

# Automatización de un sistema detector de niveles contaminantes, implementado en el Centro de Gestión de Mercados Logística y Tecnologías de la Información (CGMLTI) - SENA

Automation of a Pollutant Level Detector System, Implemented in the Center of Market Management Logistics and Information Technologies (CGMLTI) - SENA

Recibido: 29-05-2017  
Aceptado: 10-09-2017

NINO ALEXANDER ARIAS SILVA<sup>1</sup>

## Resumen

Este artículo presenta el desarrollo de un proyecto de investigación aplicada, en el cual se busca automatizar un sistema a través de la programación de controladores y el uso de sensores inteligentes y tecnologías IoT, que permitan medir los niveles contaminantes producidos por el monóxido de carbono y el dióxido de carbono, presentes en el aire de diferentes zonas del establecimiento educativo del CGMLTI, ubicado en la zona de chapinero central de la ciudad de Bogotá.

El establecimiento está situado en el centro de la ciudad, en uno de los sitios que genera más contaminantes, rodeado de vías principales donde los mayores causantes de contaminantes son los sistemas de transporte, los vehículos particulares, el sistema Transmilenio, la empresa informal y los establecimientos comerciales.

El proyecto pretende monitorear los niveles de contaminación en el CGMLTI, por medio de un sistema automatizado y centralizado, a través de sensores que permitan tener un control en tiempo real de la información emitida y así se generen un sistema de alerta para tomar las respectivas medidas de conservación y mejora del entorno. En una

<sup>1</sup> Colombiano. Ingeniero de Telecomunicaciones. Regional Bogotá, CGMLTI SENA. niasilva@sena.edu.co

segunda fase del proyecto se proyecta implementar soluciones automatizadas que permitan disminuir los altos índices de contaminantes que se presenten en el centro educativo.

**Palabras clave:** automatización, sensores, contaminantes, sistemas, niveles, tecnología, IoT, micro controlador, plataforma, protocolos.

## Abstract

This article presents how an applied research project has been developed in which it is sought to automate a system through the programming of controllers and using technologies such as IoT, that allow to measure the levels of pollutants produced by the carbon monoxide, carbon dioxide that are present in the air of different zones of the educational establishment (CGMLTI) located in the zone of central cheapener of the city of Bogota.

The establishment is located in the center of the city, in one of the most polluted sites that pass major roads; the main pollutant is the transportation system, private vehicles, Transmilenio, the informal company and all commercial establishments.

The project aims to monitor pollution levels in the CGMLTI, through an automated system, centralized through sensors that allow a real-time control of the information emitted and thus generate an alert system to take the respective measures to the conservation and improvement of the environment, in a second phase of the project is projected to implement automated solutions that allow to reduce these high indices of pollutants that can be presented in the center.

**Keywords:** automation, sensors, pollutants, systems, levels, technology, IoT, Micro controller, platform.

## INTRODUCCIÓN

Los diversos contaminantes que se encuentran en el aire son causados por la intervención del hombre, los

cuales deterioran la calidad ambiental del entorno. En la actualidad más del 90% de la contaminación producida en la atmósfera está relacionada por contaminantes primarios y secundarios producidos por consumo de combustibles fósiles, dentro de estos contaminantes se encuentran el monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno (Stocker & Seager, 1981).

La contaminación en la ciudad de Bogotá es una de las más altas del país por su alto grado de industrialización, y su inmedible y desorganizado sistema de transporte. Diariamente se descargan grandes cantidades de CO en las calles que produce un aire enrarecido el cual es absorbido por los miles de habitantes que diariamente transitan por las calles.

Es insuficiente el esfuerzo de las autoridades por disminuir los niveles de contaminación, a pesar de que la ciudad cuenta con trece estaciones fijas y una móvil de medición de contaminación, ubicadas en diferentes lugares de la ciudad. Lo anterior trae como consecuencia a sus habitantes enfermedades cardiovasculares y afecciones del sistema respiratorio además de muchas otras causadas por estos factores (Secretaría de Ambiente, 2010).

