fallas, se coordinan, cooperan entre ellos y reconocen el espacio donde se encuentran. (Miranda, et al, 2018).

Lo que se está desarrollando en Japón, el proyecto Spaxels, pretende que se llegue a un nivel de autonomía 9, que implica que los drones reconozcan el espacio como un enjambre y no sólo de forma individual. (Miranda, et al, 2018).

Se usan cuadrotores por su capacidad de



Clasificación de drones por tipo de despegue (Miranda, et al, pag. 6).

Nivel	Descripción del Nivel
0	Vehículo operado de forma remota
1	Realiza una misión pre-planeada
2	Es capaz de llevar a cabo un cambio de misión
3	Respuesta robusta ante fallas/eventos en tiempo real
4	Vehículo adaptable ante fallas/eventos
5	Coordinación entre vehículos en tiempo real
6	Cooperación entre vehículos en tiempo real
7	Conocimiento del espacio de operación
8	Reconocimiento del espacio de operación
9	Reconocimiento del espacio de operación de enjambre
10	Vehículo completamente autónomo

Clasificación de drones por autonomía. (Miranda, et al, pag. 8).

mantenerse suspendidos en el aire y por su resistencia a colisiones.

Se debe tomar en cuenta que tienen un alto consumo de energía y que las ecuaciones para controlarlos son complejas. (Miranda, et al, 2018).

El tipo de control para los VANTs en este caso es el de seguimiento de trayectorias con algoritmo no lineal, que es complejo de implementar, pero se obtiene un mejor desempeño. Se utilizan ecuaciones para modelar sistemas dinámicos que se diseñan de acuerdo a coordenadas cartesianas y vectores. (Miranda, et al, 2018).

Los sistemas que se diseñan toman en cuenta que los cuadrotiles son modelos con diferentes movimientos en cada uno de sus cuatro rotores o actuadores que se repre-

sentan a través de ecuaciones de rotación, también hay movimientos donde se toma en cuenta todo el dispositivo a través de ecuaciones de traslación que ejercen diferentes fuerzas de empuje. (Miranda, *et al*, 2018).

Las trayectorias de las figuras que se deseen realizar se dividen en vectores a los que se les asigna una ecuación, donde se incluyen condiciones y limitaciones establecidas por el programador. Para comprobar el correcto funcionamiento de las trayectorias se realizan simulaciones numéricas. (Miranda, *et al*, 2018).

Estos algoritmos y simulaciones numéricas se representan en un software de diseño 3d para que estos cálculos se hagan automáticamente al ingresar una imagen vectorizada. Cada empresa: Intel, Ehang y Futurelab, entre otras tienen su propio software.

La diferencia entre estos softwares es la simplificación de este proceso, considerando: que haya menos errores en las trayectorias para evitar accidentes, si hay errores, que los vehículos actúen apropiadamente para regresar seguros al punto de inicio; que se pueda monitorear el funcionamiento de los drones en tiempo real.

Si es necesario actualizar sus trayectorias y que estas se puedan adaptar a cualquier escenario dinámico.

La empresa Ehang hizo un software para controlar el modelo Ghost drone que es el mismo que se usa para los shows, aunque este modelo se usa para aplicaciones domésticas, no de eventos. Esto es lo que permitió proponer la integración de los usuarios al show mediante tres funciones: asignar un

VANT, encender y activar para que vuele. Todas bloqueadas hasta el momento indicado.

Es probable que el proyecto Spaxels de Futurelab haga este proceso todavía más simple y con capacidad de realizar figuras con superficies más complejas, esto por su intención de que los vehículos sean completamente autónomos y el funcionamiento de enjambre que se está planteando para el 2020. Por ahora el software y las características que más se adecúan al proyecto son las de la empresa Ehang.

