

**UACM**

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

*Nada humano me es ajeno*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Estudio sobre la estabilidad visual de una  
imagen en presencia de ruido controlado**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN INGENIERÍA EN  
SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y DE TELECOMUNICACIONES**

PRESENTA:

**EDUARDO MÉNDEZ SANTIAGO**

DIRECTOR

**MTRO. AGUSTÍN GONZÁLEZ VILLANUEVA**

CODIRECTOR

**DR. JULIO CESAR SALAS TORRES**

Ciudad de México, noviembre de 2017.

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

#### DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

# Dedicatoria

*A mis padres María Guadalupe Santiago Mejía y Carlos Méndez.*

*A mi hermana y hermano Alejandra Elizabeth Méndez Santiago y  
Carlos Méndez Santiago.*

*A mis Abuelos Lidia Mejía López y Juan Santiago Juárez † .*

*Si te atreves a enseñar, no dejes de aprender.*

*John Cotton Dana*

---

# Agradecimientos

A mis padres María Guadalupe Santiago Mejía y Carlos Méndez por su amor, su paciencia, su sacrificio y su bondad.

A mis hermanos Alejandra Elizabeth Méndez Santiago y Carlos Méndez Santiago por entender y apoyar mis metas incondicionalmente.

A mi director de tesis Mtro. Agustín González Villanueva por haber aceptado dirigir la realización de este trabajo.

A mi co-director Doctor Julio Cesar Salas Torres por su apoyo incondicional, su motivación constante para el logro de mis metas.

A cada uno de mis lectores Doctor Joel García León, Doctor Daniel Maisner Bush y M. en C. Enrique Cruz Martínez.

A la Universidad Autónoma de la Ciudad de México por sus enseñanzas y las facilidades otorgadas.

A mis amigos y compañeros que conocí en la licenciatura.

---

# Resumen

En el presente trabajo se da a conocer una serie de leyes propuestas para la construcción de un modelo de filtro caótico y se estudia su inversión usando un fenómeno natural conocido.

La colocación de señalamientos viales ya sean de tipo preventivo restrictivo e informativo son muy importantes en avenidas y carreteras del territorio mexicano al ir conduciendo.

Al utilizar las técnicas de operaciones como el método de mínimos cuadrados, comparación directa, efecto de acercamiento etc. Se obtiene las distintas distancias a las que se observa la cortina de visibilidad ante situaciones de clima adversos como pueden ser granizo, niebla o lluvia.

La implementación de esta propuesta aportaría grandes beneficios al mejoramiento y gestión de los sistemas de transporte e información al usuario, por lo que este trabajo está orientado al sistema de transporte en avenidas y carreteras del territorio mexicano.

**Palabras claves**— Señalización vial, Filtro caótico, Filtro caótico inverso, Distancia de visibilidad máxima, Pérdida de visibilidad debido a condiciones climáticas adversas, ruido aleatorio.

---

# Índice general

	<b>Página</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>III</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>V</b>
<b>Resumen</b>	<b>VII</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema . . . . .	2
1.2 Solución Propuesta . . . . .	2
1.3 Objetivo general . . . . .	2
1.4 Objetivos específicos . . . . .	2
1.5 Justificación . . . . .	2
1.6 Cuerpo de Trabajo de Tesis . . . . .	3
<b>2 El ambiente como filtro caótico</b>	<b>5</b>
2.1 Planteamiento del problema . . . . .	5
2.1.1 Teoría de filtros. . . . .	5
2.1.2 Teorema de convolución. . . . .	6
2.2 Problema del automovilista ante lluvia. . . . .	7
2.3 Sistema de señales: orden . . . . .	7
2.3.1 Normatividad nacional de señales . . . . .	8
2.3.2 Consideraciones básicas para el cumplimiento de requisitos . . . . .	8
2.4 Caos es opuesto de orden . . . . .	10
2.5 El ambiente asociado al caos . . . . .	11
<b>3 Efectos de ambiente</b>	<b>13</b>
3.1 Efecto de reducción por alejamiento . . . . .	13
3.2 Efecto de amplificación por acercamiento . . . . .	14
3.3 Efecto de obstrucción volumétrica de gotas . . . . .	15
3.4 Efecto de saturación de gotas . . . . .	16

<b>4</b>	<b>Estabilidad visual ante saturación</b>	<b>17</b>
4.1	Modelo de gotas planas. . . . .	17
4.2	Experimentos de saturación . . . . .	18
4.3	Alcance de vista . . . . .	21
4.4	Efecto de la concentración sobre la visibilidad . . . . .	22
4.5	Efectos del cambio analógico-digital . . . . .	24
<b>5</b>	<b>Inversión del filtro</b>	<b>27</b>
5.1	Representación matricial de una imagen . . . . .	27
5.2	Características del goteo de pixeles . . . . .	28
5.3	Primer filtro aleatorio invertible . . . . .	29
5.4	Segundo filtro aleatorio invertible . . . . .	29
5.5	Filtros caóticos fuertes y débiles . . . . .	31
5.6	Resistencia a la inversión . . . . .	31
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>33</b>
6.1	Conclusiones del trabajo . . . . .	33
	<b>Bibliografía</b>	<b>33</b>
<b>A</b>	<b>Apéndice</b>	<b>37</b>
A.1	Matriz de 8x8 con patron central cuadrado . . . . .	37
A.2	Experimentos de saturación . . . . .	38
A.3	Experimentos de saturación con líneas . . . . .	41
A.4	Límite inferior . . . . .	42
A.5	Límite superior . . . . .	43
A.6	Imágenes con velocidades . . . . .	44
A.7	Programa Patrón Cuadrado con Ruido Cuadrado . . . . .	45
A.8	Programa Patrón Circular con Ruido Cuadrado . . . . .	47
A.9	Programa Patrón Circular con Líneas (velocidades) . . . . .	49
A.10	Programa Patrón Cuadrado con Líneas (velocidades) . . . . .	51

# Índice de tablas

Tabla 4.2.1	Ajuste obtenido por correlación lineal y promediación final . . . . .	19
-------------	---	----

Tabla 5.2.1	Regla para sumar pixel por pixel . . . . .	28
Tabla 5.4.1	Regla para sumar pixel por pixel en escala de grises $[0, 1]$ . . . . .	30
Tabla A.1.1	Matriz de 8x8 en mapeo de bits . . . . .	37
Tabla A.2.1	límite inferior y superior de patrón cuadrado, gota cuadrada e imagen de 256 pixeles . . . . .	38
Tabla A.2.2	límite inferior y superior de patrón circular, gota cuadrada e imagen de 256 pixeles . . . . .	38
Tabla A.2.3	límite inferior y superior de patrón cuadrado, gota cuadrada e imagen de 512 pixeles . . . . .	39
Tabla A.2.4	límite inferior y superior de patrón circular, gota cuadrada e imagen de 512 pixeles . . . . .	39
Tabla A.2.5	límite inferior y superior de patrón cuadrado, gota cuadrada e imagen de 1024 pixeles . . . . .	40
Tabla A.2.6	límite inferior y superior de patrón circular, gota cuadrada e imagen de 1024 pixeles . . . . .	40
Tabla A.3.1	límite inferior y superior de patrón cuadrado, línea cuadrada e imagen de 256 pixeles . . . . .	41

## Índice de figuras

Figura 3.1.1	Efecto de reducción $D$ por alejamiento $x$ . . . . .	14
Figura 3.2.1	Efecto de amplificación por acercamiento . . . . .	15
Figura 3.3.1	Efecto de obstrucción volumétrica. . . . .	16
Figura 4.1.1	Proyección del monitor a imagen unitaria. . . . .	17
Figura 4.2.1	Saturación del patrón central con gotas de menor tamaño. . . . .	18
Figura 4.2.2	Frontera de saturación para tamaños distintos de gotas. . . . .	20
Figura 4.2.3	Gráfica obtenida debido a los experimento, nos indica que existe una ley de potencias y la podemos expresar en su forma lineal, con un pequeño ajuste de datos. . . . .	21
Figura 4.4.1	Efecto de la concentración volumétrica en la distancia de visibilidad $c=5000$ , $c=500$ y $c=100$ . . . . .	23

---

Figura 4.4.2 Muestra el AV que se tiene cuando en el medio existen partículas diminutas como la niebla. . . . .	24
Figura 5.1.1 Imagen pixelada de 8x8 . . . . .	27
Figura 5.4.1 Ruido en escala de grises . . . . .	30
Figura A.4.1r=2, N=20 . . . . .	42
Figura A.4.2r=2, N=150 . . . . .	42
Figura A.4.3r=2, N=1200 . . . . .	42
Figura A.5.1r=2, N=2000 . . . . .	43
Figura A.5.2r=2, N=1300 . . . . .	43
Figura A.5.3r=2, N=1250 . . . . .	43
Figura A.6.1 Imagen sin saturación . . . . .	44
Figura A.6.2 Imagen parcialmente saturada . . . . .	44
Figura A.6.3 Imagen saturada . . . . .	44

# Capítulo 1

## Introducción

La señalización vial es indispensable para la convivencia en la vía pública, conocerla es un deber que tiene cada ciudadano. Es muy importante conocer por lo menos el 90 por ciento de las señales de tránsito y el otro diez poder comprenderlas cuando se presenten en la vía pública.

Si todos conociéramos la señalización vial los accidentes de tránsito disminuirían notablemente y se salvarían miles de vidas al año.

Uno de los grandes problemas que enfrenta el territorio mexicano, es el incremento en la demanda de los automóviles, esto ha provocado un aumento en el número de accidentes automovilísticos algunos de ellos provocados por la pérdida de visibilidad de señalamientos viales ya sean de tipo preventivos, restrictivos o informativos en condiciones de clima adversos como son: lluvia, granizo o la presencia de niebla en el camino por donde viaja el automovilista.

Los accidentes automovilísticos representan fuertes pérdidas económicas para la sociedad ya que el tiempo perdido por los viajeros a causa de las demoras, es tiempo no aprovechado y que no representa ningún beneficio. Por otro lado, los efectos nocivos en el medio ambiente por la contaminación de los vehículos automotores, son cada vez una mayor preocupación en los países en donde se incrementa el número de vehículos de manera exponencial.

El objetivo de esta investigación es ofrecer una propuesta que pueda disminuir el número de accidentes debido a la pérdida de visibilidad que sufre el automovilista al conducir bajo condiciones de visibilidad mínimas ofreciendo una oportunidad al automovilista para llegar con bien a su destino.

## 1.1. Planteamiento del problema

Encontrar una posible representación de un filtro caótico y explorar su inversión, al usar su semejanza con otro problema práctico conocido.

## 1.2. Solución Propuesta

Usar la computadora para simular la destrucción de una imagen, usando un modelo de ruido aleatorio y encontrar técnicas para recuperación de la imagen.

## 1.3. Objetivo general

Construir un modelo de filtro caótico y estudiar su inversión usando un fenómeno natural conocido.

## 1.4. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que contribuirán a desarrollar el *objetivo general* del trabajo son los siguientes:

- Comprender el uso de filtros en señales digitales.
- Encontrar un modelo de filtro caótico usando uno aleatorio.
- Aplicar los conocimientos para resolver un problema práctico.