| ICA       | COLOR    | CLASIFICACIÓN                           | O <sub>3</sub> 8h<br>ppm | O <sub>3</sub> 1h<br>ppm | PM <sub>10</sub> 24h<br>µg/m <sup>3</sup> | PM <sub>2.5</sub> 24h<br>µg/m <sup>3</sup> | CO 8h<br>ppm | SO <sub>2</sub> 24h<br>ppm | NO <sub>2</sub> 1h<br>ppm |
|-----------|----------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------|
| 0 - 50    | Verde    | Buena                                   | 0.000<br>0.059           | -                        | 0<br>54                                   | 0<br>12                                    | 0<br>4.4     | 0<br>0.035                 | 0<br>0.053                |
| 51 - 100  | Amarillo | Moderada                                | 0.060<br>0.075           | -                        | 55<br>154                                 | 12.1<br>35.4                               | 4.5<br>9.4   | 0.036<br>0.075             | 0.054<br>0.100            |
| 101 - 150 | Naranja  | Dañina a la salud para grupos sensibles | 0.076<br>0.095           | 0.125<br>0.164           | 155<br>254                                | 35.5<br>55.4                               | 9.5<br>12.4  | 0.076<br>0.185             | 0.101<br>0.360            |
| 151 - 200 | Rojo     | Dañina a la salud                       | 0.096<br>0.115           | 0.165<br>0.204           | 255<br>354                                | 55.5<br>150.4                              | 12.5<br>15.4 | 0.186<br>0.304             | 0.361<br>0.649            |
| 201 - 300 | Púrpura  | Muy Dañina a la salud                   | 0.116<br>0.374           | 0.205<br>0.404           | 355<br>424                                | 150.5<br>250.4                             | 15.5<br>30.4 | 0.305<br>0.604             | 0.650<br>1.249            |
| 301 - 400 | Marrón   | Peligrosa                               | -<br>0.504               | 0.405<br>0.504           | 425<br>504                                | 250.5<br>350.4                             | 30.5<br>40.4 | 0.605<br>0.804             | 1.250<br>1.649            |
| 401 - 500 | Marrón   | Peligrosa                               | -<br>0.604               | 0.505<br>0.604           | 505<br>604                                | 350.5<br>500.4                             | 40.5<br>50.4 | 0.805<br>1.004             | 1.650<br>2.049            |

**Gráfica 1.** Concentraciones máximas permisibles de niveles contaminantes según legislación en Colombia. Recuperado de: <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/Paginas/ica.aspx>

El Centro de Gestión de Mercados Logística y Tecnologías de la información (CGMLTI), está ubicado en uno de los sectores más contaminados

de Bogotá (calle 52 N.º 13-65), en pleno centro de la localidad de Chapinero y no cuenta con un sistema que le brinde información de niveles de calidad del aire que respiran los ciudadanos.

El presente proyecto apunta a implementar un sistema de medición del nivel de contaminación del aire a través de sensores, en el Centro de Gestión de Mercados Logística y Tecnologías de la información (CGMLTI) - SENA, de la ciudad de Bogotá, con el fin de identificar los niveles contaminantes relacionados con CO, CO<sub>2</sub>, humedad y gas inflamable, que se vuelcan en ámbitos reducidos, áreas ciudadanas y que toman un cierto tiempo en dispersarse, se concentran más fácilmente en el aire de ámbitos cerrados. Con la información que brinden los sensores se podrán realizar acciones encaminadas a la reducción de esos niveles generados y mejorar la calidad del aire conllevando a una mejor calidad de vida de las personas (Ferrero, 2000).

Se pretende monitorear los niveles de monóxido de carbono, dióxido de carbono, humedad, gas inflamable, en ubicaciones estratégicas de las áreas comunes del centro y así poder contrarrestar los niveles de contaminación, todo con la implementación de una red de sensores de bajo costo conectados inalámbricamente, programados y gestionados por controladores, para trabajar de manera colaborativa apoyados por la tecnología IoT, con protocolos de comunicación basados en los estándares 802.11(Wifi), 802.15.4 (Zigbee), intercomunicados en una plataforma central, con el fin de recolectar información en tiempo real, emitiendo alertas de acuerdo al nivel de contaminantes bajo, medio, alto, presentes en las diferentes áreas y así los diferentes actores tomen las respectivas medidas según sea el caso (Ramírez, 2014).

