

**PROTOTIPO DE VIDEOJUEGO SERIO BASADO EN MODELOS DE DINÁMICA
DE SISTEMAS PARA LA SIMULACIÓN DE POLÍTICAS QUE IMPACTEN EN EL
CAMBIO CLIMÁTICO**

**BRAYAN MAURICIO DÍAZ BERMÚDEZ
ANDRÉS EDUARDO CASADIEGOS GÓMEZ**

**DIRECTOR
Ph.D. JORGE ANDRICK PARRA VALENCIA¹**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA**

2019

RESUMEN

TÍTULO: “PROTOTIPO DE VIDEOJUEGO SERIO BASADO EN MODELOS DE DINÁMICA DE SISTEMAS PARA LA SIMULACIÓN DE POLÍTICAS QUE IMPACTEN EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL”

AUTORES: CASADIEGOS GÓMEZ, Andrés Eduardo. DÍAZ BERMÚDEZ, Brayan Mauricio.

El aumento de la temperatura del planeta a causa del cambio climático es un tema complejo que requiere del estudio de múltiples factores para poder comprenderlo a un nivel global y generalizado. Los videojuegos serios son una excelente opción cuando se quiere dar una combinación de enfoque entre la didáctica y el entretenimiento, ya que el jugador se ve inmerso en la problemática simulada mediante el entorno virtual, y deberá obtener cierta cantidad de conocimiento sobre el tema para así ser capaz de aplicar una o varias soluciones.

El presente trabajo tiene como finalidad la enseñanza de cómo las políticas llevadas a cabo por entidades gubernamentales y ciudadanos pueden afectar de manera positiva o negativa el cambio climático y la amortiguación del incremento de las emisiones de CO₂, a través de un prototipo de videojuego serio en el que se simula un entorno civilizado donde la toma de decisiones realizadas por el jugador desemboca en consecuencias que se ven reflejadas en la dinámica del sistema.

Se hace uso del modelado con dinámica de sistemas para el análisis y simulación de los elementos dependientes e independientes de la actividad humana, que están involucrados de forma significativa en la aparición y evolución del cambio climático. Los modelos obtenidos se usan como base para la elaboración lógica del videojuego, y sus resultados se ven reflejados en la aplicación de las políticas que el jugador decide implementar en el entorno virtual.

PALABRAS CLAVES: Simulación, dinámica de sistemas, modelo, videojuego serio, calentamiento global, política.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción	6
2. JUSTIFICACIÓN	9
3. OBJETIVOS	10
3.1 Objetivo General	10
3.2 Objetivos Específicos	10
4. RESULTADOS ESPERADOS	11
5. ANTECEDENTES	12
5.1 El videojuego como herramienta versátil	12
5.1.1 El videojuego como herramienta educativa	12
5.2 Videojuegos y modelos dinámico-sistémicos sobre el cambio climático	12
6. ESTADO DEL ARTE	14
7. MARCO TEORICO	16
7.1 Dinámica de sistemas	16
7.1.1 Diagramas de Forrester	16
7.1.2 Modelo matemático	17
7.1.3 Bucle de realimentación negativa	17
7.1.4 Bucle de realimentación positiva	18
7.1.5 Políticas	18
7.1.6 Vensim	18
7.2 Juegos	19
7.3 Videojuegos	19
7.3.1 Videojuego serio	19
7.3.2 Desarrollo de videojuegos	19
7.3.3 Documento de diseño de juego (GDD)	20
7.3.4 Ciclo de vida para el desarrollo de videojuegos (GDLC)	20
7.3.5 Unity	21
7.4 Contaminación ambiental	21
7.4 Calentamiento global	22
7.5.1 Efecto Invernadero	22