## 1.5. Justificación

Modelar un filtro y su inversa usando las limitaciones de la señalización vial

De acuerdo con estudios de organismos internacionales en materia de vialidad, México ocupa el séptimo lugar a nivel mundial en muertes por accidentes de tránsito, mueren al año aproximadamente 24 mil personas y mueren 55 personas cada día en accidentes automovilísticos algunos de

ellos relacionados con la insuficiencia de señalamientos viales aunado con la falta de visibilidad del conductor a la hora de ir manejando.

## 1.6. Cuerpo de Trabajo de Tesis

La organización de este trabajo se estructura en seis capítulos de la siguiente manera:

- **El Capítulo 2: El ambiente como filtro caótico**

Se introduce al lector en los conceptos fundamentales para que comprenda los diversos aspectos del problema planteado.

- **El capítulo 3: Efectos de ambiente**

Se estudian los efectos del ambiente sobre la visualización de una imagen incluyendo el escenario de ruido caótico.

- **El capítulo 4: Estabilidad visual ante saturación**

Se estudian los efectos de la saturación de ruido sobre la visualización de una imagen reconocible de inicio.

- **El capítulo 5: Inversión**

Se exploran algunas técnicas de inversión.

- **El capítulo 6: Conclusiones**

Se presenta al lector el significado de los resultados en el contexto del conocimiento contemporáneo.



# Capítulo 2

## El ambiente como filtro caótico

### 2.1. Planteamiento del problema

El problema que es de interés resolver aquí, está visto desde el campo de los filtros para señales digitales. De forma muy general consiste en una señal  $s$  transformada a través de algún procedimiento natural o teórico  $T$  para obtener una nueva señal  $s' = T(s)$ . En el caso de que la transformación sea lineal es de mucho interés invertir el procedimiento a través de la transformación inversa  $T^{-1}$ , es decir  $s = T^{-1}(s')$ . [Oppenheim et al. \(1998\)](#)

#### 2.1.1. Teoría de filtros.

La teoría de filtros es un conjunto de herramientas con procedimiento similares que se aplican en varios campos. Es muy difundida en sistemas de naturaleza lineal, por ejemplo

- Óptica: imagen<sub>entrada</sub>  $\rightarrow$  Filtro  $\rightarrow$  imagen<sub>salida</sub>.
- Electricidad: Voltaje (V) o Corriente (I) de entrada  $\rightarrow$  Filtro  $\rightarrow$  Voltaje (V) o Corriente (I) de salida.
- Sistemas dinámicos: Fuerza  $\rightarrow$  Filtro  $\rightarrow$  posición y velocidad.
- Ecuaciones diferenciales lineales: Término inhomogéneo  $\rightarrow$  Filtro  $\rightarrow$  solución particular.
- Señales analógicas y digitales: Señal<sub>original</sub>  $\rightarrow$  Filtro  $\rightarrow$  Señal<sub>filtrada</sub>.

En todas las ramas de la ingeniería se enseñan Transformada de Fourier y Transformada de Laplace, entre otras, como medio de acceder a una solución particular del sistema, a través de que el sistema lineal de operadores sobre las variables dinámicas es convertido a un sistema lineal de

ecuaciones. [Hsu \(1998\)](#) Las variables transformadas pertenecen a otro espacio matemático que las variables originales. La transformada inversa permite recuperar las variables originales a partir de las variables transformadas. Resolver un problema lineal nos lleva a una metodología lineal.

### 2.1.2. Teorema de convolución.

En muchas ramas de la ingeniería los problemas lineales han creado un lenguaje propio para resolver una gran cantidad de problemas lineales usando un estímulo estándar y es de suma relevancia el concepto de función impulso ( $\delta(t)$  delta de Dirac) y función escalón unitario ( $u(t) = \Theta(t)$  función de Heaviside). Cuando un sistema es estimulado con variantes de estas dos, las respuestas son similares y se toman como patrón. La respuesta del sistema ante una nueva función siempre es una combinación lineal (continua o discreta) de la nueva función ponderada con las funciones impulso y escalón unitario (método de Green). Por ello es muy recurrido el uso del teorema de convolución (TC), para simplificar el estudio de todo tipo de filtros (sistemas lineales). El TC se presenta de forma sencilla en la ecuación 2.1 para las transformadas de Laplace y Fourier, y simplifica la estructura de respuesta en un sistema lineal. La señal de respuesta  $s'$  es un producto de la señal de respuesta al escalón  $u$ , multiplicada por la señal de entrada  $s$ . Aquí  $T$  es otra posible transformación lineal. [Dorf et al. \(2005\)](#)

$$L(s') = L(u)L(s), \quad F(s') = F(u)F(s), \quad T(s') = T(u)T(s). \quad (2.1)$$

En teoría de filtros es común definir el filtro, obtener la respuesta ante un escalón o impulso resolver la ecuación 2.1 a través de la inversa

$$s' = T^{-1}(T(u)T(s)).$$

El caso que nos interesa en este trabajo equivale a un filtro aleatorio aplicado a una función conocida. Los filtros aleatorios son mejor conocidos a través de la incorporación de ruido en teoría de señales. La complicación radica en el hecho de que no hay inversa conocida para un filtro caótico. Es claro que la transformada de Laplace o de Fourier ni siquiera tienen forma para un filtro caótico. La base del problema está en lo que se entienda por filtro caótico y su representación analítica. Hasta hoy es un problema abierto.

Al ser un problema tan complicado no es ocioso tratar de entenderlo a través de un problema cercano como el de la observación de una imagen ante un medio contaminado por manchas aleatorias. No está de más, explorar la construcción de una función inversa.

## 2.2. Problema del automovilista ante lluvia.

El objetivo principal de este trabajo es tomar información del ambiente para construir un filtro digital aleatorio. Los filtros aleatorios son muy complicados ya que encontrar su transformación inversa es un problema extremadamente complejo. Sin embargo algunos filtros aleatorios tienen algún tipo de estructura que puede explotarse para construir su transformada inversa. Antes que todo, partiremos por comprender como ciertas características del ambiente afectan a la lectura de señales visuales y obtener de ello algunos rasgos importantes para reconstruir la imagen dañada.

Se tomará como base de partida el problema que enfrenta el automovilista para conducirse ante cambios bruscos de clima como la lluvia. Esto nos dará información del comportamiento del ambiente visto como un filtro.

Es imposible continuar si no se entienden algunos aspectos sobre señalización vial. Su importancia radica en comprender la naturaleza analítica de los factores naturales sobre la estabilidad de una imagen y con ello traducir algunos mecanismos del filtro que lo representa.

## 2.3. Sistema de señales: orden

Cualquier sistema de señales equivale a un alfabeto más información fija. Un conductor alfabetizado reconoce la información que representa la señal. Nada más lejano al caos que una simple señal y por consecuencia un sistema de señales. Un filtro caótico deberá estar muy lejos de un sistema de señales. El fin último de un sistema de señales es alejar del caos todo lo que se pueda a un conductor bien intencionado.

Los requisitos generales que debe cumplir la señalización vial son:

1. Satisfacer una necesidad importante para la circulación vial.
2. Llamar la atención de los usuarios que transitan por carreteras y vialidades urbanas.
3. Transmitir un mensaje claro y conciso al usuario.
4. Imponer respeto a los usuarios de la carretera.
5. Ubicarse en el lugar apropiado con el fin de dar tiempo al usuario para reaccionar en casos de emergencia.

### **2.3.1. Normatividad nacional de señales**

El sistema vial surge para satisfacer la necesidad de comunicar ciudades y regiones o dentro del propio centro urbano. Todo usuario debe tener conocimiento del funcionamiento de dicha red para poderse desplazar sin contratiempos con rapidez y seguridad de un origen a un destino.

Dentro de los elementos que componen el sistema vial es importante resaltar el aspecto relativo a la señalización y a los dispositivos de seguridad, ya que su participación es primordial para el usuario de las vialidades, es por ello que el conjunto de señales verticales, señales horizontales y dispositivos de seguridad complementados entre sí, tienen el objetivo de transmitir al usuario de carreteras y vialidades urbanas la información suficiente para orientarlo sobre el sitio en que se encuentra y la forma de alcanzar su destino, prevenir sobre condiciones prevalecientes en la vialidad y regular el tránsito, además de contribuir a su seguridad vial durante su trayecto.

Las señales y dispositivos de seguridad deben mantener consistencia en términos de diseño e instalación, de tal forma que permitan la pronta identificación del mensaje que se pretende comunicar. La información que se transmite a los usuarios, debe ser clara y pertinente, utilizando primordialmente símbolos y pictogramas, además de leyendas cuando así se requiera.

La señalización vial se encuentra comprendida dentro del vasto campo de la comunicación. Se debe utilizar un lenguaje común en todo el país, basado en los principios internacionales para que la información que brinda el sistema de señalización sea interpretada de un sólo significado.

Las órdenes, advertencias, indicaciones y orientaciones ofrecidas por las señales viales deben ser una expresión homogénea, es decir, que a cada situación o evento corresponde un símbolo o un código. Por otra parte, el mensaje debe ser conciso con el fin de que el usuario pueda captar anticipada y correctamente el aviso emitido para una respuesta apropiada.

Por otro lado, en el contexto internacional existe la tendencia a preferir señales con pictogramas en lugar de textos, ya que su uso es universal facilitando una rápida comprensión del mensaje, contribuyendo así a una mayor seguridad vial. Lo anterior cobra especial relevancia al considerar que las economías y el tránsito se encuentran cada día más globalizados y que continuamente aumenta la cantidad de conductores extranjeros en cada país.

### **2.3.2. Consideraciones básicas para el cumplimiento de requisitos**

Para asegurar que los requisitos generales y técnicos antes mencionados se cumplan, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones básicas, las que se describen a continuación:

**Proyecto.**- El diseño de los elementos se debe realizar con base en la combinación de las carac-

terísticas de tamaño, colores, forma y simplicidad del mensaje para proporcionar un significado comprensible; la legibilidad y el tamaño se combinan con la ubicación para llamar la atención de los usuarios con el fin de dar tiempo suficiente para que reaccionen; en que la uniformidad, tamaño, forma, colores y legibilidad impongan respeto, además de asegurar que las señales informativas den al usuario la información necesaria para guiarlo con rapidez y seguridad a su destino.

La señalización en carreteras y vialidades urbanas debe cumplir con ciertas características en cuanto a diseño, colores, dimensiones, pictogramas, símbolos y de reflexión, por lo que se recomienda seguir una normalización de las mismas para unificar su criterio de elaboración y tener un sistema homogéneo de las diferentes señales del sistema vial.

La estandarización en el diseño de las señales y pictogramas, símbolos y mensajes de texto debe ser aprobada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Además de que todas las formas, colores y redacción de un mensaje escrito en una señal, se debe sujetar a los lineamientos.