## MÉTODOS

La metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto, está basada en el marco lógico, que permite establecer una conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de un proyecto. A partir de la metodología, se buscó una problemática presente en el entorno del CGMLTI, es allí donde se evidenciaron los diferentes

contaminantes que afectan al centro debido a su ubicación e infraestructura, está rodeado de avenidas principales con un alto grado de contaminantes por vehículos automotores, de igual manera en sus instalaciones cuentan con sótanos de niveles inferiores que no tienen una adecuada ventilación por ser una infraestructura cerrada (Vidal, 2005).

Identificada la problemática, la cual evidencia que no existe un sistema que permita reconocer los niveles contaminantes presentes en el CGMLTI, se busca el siguiente nivel donde se plantea el interrogante: ¿qué se debe hacer para dar una solución a esta problemática y cómo se debe hacer? Se realiza un árbol de problemas, teniendo en cuenta las causas y efectos de las diferentes situaciones que presenta la problemática, se desarrolla una formulación del proyecto de investigación aplicada, con un objetivo general y unos específicos que son consecuentes con las fases del proyecto.

A partir de esta formulación se busca el levantamiento de información de sistemas de automatización donde esté presente la utilización de sensores específicos de bajo costo para medir niveles de contaminación, además de requerir una plataforma que permita dicha automatización a través de una programación lógica, con módulos de red para una conexión alámbrica e inalámbrica, mezclando diferentes tecnologías con el fin de que los sensores estén centralizados, enviando a un punto central, la información que estos captan en tiempo real (Ferrero, 2000).

Para generar el diseño y prototipo, indagando, y cotejando diferentes fuentes se encontraron diversas plataformas Arduino, PIC, Atmel que permiten estos niveles de interacción, pero debido a que se necesita un nivel bajo de programación, para que los aprendices que lideran el proyecto que no están enfocados a programación electrónica, se les facilite la interacción entre componentes electrónicos en cuanto a modularidad, bajo costo, código abierto, entorno amigable, extensible, debido a que se puede mejorar el diseño o adecuación de las placas a nivel de *hardware*, como proporcionar más desarrollo de *software* de acuerdo a las necesidades.

Se establece que Arduino es la plataforma indicada para generar este entorno interactivo entre sensores y contaminantes del aire, por lo cual se empieza a generar un prototipo, que incluye una unidad lógica de proceso donde se genera una programación lógica, junto con los sensores de CO, CO<sub>2</sub>, gas flamable, humedad, para determinar los niveles bajos, medios, altos de contaminantes y así definir lo máximo permitido que se pueden tener en un espacio abierto o cerrado, con el fin de que si esos niveles se encuentran en la parte alta, genere una alerta para que se disponga de una medida y se ayude a reducir los niveles, es por eso que los prototipos generados deben estar intercomunicados a través de una red utilizando protocolos de comunicación Wifi, Zigbee o Alámbricos y centralizados en una plataforma de Gestión (Delgado, 2014).

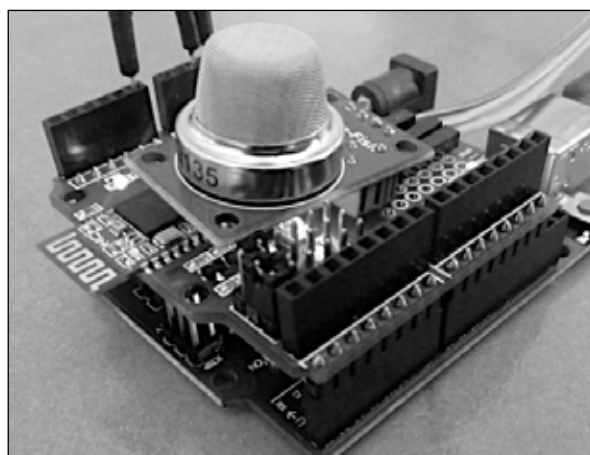
Arduino es una plataforma reciente, nace en 2015 en el Instituto interactivo de Ivrea en Italia, donde los estudiantes buscaban, basados en la experimentación, la interacción entre humanos y diversos dispositivos por medio de un micro controlador. La necesidad surgió a partir de querer contar con un dispositivo que se pudiera utilizar en las aulas, que contara con un sistema operativo, de bajo costo. Luego, al ver el Instituto que debía cerrar su puertas, decidió divulgar Arduino, volviéndolo una plataforma libre para que siguiera su evolución en toda la comunidad, los principales responsables de la idea del diseño de Arduino es el equipo “Arduino Team” formada por Massimo Banzi, David Cuartilles, David Mellis, Tom Igoe y Gianluca Martino (Artero, 2013).