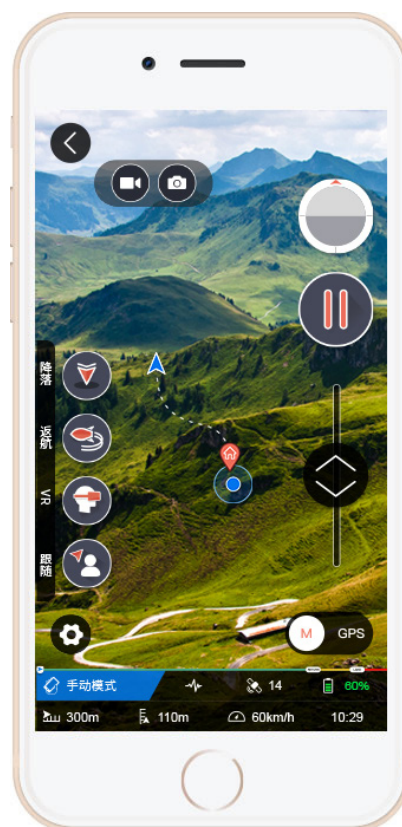


Imagen de la app de Ehang compatible con Android e iOS. Sirve para controlar las trayectorias de los drones. (Ehang, 2018).

CO AV-23/10 R4

El Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS) está compuesto de una Aeronave Pilotada a Distancia (RPA) y todo lo asociado con el equipo de soporte para su operación, tal como, estación de control, datos de enlace, telemetría, equipo de navegación y comunicación, mecanismo de lanzamiento y recuperación, entre otros.

La RPA es la parte del sistema que ejecuta el vuelo, controlada por una persona que se le denomina "piloto en tierra", mediante un sistema de control en tierra, y cuando aplique, con apoyo de una computadora, enlaces de comunicación y equipo adicional que sea necesario para operar la RPA en forma segura.

Los estándares de aeronavegabilidad que se establecen para los RPAS, no son menos demandantes que los que aplican para aeronaves tripuladas, ni deben restringir al Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS) del cumplimiento de estos estándares.

7. Clasificación de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) y Requerimientos y Limitaciones generales

7.1 La Autoridad Aeronáutica clasifica a los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia, por su peso máximo de despegue y por su uso, como se muestra a continuación:

CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE AERONAVES PILOTADAS A DISTANCIA		
PESO MÁXIMO DE DESPEGUE	CATEGORIA	USO
2.000 kg o menos	RPAS Micro	Privado Recreativo
		Privado No Comercial
		Comercial
2.001 kg hasta 25 Kg	RPAS Pequeño	Privado Recreativo
		Privado No Comercial
		Comercial
25.001 kg o más	RPAS Grande	Privado Recreativo
		Privado No Comercial
		Comercial

7.2. Requerimientos y Limitaciones Generales para todas las Categorías y tipos de uso de RPAS.

- Ningún piloto del RPAS debe dejar caer y/o aventar (aunque tenga paracaídas) desde la aeronave pilotada a distancia (RPA) cualquier objeto o material que pueda causar daño a cualquier persona o propiedad.
- El piloto del RPAS no debe operar la aeronave pilotada a distancia (RPA) si el vuelo no puede hacerse de manera segura. Esta condición debe determinarse en una inspección de prevuelo. La inspección de prevuelo debe contener por lo menos lo indicado en el Apéndice E de la presente Circular Obligatoria.
- El piloto del RPAS no debe operar la aeronave pilotada a distancia (RPA) en las zonas prohibidas, restringidas o peligrosas, establecidas en la Publicación de Información Aeronáutica (PIA) de México, Sección ENR 5.1. Para la adquisición de la Publicación acceder a la siguiente liga del sitio internet de SENEAM:
<https://www.gob.mx/seneam/acciones-y-programas/publicacion-pia-aip>

CO AV-23/10 R4

autoridades aeronáuticas del estado de matrícula/registro o el estado del operador extranjero y la autoridad aeronáutica Mexicana.

8. Requerimientos y Limitaciones del RPAS Micro

8.1. Para uso Privado Recreativo, Privado No Comercial y Comercial

8.1.1. Todos los RPAS de esta categoría y usos, no requieren tener una autorización de operación de la Autoridad Aeronáutica, siempre que cumplan con los requerimientos y limitaciones siguientes:

- a) El propietario del RPAS debe registrar los RPAS con peso máximo de despegue superior a 250 gramos (0.55 libras) en el sitio de internet de la SCT/DGAC, antes de operarlos. La liga al sitio de internet de la SCT/DGAC es la siguiente:

<http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/aeronautica-civil/3-servicios/35-rpas-drones/>

El registro deberá realizarse por personas de nacionalidad mexicana mayores de dieciocho años de edad, y en su caso por uno de los padres o el tutor de algún menor de edad. La información requerida para este registro es la indicada en el apéndice K de la presente Circular Obligatoria. El registro en el sitio de internet es gratuito. El propietario recibirá el original del documento de registro del RPAS emitido por la DGAC, diez días hábiles después que se registró.