**Ubicación.-** Las señales se deben ubicar dentro del cono visual del conductor del vehículo para captar su atención y facilitar su lectura e interpretación de acuerdo con la velocidad a la que circule. Se hace hincapié en que desde el proyecto de señalización, las señales se deben colocar específicamente donde sean necesarias y acorde al desarrollo geométrico de la vía con la posibilidad de irse ajustando con el tiempo conforme vayan surgiendo nuevas necesidades.

Los elementos del señalamiento se deben colocar de manera uniforme; asimismo, aquellos que resulten innecesarios serán retirados. El hecho de que una señal esté en buena condición física no será causa para el aplazamiento de su retiro o el cambio respectivo por modificación en las condiciones de operación.

**Uniformidad.-** La uniformidad en la instalación de la señalización en carreteras y vialidades urbanas, ayuda en las reacciones de los usuarios al encontrar igual interpretación de las situaciones que se presentan en las vialidades a lo largo de la ruta. Esto facilita la solución de los problemas de señalización y economiza en la construcción y colocación de las señales. Debe recordarse que el tránsito se genera fundamentalmente en las ciudades, que las carreteras son la prolongación de las vialidades urbanas y que el conductor es el mismo en uno y otro caso. La uniformidad significa tratar situaciones similares de forma análoga.

**Conservación.-** La conservación a las señales y dispositivos de seguridad, debe ser física y funcional; esto es, que no solo se procurará la limpieza y legibilidad de las señales, sino que estas se deben colocar o retirar tan pronto como se vea la necesidad de ello. El mantenimiento físico se debe realizar para conservar la legibilidad, la visibilidad y el buen funcionamiento de las señales y dispositivos de seguridad.

Por otra parte, habrá que tomar en cuenta que el nivel de reflexión requerido para las señales depende fundamentalmente de su localización y que dicha reflexión se verá afectada por el polvo que se adhiere a ellas, por lo que para mantener los niveles y estándares de calidad especificados se requiere invariablemente de un programa de limpieza acorde con las características climáticas de cada zona en particular.

Referente a las marcas en el pavimento, éstas tienen que conservarse siempre en buenas condiciones de visibilidad. La frecuencia de pintado dependerá del tipo de superficie, de la cantidad y calidad de la pintura, así como de las condiciones climáticas y el volumen de tránsito.

Cuando se repinten las marcas, la pintura se debe aplicar exactamente sobre las rayas, símbolos y leyendas anteriores, haciendo énfasis en las rayas discontinuas.

Todas las actividades que se realicen de manera habitual tales como limpieza, pintado, lavado y lo que resulte oportuno para retirar todo tipo de material que se acumule en los elementos de señalamiento, con el propósito de restituir su visibilidad y capacidad de reflexión, constituirán un programa de conservación rutinaria.

En el ámbito Federal, Estatal y Municipal, la autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana debe incluir como parte de su responsabilidad la instalación y conservación de las señales, y a su vez, junto con la autoridad judicial correspondiente penalizar a los usuarios que dañen, maltraten o destruyan los señalamientos viales y dispositivos de seguridad. Por lo anterior, resulta imprescindible contar con un programa de conservación periódica que a través de la inspección detecte y posteriormente reponga, repare o rehabilite aquellos dispositivos que han sufrido algún tipo de daño. Con ambos programas, las carreteras y vialidades urbanas deben aportar elementos que contribuyan a la seguridad de los usuarios. [Subsecretaría \(2014\)](#)

## 2.4. Caos es opuesto de orden

La sección anterior nos dio un extenso viaje dentro del edificio del orden. Detrás del orden, está por supuesto la seguridad del conductor.

Volvamos a leer la sección anterior pero en negativo, es decir, caracterizando sus contrarios.

Con este ejercicio verá el lector que el caos es muy distinto a la idea que usualmente tenemos y un invitado inmenso, nada desdeñable. [Rubinson et al. \(2000\)](#)

## **2.5. El ambiente asociado al caos**

La norma internacional y la nacional se basan en que un automovilista debe conducir en situación de visibilidad máxima. Por esa razón, se consideró suficiente anteponer una señal a cada evento de tránsito, dado que un conductor sensato debe esperar a que pase la lluvia para seguir en movimiento. Sin embargo, las necesidades económicas han logrado que la mayoría de las personas se sientan tentadas a conducir en circunstancias de visibilidad variable, con la seguridad de que al bajar la velocidad tienen mejores posibilidades de no perder tiempo. Este seguro de sensatez ha distraído la atención sobre el mejoramiento del número de señales dentro de una ruta determinada.

La preocupación que se genera al existir una sola señalización vial es debido a la pérdida de visibilidad por obstrucción que sufre un automovilista al enfrentarse a condiciones de clima adversas como pueden ser granizo, niebla o lluvia. El próximo capítulo nos ocuparemos de los efectos que el ambiente tiene sobre nuestra capacidad de leer una señal, en buenas y malas condiciones.



# Capítulo 3

## Efectos de ambiente

Uno de nuestros principales sentidos que hace posible nos relacionemos con el entorno, y seamos capaces de recibir información actuando en consecuencia ante cualquier eventualidad, es la vista cuyo órgano encargado de detectar la luz es el ojo.

La capacidad que tiene el ojo para reconocer una imagen es limitada. Por ejemplo, el ojo humano solo es capaz de percibir objetos de un tamaño mayor a 0.1mm, es decir, 0.0001m o  $1 \times 10^{-4}$ m, colocados a unos 25-30 cm de distancia aproximadamente. [Braun \(2011\)](#)

Por otra parte también existe una pérdida de visibilidad de una imagen, cuando en el medio entre el objeto observado y el observador se suman partículas a este fenómeno se le conoce como ruido visual.

¿Cuál es la relación que existe entre la pérdida de visibilidad de las señalizaciones viales debido a condiciones climáticas adversas como pueden ser: granizo, lluvia o niebla y la distancia a la que están colocadas las señalizaciones viales en condiciones de máxima visibilidad? Vamos a estudiar a continuación algunos efectos ópticos que percibe un automovilista al tratar de leer las señalizaciones viales.

### 3.1. Efecto de reducción por alejamiento

Cuando alejamos una imagen podemos observar que decrece poco a poco hasta que es irreconocible. Debido al escalamiento, la imagen deja de ser legible y no se puede reconocer. Para objetos muy pequeños, los ojos no tienen la capacidad para distinguir una señal de tránsito.

Si alejamos la imagen plana de altura  $D$  a partir de una distancia fija  $x = x_0$  hasta otra  $x$ , existe una disminución de su tamaño aparente  $h$ . Observe la figura( 3.1.1). De acuerdo a las leyes de

proporcionalidad entre triángulos semejantes, obtendremos una reducción hiperbólica entre la imagen aparente y su distancia de acuerdo a la ecuación 3.1. Swokowski and Cole (2006)

$$h = \frac{D}{x}. \quad (3.1)$$

Como consecuencia una imagen de 1m de altura tendrá una imagen aparente reducida de 0.1 m y 0.01 m si se coloca a 10 m y 100 m respectivamente.

En este caso, usaré la imagen sobre el monitor (a 1 m de distancia del ojo) como una ventana mediante la que veo una imagen original de 1 m<sup>2</sup> reducida por alejamiento hasta que se ajusta exactamente al tamaño del monitor. Así para mis experimentos, una altura aparente medida sobre el monitor de 15 cm representa una altura real  $D = 1$  m a una distancia estándar  $x = D/h = 6.66$  m.

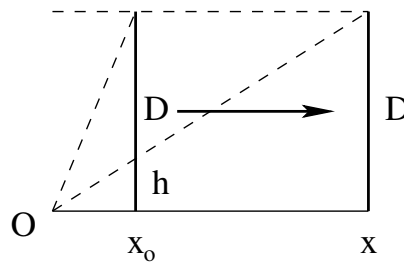


Figura 3.1.1: Efecto de reducción  $D$  por alejamiento  $x$

En los experimentos que realizaré por computadora, los tamaños de las figuras planas medidas sobre el monitor, me permiten ubicarlos sobre una pantalla real unitaria 1m<sup>2</sup> colocada a 6.66 m de la distancia del observador y reducidas por alejamiento.

En condiciones de visibilidad total un automovilista tendrá unos pocos segundos (mientras se acerca) para ser capaz de leer una señal, interpretarla y comprender el evento que se avecina. Las normas de señales contemplan este tiempo que depende de la velocidad de conducción.

### 3.2. Efecto de amplificación por acercamiento

Si acercamos un objeto de una distancia  $x$  a partir de una original  $x_0$  observaremos una amplificación. Esto se debe a la proporcionalidad entre los lados de triángulos semejantes. Tomemos una imagen de altura real  $D$  y acerquémosla a través de paralelas hasta una distancia  $x$  del ojo. Estando este situado sobre una de las paralelas verá que la luz que llega de ambos extremos se sujetan a las líneas de la figura 3.2.1. De los triángulos semejantes tenemos que  $h/D = x_0/x$ .

De esto tendremos la altura real de las gotas  $D = hx/x_0$ . Las gotas medidas sobre el monitor  $h$  tendrán una altura real correspondiente a la distancia que colocamos nuestro  $m^2$  de referencia.

$$D = (6.666m)h. \quad (3.2)$$

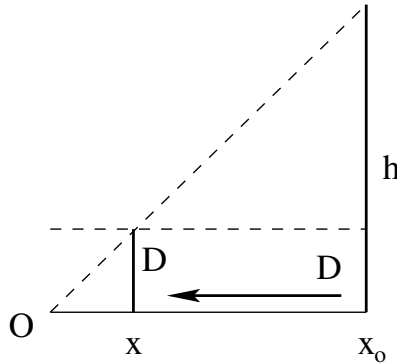


Figura 3.2.1: Efecto de amplificación por acercamiento

La ventaja que tiene un atomovilista mientras se acerca a un punto de tránsito señalado, es la amplificación de la señal y su comprensión. Este efecto compensa en cierta medida el efecto posterior, sin embargo, el tiempo que tiene el conductor para tomar decisiones se ha reducido.

### 3.3. Efecto de obstrucción volumétrica de gotas

Si ignoramos por ahora la velocidad del automóvil, nos concentraremos en el efecto que tienen las partículas al encontrarse entre la imagen y el observador. En climas adversos, la suspensión de gotas o granos de sustancias obstruyen la lectura. Para estudiar este fenómeno pensemos en que debido a la propagación rectilínea de la luz, una imagen de  $1 \text{ m}^2$  colocada de frente y en reposo se verá incompleta por la obstrucción de los gránulos suspendidos. Observe la figura 3.3.1. La luz que viaja desde la imagen  $A$  hasta el observador  $O$ , forma una pirámide de volumen  $V = \frac{AL}{3}$  definido por el área misma y su distancia transversal al observador  $L$ . [Hewitt and Lira \(1999\)](#)

El número de granos que interfieren en la visión de una señal por efecto volumétrico será

$$N = \frac{cAL}{3} \quad (3.3)$$

Aquí se representa la concentración  $c = \text{granos}/\text{m}^3$ , el área de la imagen de referencia  $A = 1\text{m}^2$  y  $L$ , la profundidad transversal de la pirámide de visibilidad.