## RESULTADOS

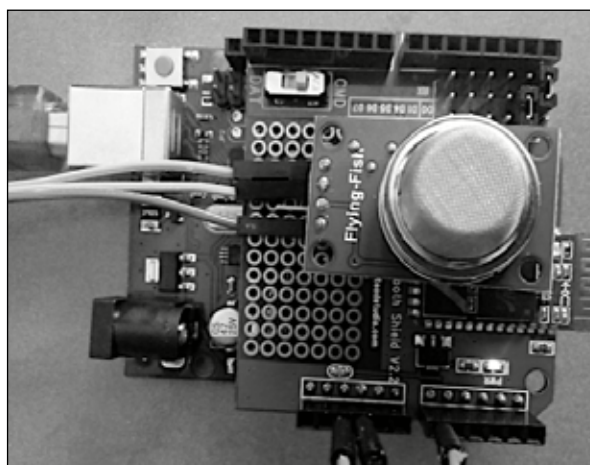
- Articular diferentes áreas, actores, ya que en las diferentes fases han participado aprendices de Gestión de Redes de Datos, Análisis y desarrollo de información y las personas encargadas de salud ocupacional del centro, buscando alternativas para dar solución a un problema del entorno que afecta a una comunidad (Rojas, 2009).
- Integración de plataformas modulares que controlan y automatizan procesos o productos, junto con sensores inteligentes, usando diferentes protocolos de comunicación alámbricos o inalám-

bricos, utilizando las nuevas tendencias como el IoT (Aranda, 2014).

- Desarrollo de nuevos aprendizajes que generan nuevas habilidades, tanto en los instructores como en los aprendices en cuanto a metodologías, búsqueda de información, investigación, desarrollo e innovación, en proyectos de investigación aplicada, dando un agregado al perfil profesional (Rojas, 2009).
- Diseño de un prototipo utilizando plataforma Arduino, la cual permitirá la programación de un sensor para diferentes elementos que medirá los niveles contaminantes de un área específico y comunicada con otros sensores a través de una red IP, utilizando comunicación Wifi, Zigbee, Alámbrica (Aranda, 2014).



Gráfica 2. Prototipo automatizado sensor vista lateral.



Gráfica 3. Prototipo automatizado sensor vista superior.

- La ubicación de áreas específicas en el CGMLTI, donde se desean implementar los prototipos, estas zonas son sótanos de parqueaderos, datacenter, cocina, áreas del primer piso (Freeman, 1987).
- Beneficios para toda la comunidad del CGMLTI con información detallada de los niveles de contaminación en sus diferentes áreas comunes. Mejora en el aire que circula en el CGMLTI, por las acciones tomadas para mejorar su entorno (Freeman, 1987).

## DISCUSIÓN

### A. ¿A qué público o mercado están dirigidos?

En su primera fase está enfocado a la comunidad del CGMLTI, a sus visitantes, luego a toda la comunidad SENA a nivel nacional, en próximas fases a todas las instituciones educativas que albergan gran cantidad de personas que necesitan tener ambientes bajos de contaminación, para mejorar su calidad de vida y pueden implementar este tipo de proyectos en su entorno, mejorando los niveles de contaminantes para establecer conciencia de los cuidados que hay que tener con el medio ambiente.

### B. Proyección

En su primera fase el proyecto llevará la información de los niveles de contaminación a la comunidad SENA que hace parte del CGMLTI, al área de salud ocupacional, con el fin de buscar mecanismos que ayuden a disminuir los niveles de contaminación y mejorar la calidad del aire de toda una comunidad, logrando impactar en el medio ambiente y la salud de todos los habitantes de este centro de formación (Freeman, 1987).

En su segunda fase se tendrá en cuenta los niveles de contaminación y se llevarán a cabo soluciones automatizadas que ayuden a la reducción de estos contaminantes que han superado los límites permitidos, como pueden ser sistemas de extracción o ventilación (Díaz, 2005).

