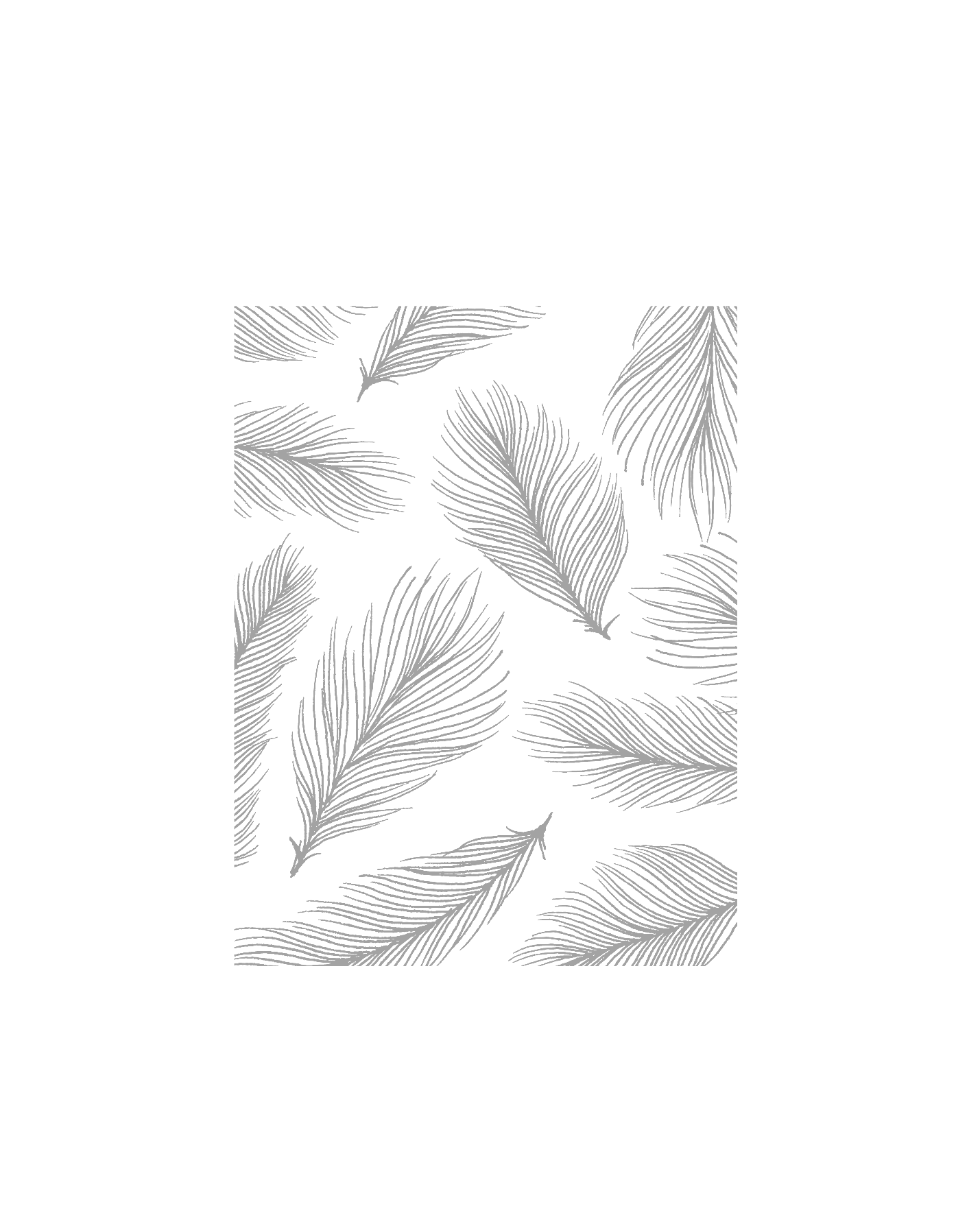


**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**



Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería Campus Tlaxcala



Reporte Técnico

**“Algoritmo de detección de patrones de movimiento para la identificación de allanamiento de morada usando visión computacional”**