7.5.2 Gases de efecto Invernadero	22
8. DISEÑO METODOLÓGICO	23
8.1 Etapas para el desarrollo del primer objetivo específico.....	23
8.1.1 Etapa de investigación.....	23
8.1.2 Etapa de modelado y simulación.....	24
8.1.3 Etapa de diseño.....	24
8.2 Etapas para el desarrollo del segundo objetivo específico.....	25
8.2.1 Etapa de desarrollo del primer prototipo jugable	25
8.2.2 Etapa de desarrollo del prototipo en versión Alpha	25
8.2.3 Etapa de desarrollo del prototipo en versión Beta.....	26
8.3 Etapas para el desarrollo del tercer objetivo específico	26
8.3.1 Etapa de prueba funcional	26
8.3.2 Etapa de prueba de Seguridad.....	26
9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	28
10. PRESUPUESTO	30
11.BIBLIOGRAFÍA.....	31

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

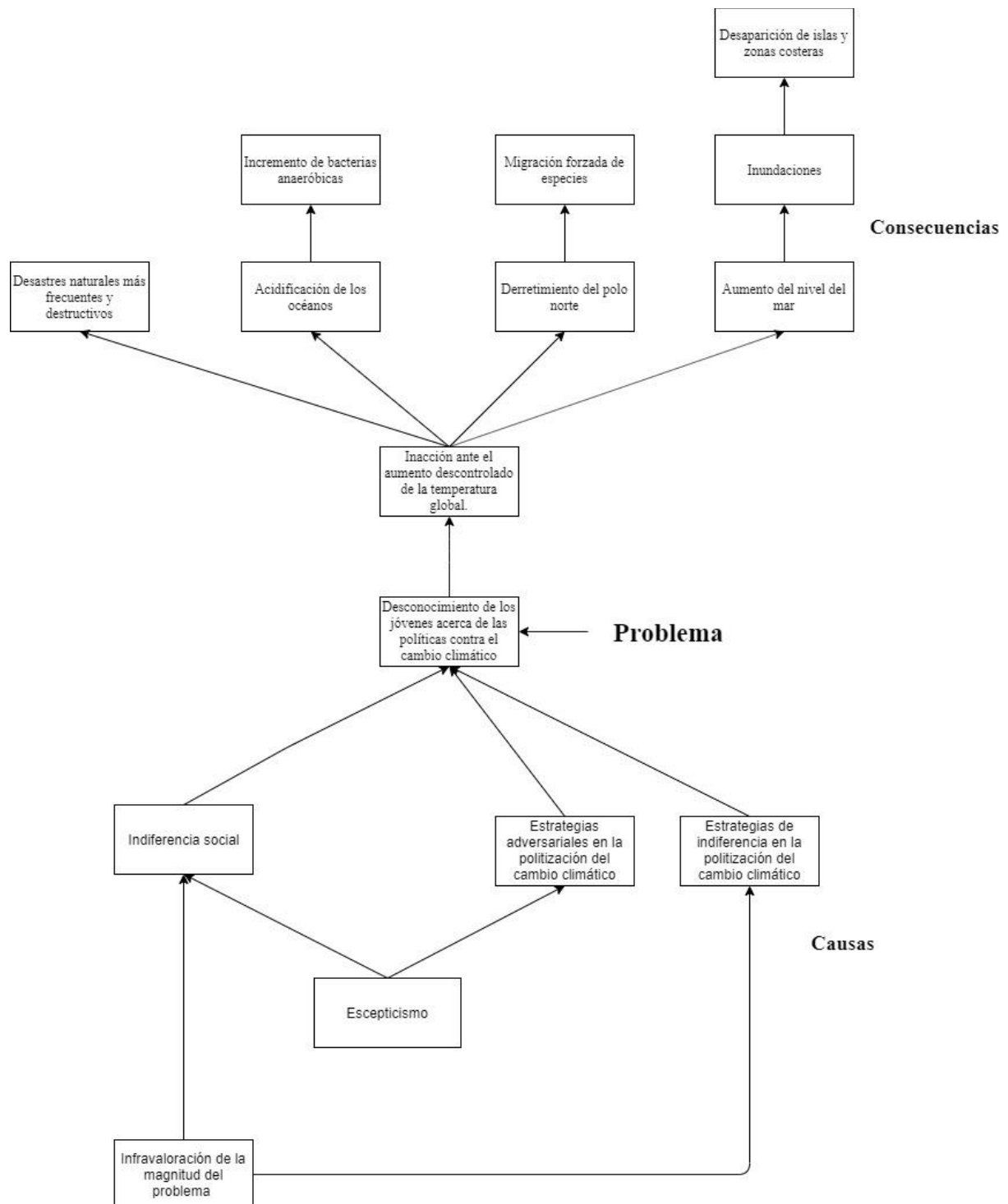


Ilustración 1. Árbol de problemas. Se presenta de manera conglomerada la serie de factores causales y consecuencias del problema central, el cual es observable, verificable y se encuentra representado con la siguiente denominación: El desconocimiento de los jóvenes acerca de las políticas contra el cambio climático.