Se proyecta que después de tener los resultados y sus beneficios se pueda implementar el proyecto en todas las áreas de concentración educativas no solo del SENA, sino expandirlo a todas las instituciones educativas de Bogotá D.C y a nivel nacional, ayudando en la mejora del impacto a nivel general (Freeman, 1987).

### B. ¿Cómo opera el sistema electrónico?

Un sistema electrónico es aquel donde se tiene una serie de elementos interconectados, sensores, circuitería de proceso, de control, actuadores, fuentes de alimentación, los sensores se encargan de captar información del medio externo, para convertirla en señales eléctricas, permitiendo así que la circuitería de proceso pueda validar esa información, la cual es pasada a la circuitería de control para que se pueda realizar un conjunto de instrucciones lógicas que se conoce como programación de tal manera que este pueda guardarse en el sistema, para realizar ejecuciones de forma autónoma, todo esto de la mano de una fuente de alimentación que proporciona la energía necesaria para que el sistema funcione y realice sus operaciones (Artero, 2013).

Arduino es una plataforma de *hardware*, *software* libre de computación, con un micro controlador que ofrece patillas de entrada, salida, para la conexión de actuadores, sensores, su entorno está en desarrollo IDE, con tecnología tipo AVR, implementa el lenguaje Processing/Wiring Hardware, el impreso contiene el microprocesador, entradas, salidas con sus puerto USB y es por este puerto que se cargan las instrucciones al programa del arduino en combinación con el computador.

El *software* es multiplataforma que permite escribir, verificar, cargar en la memoria del micro controlador las instrucciones que se han especificado para el funcionamiento del sensor, el micro controlador realiza las instrucciones almacenadas en el programa en forma cíclica, este contiene las mismas cualidades de un procesador de computador, el procesador escribe por los pines DS2-13 y lee en los DE2-13 AE0-5, los pines de entrada y salida permiten conectar los elementos que dan información y crean las diferentes situaciones (Artero, 2013).



El circuito del sensor internamente está compuesto por dos estados: un alto, un bajo, cada estado tiene su respectivo voltaje y tiempo. El estado alto es de 5 voltios, 60 segundos, el bajo es de 1.4 voltios, 90 segundos.

El estado bajo tiene dos tiempos y uno de ellos es el más importante: el estado de excitación que es 70 segundos, en los 20 segundos siguientes, entre setenta y noventa, es donde el sensor capta la señal de contaminación y envía su contenido por la salida analógica a la entrada analógica del arduino, este a su vez la envía al computador para poder ser visualizada en la salida (hwsensor.com).

El sensor una vez configurado con sus pines de alimentación capta los niveles contaminantes a través de su encapsulado y el pin de salida analógica envía la señal al micro-controlador, según la programación que se haya realizado en el arduino, estos datos son mostrados en tiempo real a través de un navegador web o en dispositivos móviles con su respectiva aplicación, los usuarios en este caso aprendices y personal administrativo del centro tendrán información precisa de los niveles contaminantes en cada una de las zonas comunes y así poder realizar ajustes para reducir los niveles de contaminación.

### C. ¿Qué tecnologías utilizan?

Para la interconexión de los prototipos se utilizarán tecnologías como Wifi, Zigbee, Ethernet, tomando como base el concepto de Internet de las cosas (IoT), permitiendo que cada dispositivo tenga una dirección ip y esté conectado a internet, para que desde cualquier punto se pueda tener un control, monitoreo en tiempo real de la actividad que está desarrollando cada dispositivo, en el caso del proyecto los prototipos, este concepto IoT nace en la investigación en el campo de la identificación de radiofrecuencias por red y la utilización de sensores en el centro de Massachusetts, con un agregado que a partir del nuevo protocolo de direccionamiento IPV6 que empieza a sustituir al protocolo IPV4, este permite 340 sextillones de direcciones, lo cual establece una capacidad para asignarle una dirección IP a cualquier aparato electrónico que se desea conectar

a una red privada o pública, construyendo dispositivos inteligentes que puedan gestionar o automatizar una serie de tareas, controlados, monitoreados sin importar la distancia ya que comparte información a través de internet (Telefónica, 2011).