No. TT

PRESENTAN:

**Valeria Jahzeel Castañón Hernández; Inteligencia Artificial**

Asesores:

**María del Rocío Ochoa Montiel**

**Lauro Reyes Cocoletzi**

Tlaxcala, Tlax. a 15 de junio de 2024

*“La Técnica al Servicio de la Patria”*

**Agradecimientos**

Se recomienda redactarlos de manera formal dando reconocimiento a quienes colaboraron en la formación profesional y en el desarrollo del trabajo que se presenta y no deberán exceder dos páginas.

**Resumen**

En el resumen deben incluirse: el objetivo del trabajo realizado, la forma en que se desarrolló y los resultados obtenidos. Este apartado se redacta de manera sintética, resaltando los aspectos más importantes de la investigación. Su objetivo es motivar al lector a leer el trabajo, enterándose de su contenido en general, en un tiempo breve. Extensión 100-300 palabras

**Términos/Palabras clave**

Aprendizaje máquina, cámaras de seguridad, patrón de movimiento, redes neuronales artificiales, visión computacional

**Índice**

1. Allanamiento de morada en México
   1. Definición de allanamiento de morada
   2. Factores que contribuyen al allanamiento
   3. Estadísticas de allanamiento
   4. Como influye el allanamiento en la percepción de la seguridad en las personas
2. Reconocimiento de patrones de movimiento
   1. Definición de patrón de movimiento
   2. Movimientos comunes asociados a comportamientos sospechosos
   3. Movimientos clave para detectar un allanamiento
      1. Movimientos bruscos
      2. Vigilancia fuera del domicilio
      3. Acercamiento a lugares vulnerables (puertas y/o ventanas)
3. Visión artificial
   1. Conceptos generales de visión artificial
   2. Aplicaciones de visión artificial en la vigilancia
   3. Herramientas de visión artificial utilizadas para la detección de comportamientos
4. Aprendizaje automático para la detección de comportamiento
   1. Conceptos generales de aprendizaje automático
   2. Modelos de aprendizaje comunes en la clasificación y detección de secuencias
      1. Redes Neuronales Convolucionales (CNN)
      2. Redes Neuronales Recurrentes (RNN)
      3. Máquina de Vector de Soporte (SVM)

**Capítulo 1. Introducción**

Consiste en describir en forma clara y concisa el contexto actual del problema que generó la investigación, sus características, la forma en que será abordado, la causa de su elección, que se pretendió demostrar, los métodos y procedimientos empleados y la estructura sintética del contenido del proyecto terminal.

La finalidad de la introducción es familiarizar al lector con el tema y propósito del trabajo. Debe dar a entender al lector que se investigó, que se logró y que aporta a su carrera. La redacción debe ser impecable, cuidarse la presentación, su extensión no deberá exceder tres páginas, además se recomienda usar los verbos en infinitivo.

**1.1 Antecedentes**

* 1. **Planteamiento del problema**

**1.2.1 Definición del problema**

Según la revista digital El Economista, en 2023 la mayoría de los delitos en México registraron una baja significativa a nivel nacional; sin embargo, la gran mayoría de ellos siguen quedando impunes [3]. De acuerdo con el Observatorio Nacional Ciudadano, el delito de robo a casa habitación disminuyó alrededor del 16.20% entre 2022 y 2023 [4]. No obstante, encuestas del INEGI revelan que, en México, de cada 100 delitos, solo 6.4 se denuncian, y de cada 100 delitos denunciados, solo 14 se resuelven [5]. Además, la incidencia de allanamientos tiende a aumentar durante las vacaciones, cuando las familias regresan a sus hogares y descubren puertas o ventanas rotas, o que les faltan pertenencias. Esto evidencia que, aunque haya una disminución en la tasa de robos, la percepción de inseguridad sigue siendo alta debido a la baja tasa de resolución de casos y al aumento de allanamientos en situaciones específicas.