La ecuación 3.3 no nos indica nada sobre el número de gránulos que se necesita para que la imagen sea ilegible. Nos indica que el número de partículas obstructoras aumenta mientras mayor es la distancia entre la imagen y el observador. Este efecto lo observamos en días de lluvia cuando una parte lejana de nuestro entorno es inaccesible a la vista, o al menos, forma figuras difusas de objetos muy lejanos. Podemos imaginar una distancia específica desde la cual no estamos seguros de reconocer con certeza los cuerpos más lejanos. Para obtenerla unos experimentos en la computadora nos permitirán hacer una estimación aproximada.

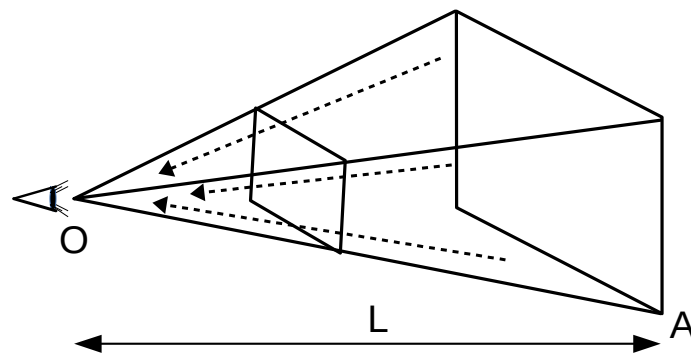


Figura 3.3.1: Efecto de obstrucción volumétrica.

### 3.4. Efecto de saturación de gotas

Las gotas destruyen la visibilidad de una imagen por obstruir la luz que viene de ella. En ausencia de datos para estándares de ingeniería opté por una serie de experimentos en computadora que me dieran información al respecto. Esto será tratado en el siguiente capítulo por ser un poco más laborioso. Basta que comprendamos que al sumergir una imagen en agua poco a poco se pierde ésta hasta una profundidad que me impide reconocerla. A este efecto le llamo saturación de ruido.

Aunque parezca que no hay una distancia sino más bien una zona donde se destruye la legibilidad puedo establecerla en algún lugar dentro de esta. Los criterios para ello se explican en el siguiente capítulo.

## Capítulo 4

# Estabilidad visual ante saturación

### 4.1. Modelo de gotas planas.

Para comprender el efecto de saturación voy a exponer algunos ejemplos. Convengamos que la destrucción por saturación de partículas, se da si el número de ellas es tan grande, que impide la legibilidad de la imagen para un observador colocado frente a ella. Al igual que una fotografía en presencia de manchas, gotas o polvo, la imagen se desvanece por saturación.

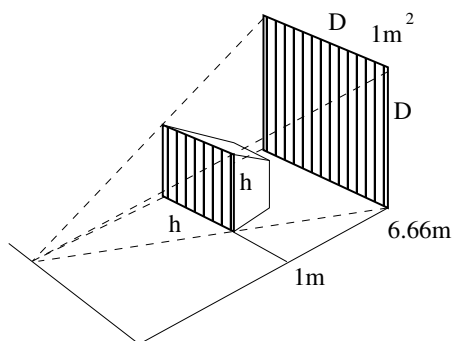


Figura 4.1.1: Proyección del monitor a imagen unitaria.

Al igual que una fotografía bajo un cristal se pierde por aumento de gotas tiradas al azar, una imagen en un monitor se vuelve irreconocible por la intrusión aleatoria de un gran número de pequeñas imágenes iguales entre sí. A esto le llamamos el modelo de gotas planas. Comenzaré por tomar en cuenta gotas planas del mismo tamaño. Igualmente ignoraré el efecto que pudiera tener la forma de las gotas, partiendo de la sospecha de que a gotas iguales, efectos iguales. Como el objetivo de esta parte es tener una relación entre el número de gotas y un criterio de destrucción para la legibilidad de una imagen, partiré trabajando sobre una superficie cuadrada normal de un metro cuadrado a una distancia fija del observador. [Ayres and Ayres Jr \(1970\)](#)

Mi objetivo es saturar con gotas iguales una imagen unitaria que contenga una señal o patrón hasta que no se pueda leer. No importa el tipo de señal ya que una señal se aprende y debe reconocerse en situaciones diferentes. Por razones de economía y tiempo usaré imágenes obtenidas en un monitor usando un programa que manipule imágenes como octave o matlab.(Gilat, 2006) Realizaré los experimentos necesarios para obtener algunas nuevas relaciones basadas en algún estadístico conocido. Por simplicidad consideraré que la imagen sobre el monitor es una ventana en el muro desde la que observo la misma imagen proyectada hasta que alcanza 1 m<sup>2</sup> de área. En la figura 4.1.1 se muestra las constantes a considerar como  $h = 15$  cm y  $D = 100$  cm que se obtienen del marco de la imagen producida en el monitor y la imagen unitaria proyectada.

De aquí en lo que sigue tendremos que la altura de una figura sobre el monitor  $m$  y la altura de la misma figura sobre la imagen unitaria  $M$  se relacionan por semejanza  $D/h = 100/15 = M/m$ . Es decir, una gota aparente  $m$  sobre el monitor tendrá tamaño real  $M$  sobre la pantalla unitaria, reducida por alejamiento y ampliada por proyección.

$$M = \frac{100}{15}m. \quad (4.1)$$

## 4.2. Experimentos de saturación

Para tener una estimación del número de partículas que destruyen una imagen comenzaremos con una imagen muy sencilla. Un cuadrado negro con un pequeño cuadrado blanco en el centro (imagen patrón IP). Sus dimensiones lineales se expresarán en función de la razón que guardan con el marco del monitor, es decir,  $R = m/P$ . Para el ruido usaremos gotitas cuadradas de diámetro razonado a la IP, es decir,  $r = P/d$ .

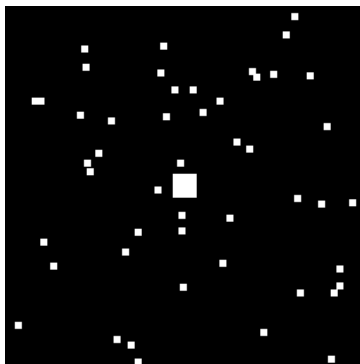


Figura 4.2.1: Saturación del patrón central con gotas de menor tamaño.

El procedimiento consistió en aumentar el número de gotitas en posiciones aleatorias sobre la imagen hasta que sea irreconocible el patrón. En cada experimento tendremos una pareja  $(N_i, r)$ . Para discriminar unos de otros, en cada grupo de experimentos se aumento el número de gotas hasta que se reconoce solamente 1 de cada 10 repeticiones ( $N^-$ ). Esta prueba se repitió invirtiendo el proceso, es decir, se partió de una imagen totalmente saturada e irreconocible y se bajó el numero de gotas hasta que se pudo reconocer 9 de cada 10 repeticiones ( $N^+$ ). Esto nos pone en un margen inicial de tolerancia de  $\pm 10\%$  frente al promedio  $N = (N^- + N^+)/2$ . Rubinson et al. (2000)

Con los distintos grupos de experimentos se tiene una tendencia muy clara bajo la primera promediación. El tamaño de gotas nos da una ley de potencias entre  $N$  y  $r$  de acuerdo a la siguiente tabla de ajuste lineal.

$\log N = 1.9654 \log r + 2.4773$	$R^2 = 0.9979$
$\log N = 1.7397 \log r + 2.8387$	$R^2 = 0.9976$
$\log N = 2.0604 \log r + 2.5232$	$R^2 = 0.9886$
$\log N = 1.6805 \log r + 2.8932$	$R^2 = 0.9977$
$\log N = 2.1044 \log r + 2.5718$	$R^2 = 0.9961$
$\log N = 1.8122 \log r + 2.8314$	$R^2 = 0.9909$
$\log N = \mathbf{1.8937} \log r + \mathbf{2.6892}$	$R^2 = \mathbf{0.9948}$

Tabla 4.2.1: Ajuste obtenido por correlación lineal y promediación final

De acuerdo a la tabla 4.2.1 se obtiene una ley de potencias para el número de partículas que satura la visibilidad de una imagen.  $r$  es la razón entre el patrón y el diámetro de la gota. Esto significa que mientras  $r$  crece el tamaño de gota disminuye.

$$N = 488.87r^{1.8937} \equiv N_0r^\delta \quad (4.2)$$

La ecuación 4.2 y los experimentos nos muestran que si tiene sentido hablar al menos desde un punto de vista estadístico de una zona de transición donde la imagen se pierde al cruzarla. Se pueden hacer experimentos para tener la capacidad de obtener un cruce con 1 sobreviviente (reconocible) de cada 100 repeticiones e invertir para el primer promedio lo que nos situaría en una tolerancia de  $\pm 1\%$ . Pero será después porque deberían hacerse al menos 1000 repeticiones y estudiar cada experimento por observación directa. En esta misma ecuación se definen,  $N_0 = 488.87$  el número de gotas iguales al patrón  $r = 1$  que se necesitan para destruir la imagen. El exponente  $\delta = 1.8937$  es muy cercano a 2. Esto puede deberse a que la saturación permite el traslape de gotas planas y que la destrucción de la imagen se da por sustitución de área. Si no se

admite el traslape, la imagen debería considerarse ilegible para un daño determinado, por decir, relacionada al cociente de áreas  $\xi = A/a = (\ell/\ell_0)^2$ , sobreviviente  $A \sim \ell^2$  y sustraída  $a \sim \ell_0^2$ .

La figura 4.2.2 muestra que hay una barrera (establecida con error de 10 %) a la legibilidad sobre una imagen. Se necesitan pocas gotas mayores al patrón  $r < 1$  para saturar la imagen. Entre más pequeñas sean las gotas en general  $r > 1$ , se necesitarán muchas más para saturar la imagen.  $N$ , número de partículas que interfieren en la visión  $r$ , es la razón entre el tamaño del patrón y el tamaño de gota

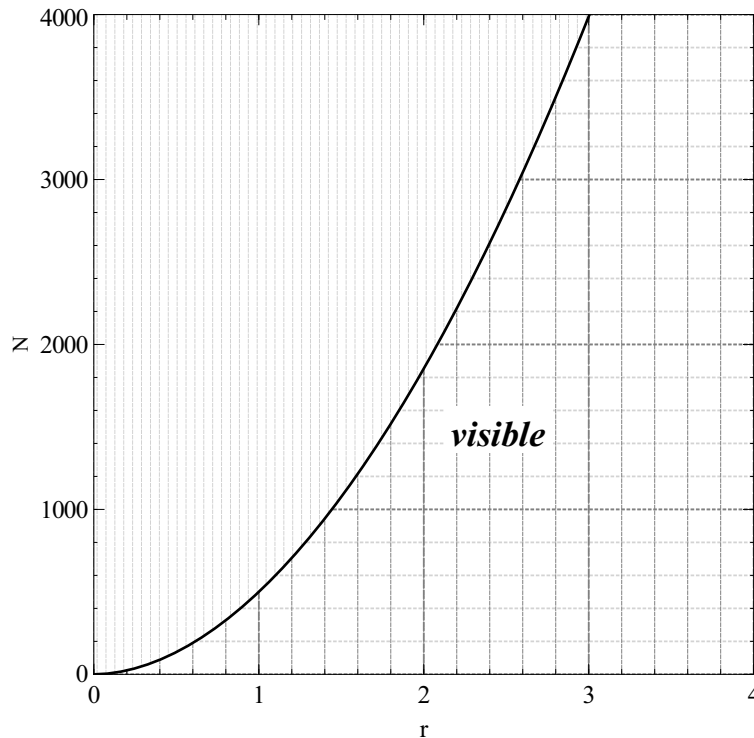


Figura 4.2.2: Frontera de saturación para tamaños distintos de gotas.