1.1 Descripción

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) define al cambio climático (CC de ahora en adelante) como una variación en la temperatura global del planeta, ya sea a causa de motivos naturales o de actividades ejecutadas por los seres humanos (IPCC, 2018). Es un hecho que el planeta está presentando un cambio climático que ha incrementado a una tasa a la que nunca lo había hecho en los años anteriores a la intervención humana. Uno de los datos que más evidencian lo anteriormente mencionado, es el aumento de la temperatura global. La temperatura de la superficie del planeta ha presentado un comportamiento anómalo desde la década de 1990, habiendo aumentado 1 grado Celsius respecto al comienzo del siglo XX, y del cual se estima que seguirá incrementando hasta 1.5 grados durante el transcurso del siglo XXI (Mann & Bradley, 1999).

El calentamiento global ocasionado por el aumento descontrolado de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera de la Tierra (Keeling, Adams, Ekdahl, & Guenther, 1976), coincide con el incremento de la temperatura justo en el momento en el que el ser humano entra en la era de industrialización a finales del siglo XVIII, donde comienza la quema de combustibles fósiles y una mayor explotación de recursos naturales. Dado que casualidad no implica causalidad, no se puede afirmar que dicha similitud en ambas variables (Aumento de CO₂ y actividad humana) sea evidencia de una relación causal entre ellas. No obstante, ya se han realizado múltiples estudios financiados y avalados por el IPCC, donde se demuestra que el abrupto CC de las últimas décadas es una realidad innegable, y nosotros lo estamos causando.

Desde que los seres humanos se enteraron de este peligro inminente, algunos de ellos han empezado a plantear estrategias a nivel individual y colectivo para contrarrestarlo. Algunas de estas estrategias se llevan a cabo mediante la politización del CC, la cual se define como la forma en la que los principales partidos y coaliciones políticas en diferentes regiones tienden a abordar la problemática climática (Ryan, 2017). Esta politización no es necesariamente favorable ante la solución del problema, y Neil Carter, en su artículo de

“Party Politics”, la divide en tres tipos de estrategias: estrategia adversarial, estrategia de indiferencia y estrategia integración (Carter, 2006). Resumidamente, la estrategia adversarial se niega a aceptar la existencia del problema. La estrategia de indiferencia reconoce la existencia del CC pero recurre a la inacción política. Por último, la estrategia de integración reconoce el problema y lo incluye en su agenda política. Son las dos primeras, las que aportan a la rama problemática del CC que se va a tratar en este proyecto.

Debido a que no todos los sectores poblacionales a nivel mundial están involucrados de la misma forma ante la problemática, y abarcarlos todos desde un mismo enfoque podría resultar ambiguo, en el presente proyecto nos enfocaremos en un solo sector poblacional: los jóvenes. No todos los jóvenes conocen acerca del impacto que ocasionará las políticas planteadas respecto al CC, y el papel fundamental que juegan ellos para el planteamiento de futuras soluciones o la elección de mandatarios que tengan el problema como prioridad en su agenda política (Corner, y otros, 2015).