En respuesta a esta problemática, se han propuesto diversos enfoques para la detección de comportamientos sospechosos a través del análisis de video, los cuales se plantean a continuación.

Un primer estudio implementó un sistema de detección de caídas utilizando una RVM, alcanzó una precisión del 89%, aunque su aplicación se limita a entornos controlados [6]. Otro trabajo utilizó CNN para clasificar actividades de vigilancia en sospechosas o normales, logró una precisión del 87.15%, pero su generalización es limitada debido a la variabilidad en los escenarios de entrenamiento [7]. Un tercer enfoque utilizó Random Forest en un entorno IoT asistido, alcanzando una alta precisión del 98.88%, aunque enfocado en actividades interiores y dependiente de múltiples sensores [8].

Dado que los métodos existentes presentan limitaciones [qué limitaciones] en la detección precisa de intentos de allanamiento en entornos domésticos, este proyecto propone el desarrollo de un algoritmo que identifique patrones de movimiento asociados con intentos de allanamiento. Al integrar técnicas de aprendizaje automático, redes neuronales artificiales y análisis de datos, el algoritmo podrá detectar movimientos sospechosos y diferenciarlos de comportamientos cotidianos, como la llegada de un repartidor o un conocido, proporcionando una respuesta proactiva frente a posibles delitos y contribuyendo a mejorar la seguridad en el hogar.

En esta sección se presenta la identificación y análisis de las situaciones problemáticas que necesitan atención en un determinado contexto, se selecciona una de ellas y se decide la búsqueda de su relación con uno o más aspectos que se asume están relacionados con el problema que se eligió.

Es importante especificar los antecedentes relacionados directamente con el problema. Lo anterior sirve de apoyo para delimitar el alcance del proyecto y describir los aspectos o variables que forman parte del estudio.  
Después de identificar el problema se elabora, por lo menos, una pregunta de investigación que deberá ser respondida con fundamentos sólidos al finalizar el estudio, dicha pregunta corresponde a esta sección.

* + 1. **Objetivos**

**Objetivo general:**

Desarrollar un algoritmo para detectar y clasificar patrones asociados a comportamientos sospechosos en videos de videovigilancia a partir del uso de visión computacional,

**Objetivos específicos:**

1. Generar un conjunto de datos mediante la recolección de vídeos de diferentes fuentes (conjuntos de datos utilizados en trabajos relacionados y videos públicos de internet).
2. Preprocesar de los videos recolectados mediante la aplicación de recortes, ajustes de iluminación o transformaciones geométricas.
3. Diseñar e implementar un algoritmo para la detección de las siguientes conductas: intentar abrir puertas o ventanas, saltar bardas, y permanecer de pie por un tiempo prolongado afuera de una casa.
4. Evaluar la precisión y efectividad del algoritmo mediante la comparación con trabajos similares y el uso de diversas métricas de evaluación.
   * 1. **Justificación**

En la actualidad, estamos viviendo una época de rápidos cambios tecnológicos, donde la inteligencia artificial (IA) está cobrando un papel crucial en la vida cotidiana, en ámbitos como el estudio y el trabajo. Según un estudio realizado por Microsoft [6], alrededor del 56% de la generación Z (18-24 años) y el 43% de los millennials (25-44 años) ya utilizan y experimentan con la IA. Este creciente interés ha llevado a que aproximadamente el 50% de las empresas, según McKinsey [7], integren la IA en el desarrollo de sus productos y servicios. En este contexto, el presente proyecto adquiere relevancia.

A pesar de los avances tecnológicos en los sistemas de vigilancia doméstica, los delitos de allanamiento siguen ocurriendo con frecuencia [4]. Si bien muchas viviendas están equipadas con cámaras de seguridad, estas generalmente solo registran los eventos sin detectar ni analizar activamente lo que sucede. La detección de actividades sospechosas aún depende en gran medida de que los propietarios o terceros noten algo inusual, revisen las grabaciones, o reaccionen a las alarmas, lo que a menudo ocurre cuando el delito ya ha sido cometido. Esta respuesta tardía limita la eficacia de los sistemas de vigilancia actuales, dejando a los hogares vulnerables.