- b) Todos los RPAS de esta categoría, con un peso máximo de despegue superior a 250 gramos (0.55 libras) deben estar identificados con una etiqueta de material no flamable, conteniendo el fabricante, modelo, número de serie y folio de registro del RPAS. La etiqueta debe instalarse en el exterior de la aeronave pilotada a distancia (RPA) o en un compartimiento que sea fácilmente accesible sin tener que utilizar una herramienta para abrirlo.
- c) El piloto del RPAS debe operar la aeronave pilotada a distancia (RPA) a una altura máxima de 122 metros (400 ft), excepto a la requerida en el párrafo f) de este numeral.
- d) No deben operarse más allá de la línea visual del piloto del RPAS. La aeronave pilotada a distancia (RPA) no debe alejarse más de 457 metros (1500 ft) de distancia horizontal del piloto del RPAS.
- h) El piloto del RPAS no debe exceder la velocidad indicada en la tabla siguiente de acuerdo con su peso máximo de despegue:

Peso Máximo de Despegue (Kg)	Velocidad Operacional Máxima (Km/hr)	Peso Máximo de Despegue (Kg)	Velocidad Operacional Máxima (Km/hr)	Peso Máximo de Despegue (Kg)	Velocidad Operacional Máxima (Km/hr)
0.001	55.00	0.6	38.14	1.4	24.97
0.01	55.00	0.7	35.31	1.5	24.12
0.1	55.00	0.8	33.03	1.6	23.36
0.2	55.00	0.9	31.14	1.7	22.66
0.3	53.94	1	29.54	1.8	22.02
0.4	46.71	1.1	28.17	1.9	21.43
0.5	41.78	1.2	26.97	2	20.89
0.6	38.14	1.3	25.91		

8.1.2. Todos los RPAS podrán realizar operaciones sobre personas, excepto sobre multitudes (de más de 12 personas), siempre que cumplan con los numerales 8.1.1., 8.1.2., 8.1.3., 8.1.4., 8.1.5., 8.1.6., 8.1.7., 8.1.8., 8.1.9. y 8.1.10., de esta sección, según aplique y se mantenga en todo momento a una altura de cuando menos 46 metros (150 ft) sobre las personas.

13. El operador del RPAS en cualquier categoría o tipo de uso que desee efectuar operaciones fuera de los requerimientos y limitaciones indicadas, deberá someter su solicitud anexando la mayor información posible del tipo de operación que se pretende realizar, que incluya un análisis amplio de mitigación de riesgos, a fin de realizar la evaluación correspondiente y de proceder se emita la autorización por la autoridad aeronáutica.

APÉNDICE “A”

INFORMACIÓN GENERAL

El presente Apéndice muestra la forma de identificar la aeronave, y las características de la aeronave conforme a su operación, lo cual debe ser considerado para obtener la autorización de operación.

El operador del RPAS debe proporcionar la siguiente información conforme aplique a las características del RPAS y a la operación a efectuar:

A.1. Información General del Solicitante.

- a) Nombre del operador y del fabricante del RPAS.
- b) Año de fabricación de la aeronave pilotada a distancia.
- c) Dirección del operador.
- d) Número de serie de la aeronave pilotada a distancia.
- e) Descripción de la aeronave pilotada a distancia.
- f) Modelo de la aeronave pilotada a distancia.
- g) Matrícula de la aeronave pilotada a distancia (en caso de aplicar).
- h) Fabricante y Modelo del motor de la aeronave pilotada a distancia.
- i) Fabricante y Modelo de la hélice.
- j) Peso máximo de despegue.
- k) Uso que se le pretende dar al RPAS.

A.2. Fases de vuelo.