El factor social es un elemento primordial en el desarrollo de las estrategias anteriormente mencionadas, donde se ve involucrado de manera representativa el entusiasmo humano. Infortunadamente, dicho entusiasmo no suele prolongarse durante mucho tiempo cuando se trata de un partido político que incluye el CC como prioridad en su agenda política (Giddens, 2010), lo que lleva a que las estrategias de adversidad y de indiferencia tomen más fuerza, opacando las soluciones que se están implementando para tratar la problemática. Lo anterior, genera un desconocimiento a base de desinformación o inacción en el sector poblacional en el que se están llevando a cabo las políticas, contribuyendo a la no mitigación del CC a nivel global. En el peor de los casos, existe un grupo considerable de personas (entre ellos jóvenes) que le dan un enfoque escéptico y conspiranoico al tema a causa de la desinformación, llegando a afirmar que el CC es inexistente. En cuanto a los jóvenes que sí están realizando un seguimiento prioritario a la problemática, les es difícil conocer con certeza el impacto que tienen las políticas en los resultados experimentales, debido a que el CC es un proceso que tarda muchos años en enseñar cambios significativos (Douglas & Sutton, 2015).

El desconocimiento de los jóvenes acerca de las políticas contra el CC aportará a la inacción de la población a nivel mundial ante el problema, impidiendo de esta forma evitar sus ya previstas consecuencias. El acelerado CC pondrá en peligro el orden social a nivel global,

ya que ocasionará desordenes en la economía, la salud y en el ecosistema del planeta, tales como la escasez en la producción de alimentos, desaparición de islas a causa del aumento del nivel del mar, extinción de especies animales, aparición de nuevas enfermedades a causa de bacterias y la contaminación del agua, entre otras (Gonzalez, y otros, 2003).

2. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de concientizar a los jóvenes acerca de políticas que logren disminuir el impacto del cambio climático en el medio ambiente, y que los resultados de tales decisiones se vean reflejados de manera pronta para analizar y comprobar su efectividad, requiere de la utilización de una herramienta cuantitativa que sea capaz de explicar los procesos que llevan al calentamiento global de nuestro planeta. La dinámica de sistemas es la herramienta optima a la hora de evaluar y simular escenarios contraintuitivos, sistemas complejos con demasiados ciclos de retroalimentación, donde sus cambios solo son visibles si se estudian en un lapso lo suficientemente amplio. No obstante, la contaminación ambiental es un sistema tan amplio que obliga a dividirlo en subsistemas más pequeños (pero que siguen siendo complejos) para poder ser estudiado en su totalidad.

Lo anteriormente mencionado, hace que, además de la dinámica de sistemas, sea pertinente implementar una segunda herramienta que logre juntar algunos de los modelos relacionados con el estudio y simulación del cambio climático, para luego otorgar una solución al desconocimiento de la población respecto al tema. Los videojuegos han demostrado ser un entorno orientado al aprendizaje combinado con el entretenimiento que es parte de su esencia, entrando así en la clasificación de lo que se denomina como “juegos serios”.

Hacer uso de la dinámica de sistemas para la creación de un videojuego que busque dar solución a una de las problemáticas involucradas en el aumento de la contaminación ambiental, no solo convierte al videojuego en un juego serio, sino que este pasa a ser un entorno de simulación virtual donde el usuario puede interactuar con el problema, tomar decisiones que alteren los resultados del modelo y que además puedan ser vistos en tiempo real, de forma didáctica y entretenida.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de videojuego serio basado en un modelo en dinámica de sistemas que mejore la comprensión de los efectos de las políticas orientadas a mitigar el cambio climático.

3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar el prototipo de videojuego serio teniendo en cuenta el análisis de herramientas, metodologías y estrategias empleadas en los videojuegos serios para llamar la atención del jugador.
- Desarrollar una versión de prueba del prototipo de videojuego serio con las mecánicas de juego más importantes implementadas.
- Evaluar la funcionalidad de la versión de prueba del prototipo de videojuego serio.

4. RESULTADOS ESPERADOS

- Un diseño del prototipo de videojuego serio, con el uso de las mejores herramientas, metodologías y estrategias usadas en los videojuegos serios.
- Una versión de prueba del prototipo de videojuego serio con sus principales mecánicas de juego.
- Un documento con los resultados de la evaluación de funcionalidad.