El desarrollo de un algoritmo capaz de detectar conductas sospechosas relacionadas con intentos de allanamiento, a través del análisis de posturas y movimientos, puede ayudar a mejorar la seguridad al proporcionar una detección proactiva y reducir la necesidad de supervisión constante. Además, este algoritmo puede extrapolarse a otros ámbitos, adaptándose para detectar diferentes tipos de comportamientos anómalos en diversos escenarios, lo que lo convierte en una herramienta versátil. Su integración en diferentes sistemas de seguridad podría realizarse con modificaciones mínimas, lo que incrementa su potencial de uso en la prevención de delitos y otros contextos de seguridad.

De manera resumida, este apartado incluye las razones que motivaron e hicieron importante el desarrollo de la investigación, debe explicar ¿por qué? y ¿para qué? se llevó a cabo y ¿a quién le va a servir?, tomando en cuenta que un proyecto tiene mayor impacto cuando beneficia a un mayor número de personas o empresas.

Describe las contribuciones o beneficios que resultarían con el TT (originalidad del trabajo, vinculación con los usuarios potenciales, utilidad de los resultados, complejidad en su elaboración, mejora a lo ya existente, etc.).

*Originalidad del trabajo*. Que se aporta de novedoso, distinto o recién propuesto en el TT.  
*Vinculación* con los usuarios potenciales. Quiénes son directamente los beneficiados: un sector de la sociedad, una organización, el

sector productivo, la comunidad “X”; es decir, para quiénes tendría interés.  
*Mejora a lo ya existente*. De qué manera se va a intervenir para propiciar la mejora de algo que ya existe.

*Complejidad*. Que el TT refleje calidad en el desempeño y aplicación de los conocimientos adquiridos o acumulados a lo largo de la carrera, así como de las horas mínimas destinadas al trabajo.

* 1. **Hipótesis**

Expresa una respuesta tentativa a la pregunta de investigación que se redacta mediante un enunciado.  
La hipótesis contempla una relación entre las variables independiente y dependiente.

* 1. **Aportación científica y/o tecnológica**

En este apartado se describirán, de manera esquemática, los productos o resultados finales del TT, considerando el sistema a desarrollar, los documentos a generarse, las pruebas o experimentos a realizar para validar los resultados, etc.

Se recomienda esquematizar a grandes rasgos (diagrama de bloques) la arquitectura del producto a desarrollar

También se pueden enlistar los productos esperados del TT, por ejemplo:

* El código.
* La documentación técnica del sistema.
* El manual de usuario.
* Alguna publicación.
  1. **Organización del proyecto técnico**

**Capítulo 2. Marco teórico**

*Referentes teóricos:* este apartado incluye aquella información relacionada con los enfoques y teorías seleccionadas para explicar o contextualizar el problema. Implica expresar las proposiciones teóricas generales, postulados y marcos de referencia. Al momento de redactar este apartado, se sugiere abarcar los siguientes aspectos:

a. Ubicación del problema con la teoría seleccionada.

b. Relación entre la teoría y el objeto de estudio.

c. Posición de distintos autores sobre el problema que se aborda. d. Adopción de una postura propia y su justificación.

Referentes conceptuales básicos: Consiste en dar el significado preciso y según el contexto a los conceptos principales, expresiones o variables involucradas en el problema.

En concreto, en este apartado se incluyen y comentan las teorías que se manejaron y los estudios previos que fueron relacionados con el planteamiento, se hace un sumario de los temas y hallazgos más importantes en el pasado y se señala cómo nuestra investigación amplía la literatura actual. Finalmente, tal revisión nos debe responder la pregunta: ¿dónde estamos ubicados actualmente en cuanto al conocimiento referente a nuestras preguntas y objetivos?