- a) Procedimientos operacionales de pre-vuelo/carreteo
- b) Procedimientos de lanzamiento/despegue.
- c) Procedimientos durante el Vuelo.
- d) Procedimientos de Aterrizaje / recuperación.
- e) Procedimientos después del vuelo.

A.3. Manual de Vuelo emitido por el Fabricante.

A.4. La configuración del sistema tanto de todo el equipamiento en tierra como a bordo de la aeronave.

A.5. Procedimientos de Seguridad para la terminación del vuelo y pérdida de enlace.

A.6. Descripción de las Estaciones de Control y los Comandos de operación del RPAS.

A.7. Frecuencias utilizadas por el RPAS.

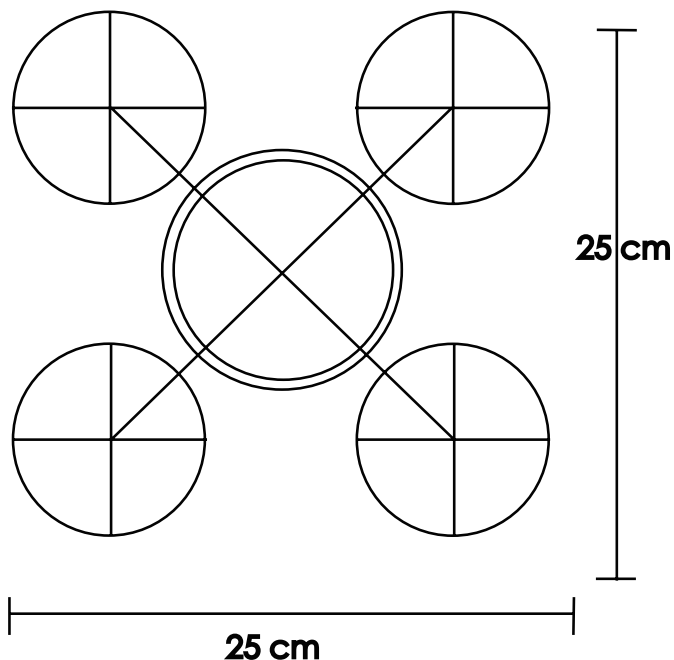


Este prototipo se realizó como actividad académica en la especialización. Se anexa por ser parte del proceso de diseño de este trabajo.

Prototipo: Cuerpo hecho con pasta francesa, cubierta de un molde de 10 cm de diámetro de PET lijado para hacerlo difuso. Fuente de luz: tres módulos LED RGB que cambian mediante un control audiorítmico con opción de control de cambio de color mediante botones, también por la emisión de sonido percibido por el sensor del control audiorítmico.

Los colores son los que se pueden reproducir con el módulo LED RGB. Si se pudiera producir se pediría que los colores fueran los que se especificaron en el enfoque.

Para el evento se utilizaría un control programado mediante coordenadas y un software especializado como se hace en eventos de este tipo alrededor del mundo por la empresa Intel, el cuerpo del dron se haría con aluminio resistente a la corrosión, la cubierta con vidrio templado semi esférico difuso.



Sensor audio rítmico (Electrónica Aragón, 2018).



Módulo con 3 LEDs RGB (AG Electrónica, 2018).