5. ANTECEDENTES

A continuación, se muestran los antecedentes que se tendrán en cuenta para el propósito de este proyecto y su posterior elaboración. En este apartado consideraremos los artículos, proyectos e investigaciones que hagan referencia a los temas de videojuegos, clasificación de algunos videojuegos, videojuegos educativos (o serios, en otras definiciones), modelos de dinámica de sistemas y videojuegos que abordan la temática del CC.

5.1 El videojuego como herramienta versátil

Los videojuegos son un medio de entretenimiento que tuvo su origen en la década de los 70's, y su popularidad está tomando cada vez más fuerza en el actual. En un videojuego, el consumidor se ve involucrado dentro de una historia o una serie de mecánicas que deberá utilizar para conseguir uno o varios objetivos. Al ser un medio tan versátil, el videojuego ha sido clasificado en una gran variedad de géneros, en los cuales, a pesar de mantener el entretenimiento como objetivo principal, puede derivar en muchos otros. Algunos de estos géneros son: Lucha, Beat them up, acción en primera persona, acción en tercera persona, infiltración, plataformas, arcade y educación (Belli & López, 2008). Es este último género el que tendremos en cuenta para la elaboración de este proyecto, tomando así la popularidad generada por los videojuegos para atraer a un público joven y adaptar la jugabilidad a un contexto educativo que aborde el tema del CC.

5.1.1 El videojuego como herramienta educativa

Son muchos los videojuegos y los proyectos respecto a ellos que se han elaborado con obtener un fin educativo además del entretenimiento. Tal es el caso de Age of Empires, un videojuego de estrategia que ha demostrado funcionar como soporte para talleres de enseñanza sobre la historia de diferentes civilizaciones (Mugueta, Manzano, Alonso, & Labiano, 2015). Como evidencia de que los videojuegos pueden y han funcionado como herramienta para la educación, la mayoría de investigaciones realizadas sobre el tema indican que muchos videojuegos favorecen el desarrollo de determinadas habilidades de atención, concentración, espacial, resolución de problemas, creatividad, etc. por lo que se concluye que en su conjunto, desde el punto de vista cognitivo, los videojuegos suponen algún tipo de ayuda en el desarrollo intelectual (...) (Etxeberria, 1998).

5.2 Videojuegos y modelos dinámico-sistémicos sobre el cambio climático

Dentro del género de los videojuegos educativos, se han elaborado múltiples trabajos orientados a la enseñanza y la solución interactiva de problemas que abarquen la temática del

cambio climático. El punto clave radica en que algunos videojuegos que abordan el CC solo toman como base la información obtenida por los medios o el conocimiento coloquial, mientras que los que están respaldados por estudios e investigaciones científicas toman solamente la teoría como base o un modelo matemático simple y demasiado simplificado, tal es el caso de *ARMA 3*, un juego de simulación militar de Bohemia Interactive. A través de la colocación prominente de representaciones visuales de la generación de energía renovable, el juego ofrece una visión convincente del futuro en el que se ha superado la resistencia actual a las economías bajas en carbono y renovables (Abraham, 2018). En este proyecto tomaremos como base la dinámica elaborada por otros videojuegos sobre el CC, pero extenderemos dicha dinámica en un sistema más complejo que se elaborará en base a modelos dinámico-sistémicos existentes, creando un entorno aproximado de simulación del CC en las mecánicas del videojuego a elaborar. Como ejemplo de modelo de dinámica de sistemas orientado al CC, tenemos el caso de C-ROADS, el cual es un software de simulación que ayuda a las personas a comprender los impactos climáticos a largo plazo de las políticas diseñadas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Los líderes mundiales están utilizando el modelo en las negociaciones climáticas mundiales. C-ROADS tiene un complejo modelo dinámico sistémico detrás, que permite el correcto funcionamiento de la dinámica de las variables dentro del software (Sterman, y otros, 2012).