La conexión de los prototipos del proyecto utilizarán protocolos de comunicación inalámbricos Wifi, Zigbee los cuales toman el espectro electromagnético como medio de propagación de la señal, Wifi se define en el estándar IEEE 802.11, alcanzando velocidades de transmisión de datos hasta 300 Mbps, a través de una serie de canales, en las frecuencias de 2.4 GHz, 5 GHz, utilizando una antena en el equipo cliente, el cual conecta con un punto de acceso central, el cual gestiona los diferentes clientes y la forma como acceden al medio, otorgando un identificador y una contraseña para acceder a la red.

Zigbee se define en el estándar IEEE 802.15.4, se establece para entregar comunicaciones a redes inalámbricas de corta distancia, con una velocidad de datos más baja que Wifi, opera en las bandas de frecuencia de 868 MHz, 915 MHz, 2.4 GHz, es un protocolo muy usado en la implementación y gestión de sensores, actuadores, redes domóticas, de bajo costo (Cárdenas & Pacheco, 2015).

## CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este proyecto se evidencia que es pertinente seguir una serie de estructuras para la formulación y ejecución, es básico partir de una necesidad o problema, para que de allí aplicando una metodología se pueda planear lo que se quiere generar del proyecto.

Proponer proyectos de investigación aplicada de la mano de los semilleros de investigación fortalece las habilidades de los aprendices en el manejo de otras herramientas que son fundamentales para su desempeño personal o laboral.

Con la ejecución de proyectos aplicados se genera una satisfacción adicional, a parte de la de realizar una labor investigativa, referencial, innovadora, es

la referente a la creación de prototipos que satisfacen una necesidad o solventan un problema encontrado.

La implementación del proyecto va a generar una mayor conciencia ambiental del aire que día a día se respira, generando alternativas del cuidado que se debe realizar para tener niveles normales de contaminantes no solo en algunos lugares sino en el mundo.

## Agradecimientos

El autor agradece al Centro de Gestión de Mercados, Logística y Tecnologías de la Información, a SENNOVA, Coordinador del área de Teleinformática, a los instructores de los programas Gestión de Redes de Datos, ADSI, Gestor de Tecnoparque, al grupo de aprendices que hicieron parte de la investigación e implementación formando parte del semillero INNOVATIC.

## REFERENCIAS

- Aranda, D. (2014). *Electrónica: plataformas Arduino y Raspberry PI. Plataforma Arduino*, pp. 62-98.
- Artero, Ó. T. (2013). *Arduino: curso práctico de formación*. RC Libros.
- Cárdenas, Á. S., & Pacheco, F. D. (2015). *Diseño e implementación de un sistema domótico con dispositivos inalámbricos basado en el protocolo ZigBee y controlados mediante aplicaciones para dispositivos móviles bajo la plataforma Android y computadoras bajo la plataforma Windows* (Bachelor's thesis).
- Co, h. e. (17 de 3 de 1998). hwsensor.com. Tomado de: <http://hwsensor.com/>
- Delgado, J. (2014). "Aprendizaje de la programación en el Citilab". *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*. vol. 8.
- Díaz, H. A. M. (2005). *Automatización Medioambiental*.
- Ferrero, A. (2000). *Monitoreo de contaminantes del aire de la ciudad de Rosario Argentina*. Información Tecnológica, vol. 8, pp. 11-20.
- Freeman, A. M. (1987). *Control de la contaminación del agua y el aire; evaluación costo-beneficio*. Limusa.
- Ramírez, J. (2014). *Red de sensores de larga distancia usando Zigbee para el monitoreo y la gestión del riesgo en el Departamento del Quindío*.
- Rojas, F. (2009). *Formulación de proyectos*. México: Intercom.
- Secretaría de Ambiente. (2010). *Plan decenal de descontaminación del aire para Bogotá 2010-2020*. Bogotá D.C: Secretaría de Ambiente de Bogotá D.C.
- Stocker H. S. & L. S. Seager. (1981). *Química Ambiental. Contaminación del Aire y del Agua*. Editorial Blume: Barcelona.
- Telefónica, F. (2011). *Smart Cities: un primer paso hacia la Internet de las cosas*. Fundación Telefónica.
- Vidal, R. (2005). *La evaluación de proyectos de inversión para la toma de decisiones, economía y administración*, pp. 91-99.