Extensión sugerida 8-12 cuartillas ó 10000 palabras

1. Allanamiento de morada en México
   1. Definición de allanamiento de morada

En México, tanto el Código Penal como el Código Penal Federal tienen una ley relacionada directamente con el allanamiento de morada.

Según el Código Penal en el capitulo II titulado “De allanamiento de morada, domicilio de personas jurídicas y establecimientos abiertos al público” en el artículo 202 define el allanamiento de morada como “1. El particular que, sin habitar en ella, entrare en morada ajena o se mantuviere en la misma contra la voluntad de su morador, será castigado con la pena de prisión de seis meses a dos años. 2. Si el hecho se ejecutare con violencia o intimidación la pena será de prisión de uno a cuatro años y multa de seis a doce meses. “[referencia]

Según el artículo 285 del Código Penal Federal, que trata el allanamiento de morada dice lo siguiente: “Se impondrán de un mes a dos años de prisión y multa de diez a cien pesos, al que, sin motivo justificado, sin orden de autoridad competente y fuera de los casos en que la ley lo permita, se introduzca, furtivamente o con engaño o violencia, o sin permiso de la persona autorizada para darlo, a un departamento, vivienda, aposento o dependencias de una casa habitada.” [referencia]

* 1. Factores que contribuyen al allanamiento

Hay diversos factores que contribuyen al allanamiento de morada, entre ellos está el nivel de eficiencia del sistema judicial, según el INEGI [referencia] en México, de cada 100 delitos, solo 6.4 se denuncian, y de cada 100 delitos denunciados, solo 14 se resuelven, este hecho puede incentivar a los delincuentes a cometer delitos sin mayor temor a las consecuencias legales. Además, hay 3 factores de atractividad básicos para el allanamiento de morada, estos son: facilidad de acceso a la vivienda, desocupación diurna y tiempo de intervención policial en la zona. De la misma manera la policía de Reino Unido [referencia] a través de la página oficial de la policía dio una lista de cosas que pueden contribuir a que una casa sea blanco de un allanamiento, estos son:

* Dejar paquetes o artículos caros en la puerta de entrada
* Mantener las puertas y/o ventanas abiertas o sin protección
* Los criminales esperan hasta que alguien no esté en casa, por ejemplo, en horas de trabajo/escuela o vacaciones
* No tener perros
* No tener una barda en el jardín
  1. Estadísticas de seguridad y allanamiento

De acuerdo con la revista digital TResearch con base en el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública, entre enero del 2020 y Julio del 2024 han sido reportados 63,751 casos de allanamiento de morada en México, a pesar de que en hasta Julio de 2024 hubo una disminución del 8% en comparación con el mismo periodo del año 2023, el promedio de allanamientos de morada es de 13,903 por año. [referencia]. De manera similar, según encuestas del INEGI [referencia] en el cuarto trimestre del 2023 un 18.5% de la población se siente insegura en su propia casa mientras que un 59.2% se siente inseguro en el área geográfica en la que reside y aproximadamente el 48% de las personas encuestadas han visto o escuchado en los alrededores de vivienda asaltos y/o robos

* 1. Como influye el allanamiento en la percepción de la seguridad en las personas

Las consecuencias de un allanamiento de morada son extensas, entre ellas está el impacto emocional y psicológico en las víctimas las cuales pueden experimentar una violación de su intimidad y seguridad, lo que a menudo conduce a un aumento en las medidas de seguridad doméstica. Según la psicóloga Marta Guerri en el blog PsicoActiva (referencia) ser víctima de un robo o una intrusión en tu casa es considerado como un evento traumático que puede tener consecuencias psicológicas a largo plazo, muchas veces las consecuencias psicológicas después de un allanamiento de morada suelen ser peores que el delito en sí, muchas veces la victima puede quedarse con estrés postraumático miedo, ansiedad, culpa, sentirse irritables o problemas para dormir.