6. ESTADO DEL ARTE

Titulo	Autor/es	Tema	Referencia
Videojuegos para aprender Historia: una experiencia con Age of Empires	Mugueta, Í., Manzano, A., Alonso, P., & Labiano, L.	Trabajo en donde se mostraban los resultados obtenidos luego de llevar a cabo seis talleres de enseñanza sobre la historia de las civilizaciones mediante el uso de un videojuego, basado en el manejo de recursos y la estrategia, llamado Age Of Empires.	(Mugueta, Manzano, Alonso, & Labiano, 2015)
La transmisión de valores y responsabilidad social a partir de los videojuegos	Pérez, J. F. H., & Gómez, Á. P. C.	Investigación en la que buscaban exponer las ventajas que tiene el uso de videojuegos para la educación medio ambiental.	(Gómez & Pérez, 2016)
El videojuego digital como mediador del aprendizaje en la etapa de Educación Infantil	Sampedro Requena, B. E., Muñoz González, J. M., & Vega Gea, E.	Investigación en donde se recolectó la opinión de todos los alumnos de un curso en la etapa de educación infantil de seis colegios diferentes acerca de un videojuego basado en el medio ambiente y con el fin de educar en temas como reciclaje, el cuidado del agua y la electricidad.	(Requena, González, & Gea, 2017)
Serious Games Environmental Management	Madani, K., Pierce, T. W., & Mirchi, A.	Paper que muestra el estado del aprendizaje basado en juegos y los juegos serios basados en la gestión ambiental analizando 25 juegos serios basados en la gestión ambiental y	(Madani, Pierce, & Mirchi, 2017)

		diseñados para ser usados en educación superior.	
Los videojuegos en la implementación de políticas de mitigación del cambio climático.	Rojo, T., & Dudu, S.	Investigación donde enseñan el impacto de los videojuegos serios sobre la actitud que se tiene en España hacía el medio ambiente, así como también dan algunas opciones para mejorar los videojuegos serios medioambientales en España.	(Rojo & Dudu, 2017)

Tabla 1. Estado del arte.

7. MARCO TEORICO

7.1 Dinámica de sistemas

Podemos definir el término dinámica como un adjetivo para aquellas cosas que están en constante cambio, a su vez, podemos decir que el término sistema, básicamente, se refiere a un conjunto de elementos que están relacionados entre sí. Es entonces, la dinámica de sistemas, una metodología útil para estudiar el comportamiento de sistemas complejos y en constante cambio. Esto se logra llevando los modelos mentales de un sistema a modelos dinámicos sistémicos que contengan el lenguaje formal del sistema. Una de las características de esta metodología es el uso de software, que permite hacer simulaciones y entender cómo interactúan cada uno de los elementos que componen un sistema haciendo más sencilla la generación de políticas que permitan mejorar el sistema (Forrester, Industrial Dynamics-After the First Decade, 1968)

7.1.1 Diagramas de Forrester

Los diagramas de Forrester son la representación gráfica, con el uso de iconos gráficos, de las relaciones que existen entre las variables de un sistema a lo largo del tiempo. El ingeniero informático y padre de la dinámica de sistemas Jay Forrester clasificó estas variables en tres tipos diferentes:

- Variables de estado: Son variables que acumulan valores y permiten establecer el estado del sistema.
- Variables de flujo: Determinan el cambio de las variables de estado en el tiempo.
- Variables auxiliares: Dan información del comportamiento de los flujos y ayudan a una mejor comprensión del diagrama (Forrester, Some basic concepts in system dynamics, 2009)

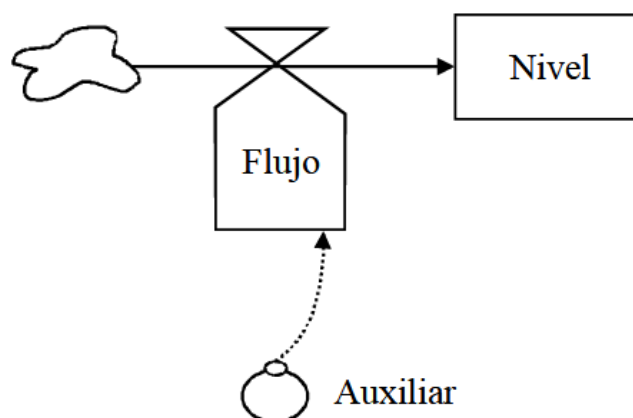


Ilustración 2. Representación del esquema de un diagrama de forrester.