La figura 4.2.3 muestra que los experimentos realizados son de manera confiable una ley de potencias, debido a que la podemos expresar en su forma lineal, con un pequeño ajuste de datos.

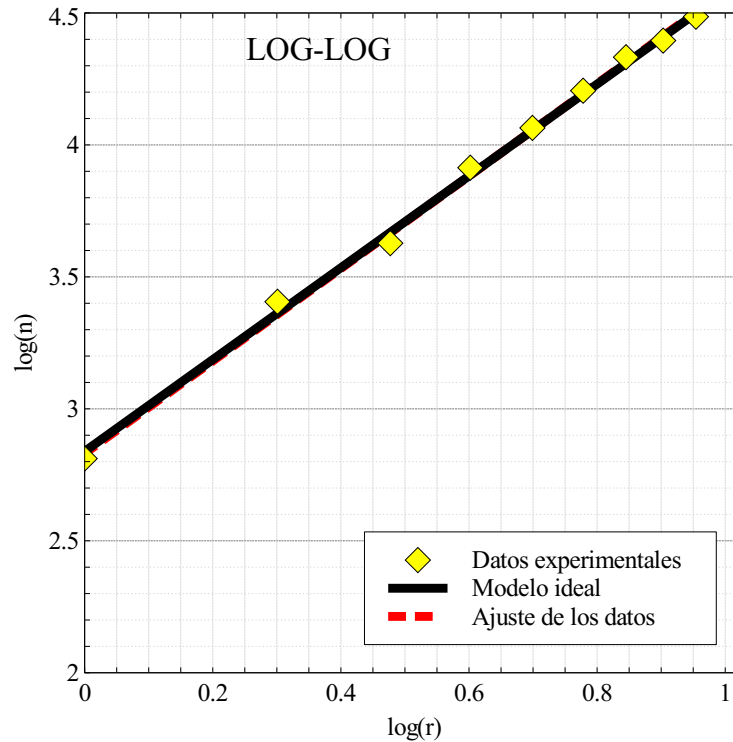


Figura 4.2.3: Gráfica obtenida debido a los experimento, nos indica que existe una ley de potencias y la podemos expresar en su forma lineal, con un pequeño ajuste de datos.

### 4.3. Alcance de vista

Ya se tiene un número de partículas fijo para la saturación, basta relacionarlo con la distancia al observador que mira la imagen para obtener una relación que sea de utilidad para los objetivos de este trabajo.

De los datos de radar al interior de nubes, se sabe que la concentración de granizo suspendido tiene la forma aproximada de ley de potencias. [Auer \(1972\)](#)

$$c = 561.3D^{-3.4} \equiv c_g D^{-\delta_g}. \quad (4.3)$$

La ecuación 4.3 es de suma importancia porque es lo más cercano que encontré a las características del problema que se pretende resolver. De alguna manera indica que la distancia de saturación debería ser una ley de potencias.

Se puede decir que el *alcance de vista L (AV)* es aquella distancia, que al ser alcanzada, incluye un número de partículas suficiente para hacer ilegible las imágenes que estén en mi campo de visión, con un error del  $\pm 10\%$ . Dicho de otra forma, dentro de la zona cuya frontera es el AV

tengo un 90 % o más de poder leer bien la señal en una imagen lejana.

Tomaré en cuenta la proyección del monitor sobre la imagen unitaria. Sobre ésta, la razón de alturas del patrón y las gotas deberá ser  $r = \frac{10mm}{D}$ . Sobre el monitor a 1 m del observador, una imagen de 15 cm  $\times$  15 cm se proyecta al área unitaria de 100 cm  $\times$  100 cm a una distancia de 100/15 del mismo.

El efecto volumétrico y la ecuación 4.2 nos proporcionan un AV  $L$

$$L = L_0 D^{-\delta}. \quad (4.4)$$

La ecuación 4.4 contiene una longitud de calibración  $L_0 = 3N_0(10)^\delta/c$  y el diámetro de gotas sobre el área unitaria  $D$  en mm. La longitud de calibración  $L_0 = 229.63$  m es el AV para gotas de diámetro  $D = 1$  mm con la misma concentración del granizo en nubes  $c_0 = 500$ .

#### 4.4. Efecto de la concentración sobre la visibilidad

Con los datos que tenemos ya podemos establecer la distancia hasta donde es legible una señal en un 90 % de ocasiones. Los tipos de partículas suspendidas en el aire varían para polvo desde algunas décimas hasta decenas de micrones  $\mu m$  y concentraciones variables.

El agua puede presentarse en el aire en vapor puro para altas temperaturas, niebla con gotitas de diámetro menores a 0.1 mm, lluvia con gotitas de diámetro entre  $0.1 \text{ mm} < D < 5 \text{ mm}$  y granizo: corpúsculos de hielo de agua mayores a 5 mm. En meteorología se distinguen varias categorías de granizo que alcanzan hasta los 5 cm de diámetro. En condiciones atmosféricas particulares todas estas especies pueden mantenerse suspendidas dentro de nubes por corrientes de aire determinadas.

Las gotas y granizos suspendidos son conocidos por los pilotos de todo el mundo cuando cruzan nubes que los contienen. El cambio en el alcance de vista se aprecia por los pasajeros de un avión en casi cualquier vuelo que pase por nubes.

En la figura 4.4.1 veremos que el AV no es uniforme para los distintos tamaños de gotas. Sin embargo, debido a la ley de potencias hay otra ley escondida de escalamiento. Para dos puntos sobre la frontera  $L = L_0 D^{-\delta}$  y  $L' = L_0 (D')^{-\delta}$  se cumple la ley de escalamiento

$$L D^\delta = L' (D')^\delta. \quad (4.5)$$

La ecuación 4.5 nos permite hacer cálculos rápidos sobre dos puntos de la misma gráfica.

Se usará la escala más genérica para que el modelo de gotas planas nos permita inferir el cambio en el AV debido al tamaño y la concentración.

1. niebla  $D < 0.1$  mm
2. lluvia  $0.1 \text{ mm} < D < 5$  mm
3. granizo  $D > 5$  mm

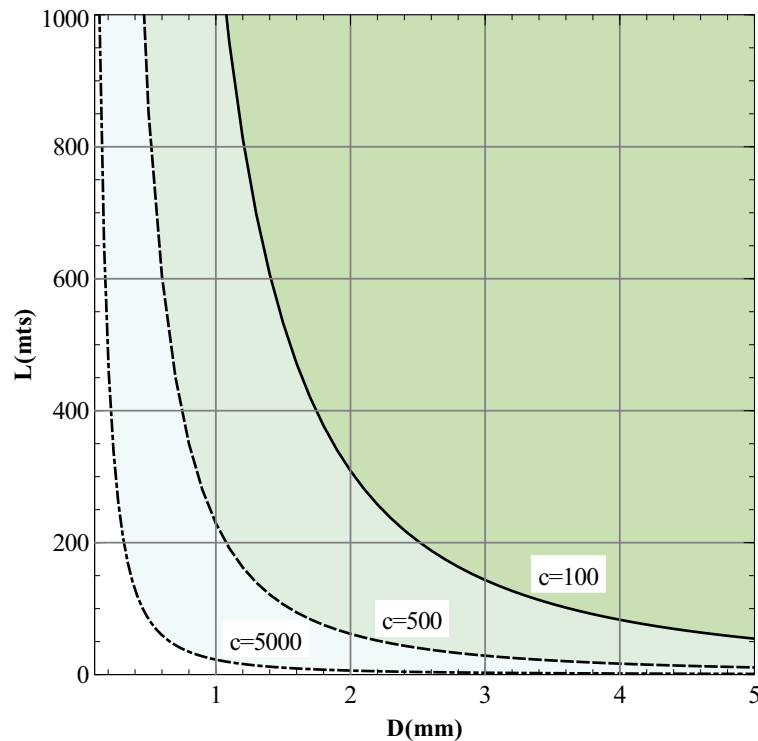


Figura 4.4.1: Efecto de la concentración volumétrica en la distancia de visibilidad  $c=5000$ ,  $c=500$  y  $c=100$ .

La figura 4.4.1 nos muestra el efecto que tiene la concentración de partículas en la distancia segura al 90 %. Note que para gotitas de agua de 1mm, el aumento de concentración de 100 a 5000 lleva una disminución de la distancia de visibilidad desde 1148.19 m hasta menos de 22.96 m.

Debido a la naturaleza asintótica de la ley de potencias, el aumento en concentración afecta fuertemente a las gotas más grandes. Al usar gotas mayores necesitamos menor número de ellas para destruir la imagen. Ensuciar una imagen sobre el piso con un gotero de tinta es una forma fácil de entender el efecto de saturación.

En la figura 4.4.2 Se observa que para distancias cortas los cables de las torres se pueden visualizar, al ir aumentando la distancia los cables se vuelven borrosos hasta llegar a ser irreconocibles.



Figura 4.4.2: Muestra el AV que se tiene cuando en el medio existen partículas diminutas como la niebla.

## 4.5. Efectos del cambio analógico-digital

En esta sección comentaré brevemente sobre el cambio que acontece sobre las señales visuales debido los distintos tipos de soporte. El abaratamiento de las pantallas digitales de todos los tamaños y costos, invitan a pensar que los soportes analógicos de las señales visuales actuales serán sustituidos irremediamente. Sin embargo, debemos tener en cuenta que en todos los tipos de transporte hasta en los de guerra los medios visuales directos, se han conservado. Pensemos en este listado de hechos.

- Parece primitivo un barco con torre de mando con cristales al lado de los medios de posicionamiento GPS y todo tipo de visores digitales con sus sistemas de cómputo adyacentes. El capitán actual conserva casi todos los viejos sistemas de comunicación y control, al lado de varios tripulantes que operan los nuevos sistemas.
- Los aviones más modernos desde los civiles hasta los militares tienen sus viejos parabrisas transparentes y el casco del piloto con su interfaz visual analógica no se achica ante todos los nuevos medios computarizados y digitales. El piloto puede manejar su nave con los viejos sistemas analógicos.
- Los tanques de guerra actuales siguen teniendo visor directo para el conductor y su casco visor transparente. A su alrededor múltiples computadoras y monitores se aprietan sin atreverse a ocupar el lugar de los sistemas de visualización analógica directa.

- Los edificios más modernos no se atreven a sustituir las viejas ventanas por las famosas pantallas ultra alta definición.
- Los países que pueden, están mudando sus medios inalámbricos analógicos a digitales. Lo hacen más por razones de economía especulativa, que por razones de seguridad nacional.