1. Reconocimiento de patrones de movimiento
   1. Definición de patrón de movimiento

Los patrones de movimiento son formas repetitivas en las que los seres vivos o los objetos se mueven, y se pueden observar en actividades como caminar, nadar o volar; estos patrones son fundamentales para entender el comportamiento de los organismos.

Estos se clasifican en 3 tipos: locomotores, no locomotores y manipulativos. Los locomotores se caracterizan por la acción de mover y trasladar el cuerpo (arrastrarse, gatear, rodar, caminar, correr, brincar, etc.), los no locomotores se caracterizan por realizar acciones en un solo lugar y mover el cuerpo alrededor de un punto (doblar, estirar, torcer, etc.) y por último, los manipulativos se caracterizan por realizar acciones con las extremidades empleando algún objeto (lanzar, atrapar, patear, empujar, etc.) [referencia]

* 1. Movimientos comunes asociados a comportamientos sospechosos

Para entender este término, primero se define "sospechoso", que proviene del verbo sospechar. Según la Real Academia Española (RAE), sospechar es “imaginar algo por conjeturas fundadas en apariencias o indicios; desconfiar de algo o alguien; o considerar a alguien como posible autor de un delito o una falta” [RAE].

Por otro lado, "comportamiento" deriva del verbo comportar, definido por la RAE como “actuar de una manera determinada” [RAE].

A partir de estas definiciones, se puede entender comportamiento sospechoso como el conjunto de acciones o actitudes que generan desconfianza, inducen a los demás a imaginar conjeturas sobre la intención de la persona, o la hacen parecer un posible autor de un delito o falta.

Ya que está claro este término, hay ciertos movimientos que los humanos instintivamente relacionamos como sospechosos, el estado de Guanajuato en su blog, creó un post para ayudar a los ciudadanos a detectar y avisar a las autoridades en caso de ver alguna actitud sospechosa [referencia], estas son: ruidos extraños, vidrios rotos o disparos, presencia de personas a pie o vehículos ajenos a la colonia, un negocio con la puerta abierta en horario que no es de servicio, del que se esté sacando mercancía o domicilios con excesivo movimiento que no correspondan a una rutina familiar son algunos de los que se mencionan.

El gobierno de México también creó una sección en la página oficial que motiva a las personas a avisar a las autoridades en caso de algunos de estos comportamientos [referencia]: personas ajenas a tu vecindario con actitud sospechosa, domicilios en los que notes excesivo movimiento de personal, de donde provengan gritos o sonidos extraños, o hasta en los que esté encendida la luz las 24 horas del día, personas sospechosas que parezcan vigilar algún domicilio o persona, a quienes permanezcan mucho tiempo estacionados o de pie afuera de algún sitio, a quien descubras tomando fotografías de casas, personas o negocios en tu vecindario, y hasta a quien solicite información personal de terceros. [referencia]

* 1. Movimientos clave para detectar un allanamiento

A partir de los movimientos asociados a comportamientos sospechosos, vamos a hablar a mas detalle de los que están relacionados al allanamiento de morada. Los más comunes son:

* + 1. Movimientos bruscos

Estos pueden ser derivados al jalar o patear alguna puerta y/o ventana del domicilio

* + 1. Vigilancia fuera del domicilio

También se le puede llamar merodeo, se caracteriza por que la persona camine sin dirección alguna y por cierto tiempo, en el trabajo de [Loitering Detection in Home Surveillance System] el tiempo que se toma para clasificar a una persona que está merodeando es de 1 minuto

* + 1. Acercamiento a lugares vulnerables (puertas y/o ventanas)

1. Visión artificial
   1. Conceptos generales de visión artificial
      1. Definición

La visión artificial se puede definir como una disciplina científica formada por un conjunto de técnicas que permiten la captura, el procesamiento y el análisis de imágenes con el objetivo de que a partir de la extracción de información de utilidad un ordenador sea capaz de interpretar y/o responder preguntas sobre su contenido. [Visión artificial: Aplicaciones prácticas con OpenCV – Python]

* + 1. Procesamiento de imágenes
    2. Detección de objetos y poses corporales
    3. Reconocimiento de patrones de movimiento
  1. Aplicaciones de visión artificial en la vigilancia

La visión artificial en la vigilancia puede cubrir muchísimos aspectos, entre los que está la clasificación y/o detección de objetos, personas o comportamientos.