7.1.2 Modelo matemático

Luego del diagrama de Forrester hay que establecer el modelo matemático que define el comportamiento del sistema. Este modelo matemático usa datos cuantitativos que pueden ser recogidos de especialistas o también, con el uso distintas técnicas que permiten ajustar los valores los parámetros comparando datos teóricos con datos históricos (Campos, Canto, & Garcia, 2005).

7.1.3 Bucle de realimentación negativa

Estos bucles son cadenas de elementos que entre mayor sea el aumento de un elemento mayor será la disminución de otro, por ello, también son llamados bucles de autorregulación y su presencia es muy importante en sistemas complejos (Campos, Canto, & Garcia, 2005).

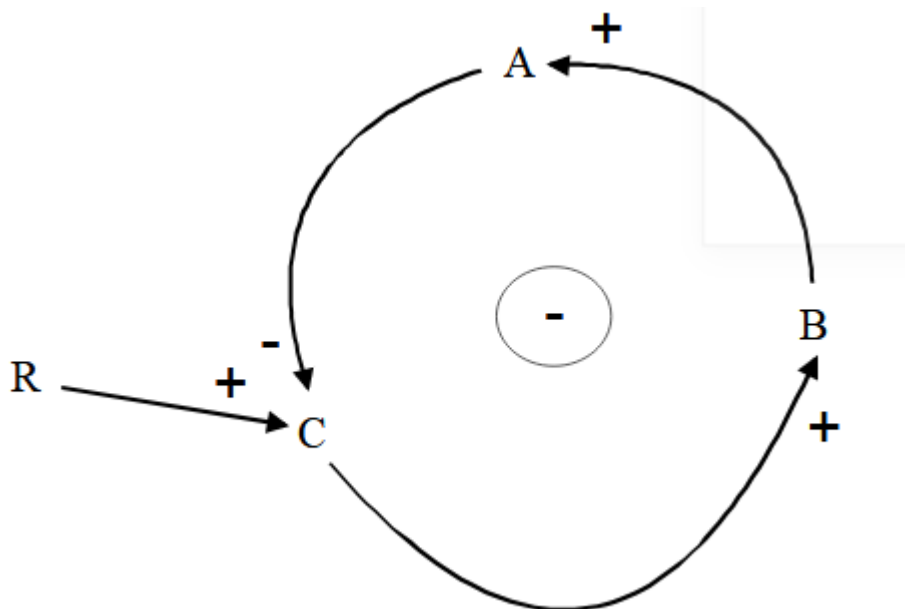


Ilustración 3. Diagrama de un bucle de retroalimentación negativa.

(Campos, Canto, & Garcia, 2005)

7.1.4 Bucle de realimentación positiva

Los bucles de retroalimentación positiva o de reforzamiento, son cadenas de elementos que generan un aumento en el elemento inicial del bucle, es decir, entre mayor sea el aumento en alguno de los elementos de la cadena mayor será el aumento en el resto de los elementos de la cadena. Este aumento puede ser en el crecimiento o declive, por ello son bucles inestabilizadores de un sistema, a diferencia de los bucles de retroalimentación negativa (Campos, Canto, & Garcia, 2005).