BIBLIOGRAFÍA

- Amazon. Syma X15W Drone con Cámara WIFI. USA. 2018. Consultado en enero del 2019. https://www.amazon.es/Cuadricoptero-Retenci%C3%B3n-Altiud-Control-Rotaci%C3%B3n/dp/B0779RDDHF/ref=sr_1_5/257-9739415-6233031?ie=UTF8&qid=1548539720&sr=8-5&keywords=drone+con+luz
- Ars Electronica Future Lab. Spaxels research initiative. Austria. 2018. Consultado en enero del 2019. <https://www.spaxels.at/>
- Arteaga, Nelson. Toma auge el uso de los drones en América Latina. México. 2014. Consultado en abril del 2019. <http://www.cronicajalisco.com/notas/2014/10670.html>
- BBC Mundo. La curiosa historia de los fuegos artificiales. España. 2010. Consultado en enero del 2019. <https://www.bbc.com/mundo/institucional-36400007>
- BBC News Mundo. Explosión en Tultepec: mueren 24 personas por explosiones en un taller de fuegos artificiales en México. España. 2018. Consultado en febrero del 2019. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-44730412>
- Beresniak, Daniel. Cómo utilizar el poder de los colores. Madrid, España. Tikal Ediciones. 2013. 239 pp.
- Cantó, Pablo. El espectáculo con 1.200 drones que ha batido un récord en los Juegos de Invierno. El País — Verne. España. 2018. Consultado en noviembre del 2018. https://verne.elpais.com/verne/2018/02/11/articulo/1518349870_697141.html
- Cirque du Soleil. SPARKED: A Live Interaction Between Humans and Quadcopters. Zurich, Suiza. 2014 Consultado en diciembre del 2018. https://www.youtube.com/watch?list=PLSI4B94nu1UwBNyBi3-o_up7G13qaUz8c&v=6C8OJsHfmpl
- D.R. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Ciudadmx. Sistema de información geográfica del Distrito Federal. Ciudad de México. 2009. Consultado en septiembre del 2018. <http://ciudadmx.cdmx.gob.mx:8080/seduvi/>
- Dirección General de Aeronáutica Civil. Circular obligatoria que establece los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano. México. 2017. 55 pp.
- Ehang. EHANG Drone Formation Flight. China. 2018. Consultado en diciembre del 2018. <http://www.ehang.com/formation/>

BIBLIOGRAFÍA

- Ferrer, Eulalio. Los lenguajes del color. México. Editorial: Fondo de cultura económica. 1999. 420 pp.
- Fiamma. Zócalo. Nuevo León. México. 2017. Consultado en enero del 2019. <http://www.fiamma.com.mx/producto/zocalo/>
- Galera, Javier. Vídeo: 100 drones volando a la vez. Madrid, España. 2016. Consultado en diciembre del 2018. <https://www.todrone.com/video-100-drones-volando/>
- Geoscan. Drone show new entertainment opportunity. Rusia. 2019. Consultado en julio del 2019. <https://www.geoscan.aero/en/show-drones>
- Google, INEGI. Google Maps. México. 2018. Consultado en septiembre del 2018. <https://www.google.com.mx/maps/>
- Heller, Eva. Psicología del color. Barcelona, España. Editorial: Gustavo Gili. 2017. 309 pp.
- Hurley, Michael. The psychology of color. USA. 2017. Consultado en enero del 2019. <http://www.homeaccentstoday.com/>
- Illusion Studio. Psicología del color. España. 2018. Consultado en enero del 2019. <http://www.psicologiadelcolor.es/>
- Illuminet. Drones iluminados podrían sustituir los fuegos artificiales de toda la vida. Ciudad de México. 2018. Consultado en diciembre del 2018. <https://www.iluminet.com/drones-iluminados-fuegos-artificiales/>
- Ing. Aguirre Botello, Manuel. El Zócalo de la Ciudad de México. México maxico. México. 2004. Consultado en septiembre del 2018. <http://www.mexicomaxico.org/zocalo/zocalo.htm>
- Instituto Mexiquense de la Pirotecnia. Historia de la pirotecnia. Estado de México, México. 2018. Consultado en enero del 2019. http://imepi.edomex.gob.mx/pirtotecnia_edomex
- Kerouac, Jack. En el camino. Estados Unidos: Editorial Anagrama. 18° Edición. 2004. 364pp.
- Leal Martin, Silvia. e- Renovarse o morir. Barcelona, España. Editorial: Lid. 2015. 208 pp.