Hay varios trabajos que resultan relevantes para poder ver claramente la contribución del presente trabajo, a continuación, se listaran estos trabajos:

// Aquí ver cuales son los que deberíamos usar

* 1. Herramientas de visión artificial utilizadas para la detección de comportamientos

En este trabajo la herramienta que se utilizará para la ayuda en la detección de comportamientos es mediapipe, esta es un framework ……

Sin embargo, en los trabajos mencionados anteriormente, se utilizan técnicas como ……

1. Aprendizaje automático para la detección de comportamiento
   1. Conceptos generales de aprendizaje automático
   2. Modelos de aprendizaje comunes en la clasificación y detección de secuencias
      1. Redes Neuronales Convolucionales (CNN)
      2. Long Short Term Memory (LSTM)

**Capítulo 3. Metodología**

En esta sección se detalla, paso a paso, la forma en que se realizó el trabajo, cómo se procesó la información obtenida (en el caso de emplear paquetería especializada debe mencionarse) y el procedimiento empleado para realizar su análisis.

Se describirán las vías que facilitarán el desarrollo del proyecto. Se sugiere definir las metas intermedias a alcanzar. Se mencionarán las técnicas y herramientas a emplear.

**Capítulo 4. Resultados y Discusión**

La presentación de resultados es el aspecto central del proyecto terminal. La presentación de este apartado es sencilla, pero debe realizarse de manera cuidadosa ya que contiene la información más valiosa del trabajo, en este capítulo es necesario emplear apoyos visuales como cuadros, gráficas, informes numéricos, fotografías, etcétera, de acuerdo al tipo de estudio, este tipo de información logra que el lector se familiarice con el tema de estudio y lo comprenda con mayor claridad. Cuanto más abstracta sea la idea que está tratando de explicar al lector, más concreto debe ser su material de apoyo.

Es fundamental dejar ver claramente si los resultados son favorables o desfavorables de acuerdo a lo esperado, cuál es su utilidad y que aporta.

**Conclusiones**

Constituye el cierre del proyecto terminal, debe indicar en qué medida se lograron los objetivos, si se acepta la hipótesis planteada y las contribuciones que se derivan de éste. Su finalidad es dar respuesta al problema que motivó la investigación y valorar si se lograron los objetivos planteados. Las conclusiones deben referirse únicamente a los resultados del proyecto sin hacer conjeturas, no importa que no coincidan con lo que se esperaba.

En esta sección también se mencionan los aspectos pendientes de investigar, como áreas de oportunidad para otras investigaciones.

**Referencias**

En esta sección se mencionan únicamente las fuentes que fueron empleadas en el desarrollo del proyecto, en orden alfabético, la forma en la que se citan es la determinada por el formato APA.

Se sugiere utilizar administradores de referencias como Zotero, Mendeley, etc.

Se sugiere agregar entre 20 y 30 referencias

**Cronograma**

Planear las etapas, actividades o tareas clave que demande el TT y estimar su tiempo de realización. Su elaboración debe apoyar la delimitación de los alcances del proyecto. Elaborar un cronograma general y uno por alumno.

**Anexos**

Se agregan sólo si el trabajo lo requiere. Consiste en mostrar documentos que sirven para ampliar o profundizar el tema, son complementarios y sirven para ilustrar el trabajo, son un apoyo para comprobar los datos. Cada apéndice constituye una unidad independiente y se identifican, por ejemplo, como: ANEXO 1. CUESTIONARIO DE INVESTIGACIÓN.