Si se pudiera hoy cambiar todas las señales visuales por su equivalente digital, debería aumentarse el gasto público significativamente. Aunado al costo de conversión estaríamos agregando el costo de mantenimiento, actualización y suministro eléctrico. Resalto el caso del tanque de guerra porque debe someterse a situaciones extremas de combate y la milicia no ha podido sustituir los viejos medios analógicos directos.

Los puntos anteriores nos permiten reflexionar sobre algunos puntos específicos.

La muda de señales analógicas a digitales puede barrer con los sistemas analógicos de señales porque tiene una ventaja al poder integrarse a la internet y de ahí conectarse a otros sistemas pero se vuelve vulnerable a los cambios de reenciptamiento (por actualizaciones) y necesita soportes específicos muy caros para instalarse y operarse. Puede ser terrible para una nación, si funciona como los sistemas operativos comerciales que se suponen muy robustos.

En caso de catástrofes naturales los sistemas digitales son muy vulnerables al abastecimiento de corriente eléctrica. Es una tendencia reducir y encarecer la producción de energía eléctrica a tal grado que la supuesta revolución eléctrica no llegará a todos los humanos por la intermitencia y costo del suministro.

Para redes de pequeños grupos el manejo digital de casi todo es una novedad y una realidad. Para comunidades grandes de personas la muda digital será una pesadilla si la pueden pagar ya que la reenciptación para actualizarse estará en manos de algunos especuladores. [Cassany \(2000\)](#)



# Capítulo 5

## Inversión del filtro

### 5.1. Representación matricial de una imagen

Ciertos formatos de imagen como el bmp pueden representarse por una matriz de ceros y unos. Esto tiene una ventaja importante en este problema. La figura 5.1.1 es una imagen que representa una señal típica con la señal (patrón cuadrado) envuelta en una zona externa llamada de contraste. Esta imagen es convertible a una matriz de unos y ceros para cada pixel como se muestra en la tabla A.1.1. [García \(2008\)](#)

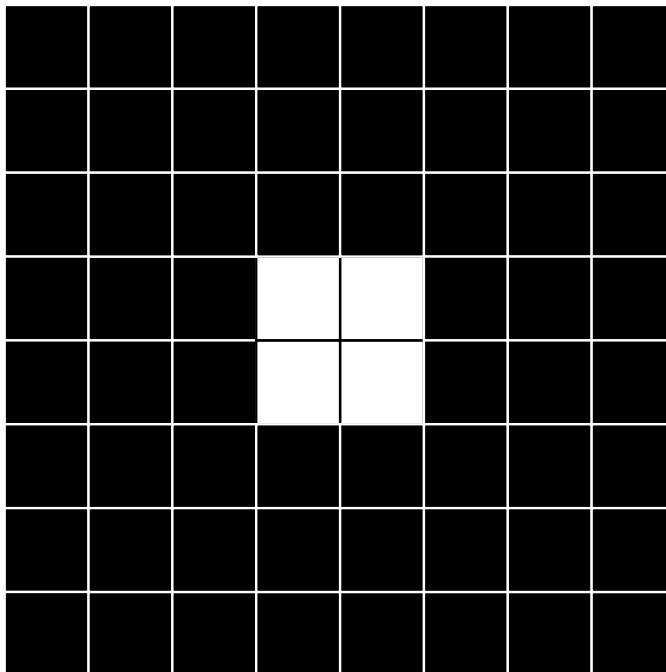


Figura 5.1.1: Imagen pixelada de 8x8

## 5.2. Características del goteo de pixeles

La señal original será representada por una matriz  $s$  de  $m \times n$  pixeles y la señal afectada es una matriz  $s'$  también de  $m \times n$  pixeles. Las gotas planas son bloques iguales de pixeles adjuntos que se pueden insertar en una matriz  $A$  de  $m \times n$  dimensiones. Una matriz de ruido por gotas, elemental  $A$ , es una matriz de ceros, salvo una entrada etiquetada con 1. Negro equivale a 0 y blanco equivale a 1. Observe la figura 5.1.1.

El efecto de agregar un pixel sucio a la imagen original es equivalente a sumar una matriz  $A$  con la matriz original  $s$  de acuerdo a la regla de suma por entradas en la misma posición.

$$s' = s + A. \tag{5.1}$$

La regla de suma dentro del pixel para agregar ruido se define en la tabla 5.2.1.

0+0	=0
0+1	=1
1+0	=1
1+1	=1

Tabla 5.2.1: Regla para sumar pixel por pixel

Al agregar gotas sucesivamente sobre la imagen original, el efecto de todas las gotas será, en virtud de su representación matricial, la imagen más una matriz de gotas  $A$  agregadas aditivamente. La matriz  $A$  en la ecuación 5.1 se descompone aditivamente, al usar suma entre matrices

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n. \tag{5.2}$$

Estudiemos las consecuencias que tiene la ecuación 5.2 para nuestros propósitos. La acumulación de gotas la podemos imaginar como una sucesión recursiva de operaciones que tiene la estructura de un filtro **para significar  $n$  transformaciones tipo  $T$**  definido por

$$s' = T_n(\dots(T_3(T_2(T_1(s)))))) \equiv \mathbf{T}(s) \tag{5.3}$$

La recuperación de la imagen consiste en invertir la ecuación 5.3,  $s = T^{-1}s'$ . Aquí es donde podemos apreciar que para operaciones aleatorias la inversión es un problema terriblemente difícil. Ensuciar aleatoriamente un pixel en una matriz de  $n \times m$  entradas significa ensuciar una entrada en un vector de  $k = n \times m$  entradas. Esto significa permutar un 1 en un vector de ceros

con  $k$  dimensiones y se obtienen  $k$  distintos vectores posible. En una matriz de  $m \times n$ , con un 1 y el resto 0 hay que generar  $(m \times n)$  matrices permutadas y elegir una de ellas al azar, para agregar un solo pixel 1 a  $s$  en la entrada correspondiente. En el caso de agregar gotas de tamaño  $k' = m' \times n'$  pixeles, el número de matrices generadas para agregar una sola gota se reduce un poco más. Restaurar un pixel aleatorio, implica metódicamente generar las matrices permutadas y encontrar por comparación directa, aquella matriz que restaure la imagen por sustracción.

### 5.3. Primer filtro aleatorio invertible

Un inconveniente que se tiene aquí, es que la población de matrices en que vive la que contiene el pixel correcto, crece multiplicativamente por cada gota o pixel agregados, es decir, para  $k$  pixeles agregados  $s' = T_k(T_{k-1}(\circ(T_1(s))\circ))$  el número de matrices generadas crece en una estructura arborescente por pixel agregado de acuerdo al producto  $(n \times m)(n \times m) \cdots (n \times m) = n^k \times m^k$ . En principio, este tipo de filtro algorítmicamente es invertible si se ignora la capacidad de cálculo que eso signifique, que ya es un efecto que pronto se vuelve inmanejable. Más allá del crecimiento explosivo del cómputo de búsqueda y comparación hay factores que simplifican la limpieza:

1. Cada pixel deja una huella.
2. Dicha huella permite anular el daño.

La imagen de una señal vial consiste de dos regiones homogéneas. La zona externa de contraste y la zona interna de la señal misma. En nuestro caso, específicamente, los pixeles de ruido que caen en la región externa quedan marcados desde el principio como sucios. Los pixeles sucios que mutan en la región interna se vuelven indistinguibles de la imagen inicial y no dejan huella debido la regla de suma del ruido. El problema se reduce entonces a reconstruir la frontera entre zonas, un problema más sencillo pues se aprovechan las simetrías que pudiera tener la señal para recuperar lo que se pueda.

Todo se complica con aumentar la concentración de gotas. Pues la frontera entre zonas uniformes desaparece en algún momento, que impide su recuperación. Para concentraciones mayores se garantiza prácticamente la imposibilidad de la inversión.

### 5.4. Segundo filtro aleatorio invertible

Otro tipo de filtro aleatorio que puede invertirse consiste en comenzar con una señal inicial  $s$  representada uniformemente por pixeles en escala de grises. La matriz que representa a la señal,

en lugar de unos y ceros lleva un número  $t \in [0, 1]$  y representa una escala uniforme de tonalidad que va del negro al blanco paulatinamente. El ruido se agrega por gotas (bloques idénticos de pixeles) bajo la regla de suma por pixel que se muestra en la tabla 5.4.1.

$\alpha + \rho$	$=\alpha'$	si la suma es menor a uno
$\alpha + \rho$	$=1$	si la suma es mayor a uno

Tabla 5.4.1: Regla para sumar pixel por pixel en escala de grises  $[0, 1]$

Observe la figura 5.4.1. Ahora los pixeles llevan más información que el caso anterior, una marca en el grado de grises que contienen y que por suma dejan una memoria en la imagen dañada. Esta información se conserva si la cantidad de gris en cada pixel no ha superado en valor máximo de la escala 1.

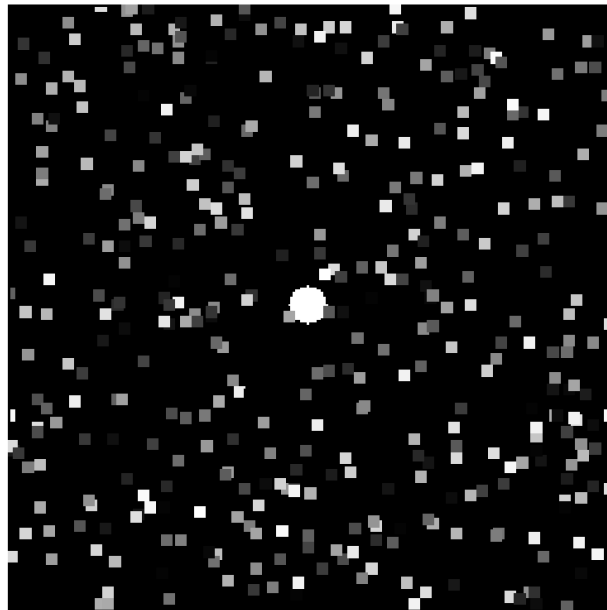


Figura 5.4.1: Ruido en escala de grises

Podemos eliminar los pixeles sucios restando la cantidad fija de gris que llevaban hasta recuperar la imagen original. La parte más fácil de limpiar es la zona de contraste, donde la señal inicial tenía una cantidad inicial de gris, por decir cero. Luego sucesivamente vamos restando hasta recuperar el pixel totalmente. Para poco ruido, aunque el filtro es aleatorio, la zona de contraste permite trabajar metódicamente hasta limpiarla.

## 5.5. Filtros caóticos fuertes y débiles

Para ambos filtros usados, en una imagen con poco daño, la limpieza (inversión) está casi garantizada, debido a la homogeneidad de sus partes. Por el contrario, al aumentar el daño la limpieza de la frontera entre regiones se complica costando más trabajo en la zona de mezcla que en la zona de contraste. La zona interna, que también es homogénea tiene un inconveniente. Cuando la suma de grises llega al máximo de la escala el ruido agregado posteriormente ya no se registra. Esta pérdida de memoria dificulta la recuperación de toda la imagen. Los pixeles sucios se mezclan con los de la imagen original borrando el rastro que deja el ruido al acumularse.