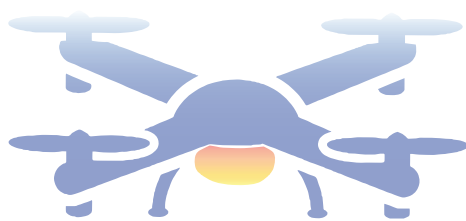
BIBLIOGRAFÍA

- Marini Morales, Alex. Tesis profesional: La psicología del color como herramienta en la publicidad impresa. Veracruz, México. 2013.
- Meteored. Clima en Ciudad de México. Meteored.mx. México. 2018. Consultado en septiembre del 2018. https://www.meteored.mx/clima_Ciudad+de+Mexico-America+Norte-Mexico-Distrito+Federal--1-21043.html
- Miranda Colorado, Roger; Garrido Moctezuma, Rubén Alejandro; Aguilar Bustos, Luis Tupak; Herrero Brito, José Ernesto. DRONES - Modelado y control de cuadrotores. México. Editorial: Alfaomega. 2018. 208 pp.
- Noticieros Televisa. Saldo blanco tras grito de independencia en el Zócalo y delegaciones. Notimex. México. 2017. Consultado en septiembre del 2018. <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/saldo-blanco-grito-independencia-zocalo-y-delegaciones/>
- Otero, César. Drones repartidores que reconocen gestos y palabras, el sueño de Amazon. México. 2018. Consultado en abril del 2019. https://as.com/meristation/2018/03/23/betech/1521810069_107708.html
- PersonalMag. Fuegos artificiales. España. 2014. Consultado en febrero del 2019. <http://historiainventos.blogspot.com/2013/09/fuegos-artificiales.html>
- Playground community. El alucinante espectáculo de 1374 drones iluminando el cielo de China. Playground. España. 2018. Consultado en noviembre del 2018. https://www.playgroundmag.net/comunidad/espectaculo--drones-cielo-china-xian-record-guinness_29401541.html
- QUO. Breve historia de los fuegos artificiales. España. 2014. Consultado en enero del 2019. <https://www.quo.es/tecnologia/a43545/breve-historia-de-los-fuegos-artificiales/>.
- Red iNaturalist. Árboles comunes de la Ciudad de México: Ocote. Naturalista.mx. México. 2014. Consultado en septiembre del 2018. https://www.naturalista.mx/guide_taxa/327364
- Redacción NM. International des Feux Loto-Québec: Este sábado es de fuegos artificiales en Montreal. Canadá. 2017. Consultado en marzo del 2019. <http://nmnoticias.ca/2017/07/05/este-sabado-del-fuegos-artificiales-montreal/>

BIBLIOGRAFÍA

- Ruiz Gaitán, Óscar Vélez. Los cohetes... son mucho más que pólvora. EcoMéxicoSocial. Ciudad de México. 2013. Consultado en enero del 2019. <http://ecomexicosocial.blogspot.com/2013/12/cohetescausanmuerte.html>
- Salas, Renata. 29 datos que no sabías de la ciudad de México. Cultura Colectiva. México. 2014. Consultado en septiembre del 2018. <https://culturacolectiva.com/historia/29-datos-que-sabias-de-la-ciudad-de-mexico/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Contaminación por pirotecnia. México. 2018. Consultado en marzo del 2019. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/contaminacion-por-pirotecnia>
- Sistema de monitoreo atmosférico. Índice de la calidad del aire. Informe Anual. Ciudad de México. 2017. Consultado en diciembre del 2018. http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/informe_anual_calidad_aire_2017/mobile#p=65
- Sistema de monitoreo atmosférico. Índice de la calidad del aire. NADF-009-AIRE-2017. Ciudad de México. 2017. Consultado en abril del 2019. <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/monitoreo/normatividad/NADF-009-AIRE-2017.pdf>
- Tahoro, Isora. La paloma de vapor de Arquitas - la máquina voladora de la antigüedad. España. 2014. Consultado en abril del 2019. <http://squitel.blogspot.com/2014/10/la-paloma-de-vapor-de-arquitas-la.html>
- Vidal, Hugo. Drones de Intel iluminan el cielo de Monterrey durante la Caravana de Coca-Cola. Monterrey, N.L., México. 2016. Consultado en diciembre del 2018. <http://www.themarkethink.com/noticias/drones-de-intel-iluminan-el-cielo-de-monterrey-durante-la-caravana-de-coca-cola/>
- Zhan, Echo. Video: Dazzling display over Chinese city as more than 1,300 drones take to the sky. Guinness World Records. USA. 2018. Consultado en noviembre del 2018. <http://www.guinnessworldrecords.com/news/commercial/2018/5/video-dazzling-display-over-chinese-city-as-more-than-1-300-drones-take-to-the-s-524413>





Se imprimieron ocho ejemplares de este trabajo terminal un año después de empezarse en la Ciudad de México en el año 2019.