Se puede decir, que la concentración de gotas dificulta la recuperación de la imagen de acuerdo al grado de mezcla que se logra. Este fenómeno es el responsable de la pérdida de memoria debida al filtro aleatorio. La zona de mezcla dificulta la inversión del filtro en virtud de la pérdida de memoria. Entre mayor sea su superficie relativa al total, mayor es la dificultad de revertir el daño del ruido. Es por ello que al igual que el alcance de vista, aparece una zona de transición, más allá del cual el daño causado hace imposible la limpieza.

## 5.6. Resistencia a la inversión

En este estudio vale la pena indicar que la señal, diseñada para evitar confusiones es más resistente al ruido que una imagen compleja. El responsable de esto es la simplicidad con que se construye, a partir de dos zonas uniformes. Una de estas regiones es casi inmune al ruido mientras la otra es altamente sensible a su presencia. Se puede afirmar que las imágenes compuestas por zonas uniformes con memoria son más fáciles de invertir que aquellas que carecen de ella. Aunque el daño parece ser el mismo para estos dos tipos de regiones, la recuperación es muy sensible al tipo de zona en la que incide.

Se puede decir que la saturación de tonalidad por superposición de pixeles (mezcla), es la causa de pérdida de memoria para un filtro caótico. Esto lleva a ser el principal obstáculo para la recuperación de la imagen.



# Capítulo 6

## Conclusiones

### 6.1. Conclusiones del trabajo

Se estudio el ambiente como filtro caótico aleatorio por medio de su transformación, esto nos permite analizar una señal de algún tipo de dominio o espacio a otro, para así, obtener información que no es evidente en el dominio original. La transformación inversa permite recuperar las variables originales a partir de las variables transformadas debido a su proceso inverso.

Se analizaron con éxito algunos de los efectos ópticos que percibe un automovilista al tratar de leer las señalizaciones viales.

Se estudiaron los efectos del ambiente sobre la visualización de una imagen incluyendo el escenario de ruido caótico.

Se estudiaron los efectos de la saturación de ruido sobre la visualización de una imagen reconocible de inicio.

Obtuvimos una frontera que se muestra cuando empieza a llover, cae granizo o esta lloviendo, al aparecer esta cortina de visibilidad se observa que detrás de la cortina no podemos distinguir ningún objeto. Encontramos la distancia a la que se encuentra la cortina visibilidad que depende de la concentración y del tamaño de gota, nuestro equivalente en señales sería que después de que el daño a cruzado esa región es irreversible la recuperación de la señal original. Por lo tanto podemos decir que existe una concentración crítica en la cual ya no es recuperable la imagen, si estamos hablando del fenómeno físico.



# Bibliografía

- Auer, A. H. (1972). Distribution of graupel and hail with size. *Monthly Weather Review*, 100(5):325–328. 21
- Ayres, F. and Ayres Jr, F. (1970). *Teoría y problemas de trigonometría plana y esférica*. McGraw-Hill,. 17
- Braun, E. (2011). *El saber y los sentidos*. Fondo de Cultura Económica. 13
- Cassany, D. (2000). De lo analógico a lo digital. el futuro de la enseñanza de la composición. *Lectura y vida*. 2000; 21 (4): 6–15. 25
- Dorf, R. C., Bishop, R. H., Canto, S. D., Canto, R. D., and Dormido, S. (2005). *Sistemas de control moderno*. Pearson Prentice Hall. 6
- García, I. (2008). Vision artificial y procesamiento digital de imágenes usando matlab. *Ibarra (Ecuador): Escuela de Ingeniería de la PUCE-SI*. 27
- Gilat, A. (2006). *Matlab: Una introducción con ejemplos prácticos*. Reverté. 18
- Hewitt, P. G. and Lira, J. A. F. (1999). *Física conceptual*, volume 6. Addison Wesley. 15
- Hsu, H. P. (1998). *Análisis de Fourier*. Pearson Educación. 6
- Oppenheim, A. V., Willsky, A. S., and Nawab, S. H. (1998). *Señales y sistemas*. Pearson Educación. 5
- Rubinson, K. A. R., Rubinson, J. F. K. A., and Rubinson, J. F. (2000). *Análisis intrumental*. Prentice Hall. 10, 19
- Subsecretaría (2014). *Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad*. Secretaría de comunicaciones y transporte. 10
- Swokowski, E. W. and Cole, J. A. (2006). *Algebra y trigonometria con geometria analitica/Algebra and Trigonometry with Analytic Geometry*. Thomson. 14



# Apéndice A

## Apéndice

### A.1. Matriz de 8x8 con patron central cuadrado

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla A.1.1: Matriz de 8x8 en mapeo de bits

## A.2. Experimentos de saturación

<b>R</b>	<b>Ni</b>	<b>Ns</b>	<b>logNi</b>	<b>logNs</b>	<b>logR</b>	<b>logN</b>
1	260	300	2.4149	2.4771	0	2.4460
2	1200	1250	3.0791	3.0969	0.3010	3.0880
3	2450	2650	3.3891	3.4232	0.4771	3.4062
4	5000	5200	3.6989	3.7160	0.6020	3.7074
5	7100	7400	3.8512	3.8692	0.6989	3.8602
6	9800	10100	3.9912	4.0043	0.7781	3.9977
7	13800	14200	4.1398	4.1522	0.8450	4.1460
8	18200	18600	4.2600	4.2695	0.9030	4.2647
9	22900	23300	4.3598	4.3654	0.9542	4.3626
10	24200	24400	4.3838	4.3876	1	4.3856

Tabla A.2.1: límite inferior y superior de patrón cuadrado, gota cuadrada e imagen de 256 pixeles

<b>R</b>	<b>Ni</b>	<b>Ns</b>	<b>logNi</b>	<b>logNs</b>	<b>logR</b>	<b>logN</b>
1	600	700	2.7781	2.8450	0	2.8116
2	2400	2700	3.3802	3.4313	0.3010	3.4057
3	4000	4500	3.6020	3.6532	0.4771	3.6276
4	8000	8400	3.9030	3.9242	0.6020	3.9136
5	1140	1800	4.0569	4.0718	0.6989	4.0646
6	15800	16300	4.1986	4.2121	0.7781	4.2054
7	21300	21700	4.3283	4.3364	0.8450	4.3324
8	24700	25000	4.3926	4.3979	0.9030	4.3953
9	30400	30800	4.4228	4.4885	0.9542	4.4257
10	35800	36400	4.5538	4.5611	1	4.5574

Tabla A.2.2: límite inferior y superior de patrón circular, gota cuadrada e imagen de 256 pixeles

<b>R</b>	<b>Ni</b>	<b>Ns</b>	<b>logNi</b>	<b>logNs</b>	<b>logR</b>	<b>logN</b>
1	240	270	2.3802	2.4312	0	2.4057
2	1450	1700	3.1613	3.2304	0.3010	3.1959
3	3400	3900	3.5314	3.5910	0.4771	3.5612
4	6300	6800	3.7993	3.8325	0.6020	3.8159
5	10800	11400	4.0334	4.0569	0.6989	4.0451
6	14800	15400	4.1702	4.1875	0.7781	4.1789
7	18500	19200	4.2671	4.2833	0.8450	4.2752
8	22000	22700	4.3424	4.3560	0.9030	4.3492
9	26000	26500	4.4149	4.2432	0.9542	4.4191
10	31500	32000	4.4983	4.5051	1	4.5017

Tabla A.2.3: límite inferior y superior de patrón cuadrado, gota cuadrada e imagen de 512 pixeles

<b>R</b>	<b>Ni</b>	<b>Ns</b>	<b>logNi</b>	<b>logNs</b>	<b>logR</b>	<b>logN</b>
1	750	850	2.8750	2.9294	0	2.9022
2	2500	2600	3.3979	3.4149	0.3010	3.4064
3	4300	4500	3.6334	3.6532	0.4771	3.6433
4	8100	8500	3.9084	3.9294	0.6020	3.9189
5	11500	11900	4.0606	4.0755	0.6989	4.0681
6	15900	16200	4.2013	4.2095	0.7781	4.2054
7	21500	24700	4.3324	4.3926	0.8450	4.3625
8	24900	25200	4.3961	4.4014	0.9030	4.3987
9	30600	30900	4.4857	4.4899	0.9542	4.4878
10	36200	36700	4.5587	4.5646	1	4.5616

Tabla A.2.4: límite inferior y superior de patrón circular, gota cuadrada e imagen de 512 pixeles

<b>R</b>	<b>Ni</b>	<b>Ns</b>	<b>logNi</b>	<b>logNs</b>	<b>logR</b>	<b>logN</b>
1	300	350	2.4771	2.5440	0	2.5105
2	1600	1750	3.2041	3.2430	0.3010	3.2235
3	3700	4200	3.5682	3.6232	0.4771	3.5957
4	7700	8200	3.8864	3.9138	0.6020	3.9001
5	11600	11800	4.0644	4.0718	0.6989	3.9001
6	17800	18000	4.2504	4.2552	0.7781	4.2528
7	22800	23300	4.3579	4.3673	0.8450	4.3626
8	27100	27700	4.4329	4.4424	0.9030	4.4377
9	33900	34400	4.5301	4.5365	0.9542	4.5333
10	43300	43600	4.6364	4.6394	1	4.6379

Tabla A.2.5: límite inferior y superior de patrón cuadrado, gota cuadrada e imagen de 1024 pixeles

<b>R</b>	<b>Ni</b>	<b>Ns</b>	<b>logNi</b>	<b>logNs</b>	<b>logR</b>	<b>logN</b>
1	800	850	2.9030	2.9294	0	2.9162
2	1650	1850	3.2174	3.2671	0.3010	3.2423
3	5050	5150	3.7032	3.7118	0.4771	3.7075
4	8200	8800	3.9138	3.9444	0.6020	3.9291
5	12600	12900	4.1003	4.1105	0.6989	4.1054
6	17200	17600	4.2355	4.2455	0.7781	4.2405
7	23000	23500	4.3617	4.3710	0.8450	4.3663
8	27700	28200	4.4424	4.4502	0.9030	4.4463
9	36800	36900	4.5658	4.5670	0.9542	4.5664
10	47900	48200	4.6803	4.6830	1	4.6816

Tabla A.2.6: límite inferior y superior de patrón circular, gota cuadrada e imagen de 1024 pixeles

### A.3. Experimentos de saturación con líneas

<b>R=3</b>	<b>Ni</b>	<b>Ns</b>	<b>V</b>	<b>N</b>	<b>log Ni</b>	<b>log Ns</b>	<b>log V</b>	<b>log N</b>
	2000	2100	5	2050	3.30103	3.322219295	0.69897	3.311624645
	1700	1800	10	1750	3.23044892	3.255272505	1	3.242860713
	1200	1400	15	1300	3.07918125	3.146128036	1.17609126	3.112654641
	900	1100	20	1000	2.95424251	3.041392685	1.30103	2.997817597
	760	900	25	830	2.88081359	2.954242509	1.39794001	2.917528051
	650	710	30	680	2.81291336	2.851258349	1.47712125	2.832085853
	510	610	35	560	2.70757018	2.785329835	1.54406804	2.746450006
	410	510	40	460	2.61278386	2.707570176	1.60205999	2.660177016
	420	480	45	450	2.62324929	2.681241237	1.65321251	2.652245264
	360	400	50	380	2.5563025	2.602059991	1.69897	2.579181246

Tabla A.3.1: límite inferior y superior de patrón cuadrado, línea cuadrada e imagen de 256 píxeles

## A.4. Límite inferior

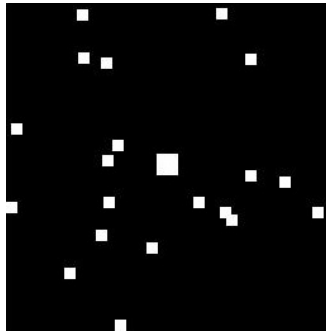


Figura A.4.1:  $r=2$ ,  $N=20$

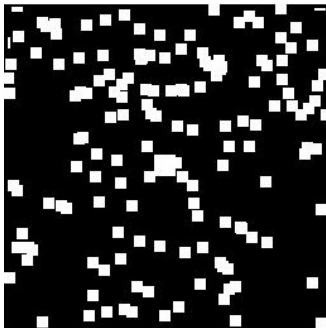


Figura A.4.2:  $r=2$ ,  $N=150$

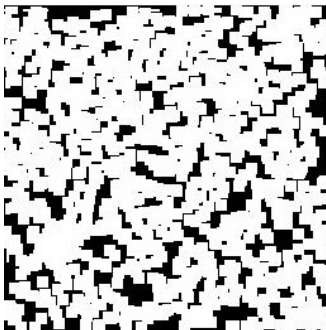


Figura A.4.3:  $r=2$ ,  $N=1200$

## A.5. Límite superior

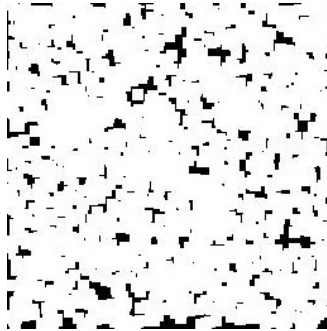


Figura A.5.1:  $r=2$ ,  $N=2000$

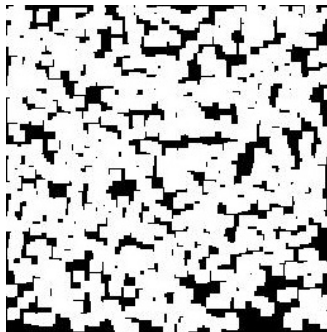


Figura A.5.2:  $r=2$ ,  $N=1300$

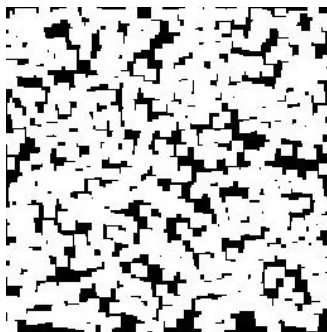


Figura A.5.3:  $r=2$ ,  $N=1250$

## A.6. Imágenes con velocidades

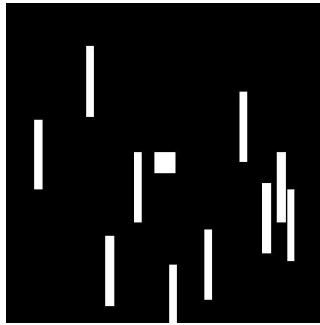


Figura A.6.1: Imagen sin saturación

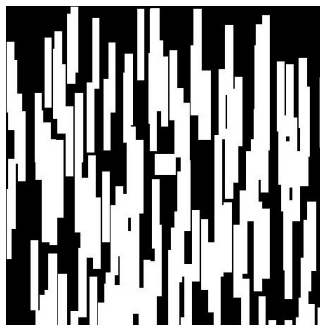


Figura A.6.2: Imagen parcialmente saturada

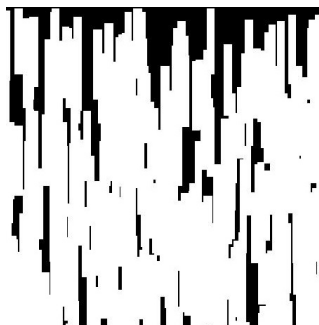


Figura A.6.3: Imagen saturada

## A.7. Programa Patrón Cuadrado con Ruido Cuadrado

```
%Eduardo Méndez Santiago
%Experimentos Patrón cuadrado con ruido cuadrado
%% Se Limpian todos los valores
close all
clear all
clc

nn=256; %píxeles
mm=10; %gotas
an=nn/16; %ancho de patron
anx=(1/2)*an; %ancho de gota
any=anx; %altura de gota
%%matriz de ceros (negro)
m=zeros(nn,nn);

cc1=ceil(abs(nn+an)/2.);
cc2=ceil(abs(nn-an)/2.);
%agujero central blanco
m(cc2:cc1,cc2:cc1)=1;

rr=nn/32.;
for i=1:nn
for j=1:nn
tt=sqrt((i-nn/2.)^2+(j-nn/2.)^2);
if(tt <= rr)
m(i,j)=1;
end
end
end

% ruido por goteo
for k=1:mm
xc=rand*nn;
yc=rand*nn;
```

```
xx1=ceil(abs(xc+anx/2.));  
xx2=ceil(abs(xc-anx/2.));  
yy1=ceil(abs(yc+any/2.));  
yy2=ceil(abs(yc-any/2.));  
m(yy2:yy1,xx2:xx1)=1;  
end  
figure  
imshow(m);  
%imwrite(m,'imag.bmp');
```

## A.8. Programa Patrón Circular con Ruido Cuadrado

```
%Eduardo Méndez Santiago
%Patrón Circular con Ruido Cuadrado
%% Se Limpian todos los valores
close all
clear all
clc

%% Variables
Tim=256; %pixeles
Ngo=10; % Número de gotas
Anp=Tim/16; %ancho de patron
Angx=(1/2)*Anp; %ancho de gota
Angy=Angx; %altura de gota

%% Matrices de ceros de tamaño 256, 512, 1024
Mceros=zeros(Tim,Tim); %matriz de ceros

%% Forma del patrón
Circular=Tim/32.; %radio circular de agujero
for i=1:Tim
    for j=1:Tim
        if(sqrt((i-Tim/2.)^2+(j-Tim/2.)^2) <= Circular)
            Mceros(i,j)=1;
        end
    end
end

%% Ruido por goteo
for k=1:Ngo
    xc=rand*Tim;
    yc=rand*Tim;
    px1=ceil(abs(xc+Angx/2.));
    px2=ceil(abs(xc-Angx/2.));
    py1=ceil(abs(yc+Angy/2.));
```

```
    py2=ceil(abs(yc-Angy/2.));
    Mceros(py2:py1,px2:px1)=1;
end

%% Decimales en las matrices (emborronamiento)
Borr=imresize(Mceros,[Tim Tim]);

%% Correccion de la imagen
[o,p] = size(Borr);
im_salida = ones(o,p);
T = 1;
for i = 1:o
    for j = 1:p
        if(Mceros(i,j) >= T)
            im_salida(i,j) = 1;
        else
            im_salida(i,j) = 0;
        end
    end
end

%% Mostramos la imagen final
imshow(im_salida);

%% Guardamos la imagen
%imwrite(im_salida,'C:\Users\Oem\Pictures\GR1.bmp')
```

## A.9. Programa Patrón Circular con Líneas (velocidades)

```
%Eduardo Méndez Santiago
%Patrón Circular y Velocidad
%% Se Limpian todos los valores
close all
clear all
clc

%% Variables
Tim=256; %pixeles
Ngo=10; % Número de gotas
Anp=Tim/16; %ancho de patron
Angx=(1/2)*Anp; %ancho de gota
Angy=Angx; %altura de gota

%% Matrices de ceros de tamaño 256, 512, 1024
Mceros=zeros(Tim,Tim); %matriz de ceros

%% Forma del patrón
Circular=Tim/32.; %radio circular de agujero
for i=1:Tim
    for j=1:Tim
        if(sqrt((i-Tim/2.)^2+(j-Tim/2.)^2) <= Circular)
            Mceros(i,j)=1;
        end
    end
end

%% Ruido por goteo
for k=1:Ngo
    xc=rand*Tim;
    yc=rand*Tim;
    px1=ceil(abs(xc+Angx/2.));
    px2=ceil(abs(xc-Angx/2.));
    py1=ceil(abs(yc+Angy/2.));
```

```
    py2=ceil(abs(yc-Angy/2.));
    Mceros(py2:py1+50,px2:px1)=1;
end

%% Decimales en las matrices (emborronamiento)
Borr=imresize(Mceros,[Tim Tim]);

%% Correccion de la imagen
[o,p] = size(Borr);
im_salida = ones(o,p);
T = 1;
for i = 1:o
    for j = 1:p
        if(Mceros(i,j) >= T)
            im_salida(i,j) = 1;
        else
            im_salida(i,j) = 0;
        end
    end
end

%% Mostramos la imagen final
imshow(im_salida);

%% Guardamos la imagen
%imwrite(im_salida,'C:\Users\Oem\Pictures\GR1.bmp')
```

## A.10. Programa Patrón Cuadrado con Líneas (velocidades)

```
%Eduardo Méndez Santiago
%Patrón Cuadrado y velocidad
%% Se Limpian todos los valores
close all
clear all
clc

%% Variables
Tim=256; %pixeles
Ngo=15; % Número de gotas
Anp=Tim/16; %ancho de patron
Angx=(1/4)*Anp; %ancho de gota
Angy=Angx; %altura de gota

%% Matrices de ceros de tamaño 256, 512, 1024
Mceros=zeros(Tim,Tim); %matriz de ceros

%% Forma del patrón
px=ceil(abs(Tim+Anp)/2.);
py=ceil(abs(Tim-Anp)/2.);
Mceros(py:px,py:px)=1; %agujero central blanco

%% Ruido por goteo
for k=1:Ngo
    xc=rand*Tim;
    yc=rand*Tim;
    px1=ceil(abs(xc+Angx/2.));
    px2=ceil(abs(xc-Angx/2.));
    py1=ceil(abs(yc+Angy/2.));
    py2=ceil(abs(yc-Angy/2.));
    Mceros(py2:py1+50,px2:px1)=1;
end

%% Decimales en las matrices (emborronamiento)
```

```
Borr=imresize(Mceros,[Tim Tim]);

%% Correccion de la imagen
[o,p] = size(Borr);
im_salida = ones(o,p);
T = 1;
for i = 1:o
    for j = 1:p
        if(Mceros(i,j) >= T)
            im_salida(i,j) = 1;
        else
            im_salida(i,j) = 0;
        end
    end
end

%% Mostramos la imagen final
imshow(im_salida);

%% Guardamos la imagen
%imwrite(im_salida,'C:\Users\Oem\Pictures\GR1.bmp')
```