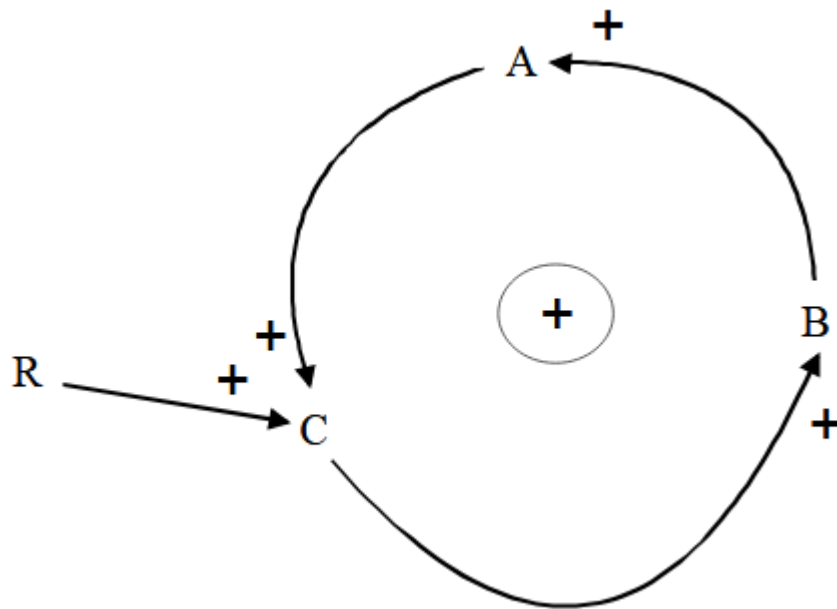


Ilustración 4. Diagrama de un bucle de retroalimentación positiva.

(Campos, Canto, & Garcia, 2005)

7.1.5 Políticas

Son un conjunto de modificaciones a realizarse sobre los elementos de un sistema con el objetivo de mejorar el mismo, esto teniendo en cuenta los resultados de simulaciones anteriores (Donado, Dormido, & Morilla, 2005).

7.1.6 Vensim

VENSIM es un software de computadora que permite llevar, de manera muy sencilla, modelos de dinámica de sistema a un entorno computacional a través de diagramas de Forrester y diagramas de influencia. Este software es una potente herramienta que brinda la posibilidad de generar las simulaciones que se deseen de un modelo de dinámica de sistemas. Existen tres versiones de este software: Professional (modelos grandes y complicados), PLE Plus (cuenta con más funciones que la versión PLE) y

PLE (ideal para el uso en el aula y el aprendizaje personal de la dinámica de sistemas) (VENSIM, Vensim Software, 2015).

7.2 Juegos

Podemos decir que los juegos han estado presentes en la mayor parte de la historia de la humanidad, esto debió a que un juego es un conjunto cerrado de elementos que interactúan entre sí, con reglas explícitas y que representa, subjetivamente, un subconjunto de la realidad. Dada esta definición se puede encontrar que existen, principalmente, cinco tipos de juegos: los juegos de mesa, juegos de cartas, juegos deportivos, juegos infantiles y los juegos de computadora o videojuegos (Crawford, The art of computer game design., 1984).

7.3 Videojuegos

Un videojuego es un software de cualquier plataforma informática diseñado para entretener y con el que interactúan una o más personas, ya que, en términos de jugadores, pueden ser videojuegos de un solo jugador, multijugador local o multijugador online. Mientras que, en términos de tipo de videojuego, los videojuegos pueden ser de acción, arcade, aventura, lucha, disparos, rpg, deportivo, estrategia, simulación, entre otros, además de mezclas de los tipos de videojuegos anteriores (Egenfeldt-Nielsen, Smith, & Tosca, 2019). Otro tipo de videojuego, aunque suele verse mucho menos que los anteriores, es el videojuego serio.

7.3.1 Videojuego serio

Un juego serio es aquel juego que no está diseñado exclusivamente para entretener o divertir, sino que su principal objetivo es educar. Es entonces, un videojuego serio, casi lo contrario a un videojuego convencional, al dejar de lado el entretenimiento y centrarse en la educación (Michael & Chen, 2005).

7.3.2 Desarrollo de videojuegos

El desarrollo de videojuegos es el proceso por el cual se crean los videojuegos. Este proceso saca lo mejor de múltiples disciplinas que deben trabajar juntas para obtener un buen resultado al final del proceso (Crawford, The art of computer game design, 1984).

7.3.3 Documento de diseño de juego (GDD)

Es el resultado o entregable de la etapa de preproducción y permite llevar a cabo el diseño, desarrollo y validación de software durante la etapa de producción. En otras palabras, es un documento fundamental para el desarrollo de un videojuego ya que se usa como guía a lo largo del desarrollo. Este documento cuenta con la siguiente estructura de presentación (Salazar, Mitre, Olalde, & Sánchez, 2012) :

- Visión general: Resumen.
- Mecánica: Elementos del videojuego.
- Dinámica: Interacciones del videojuego.
- Estética: Lo que el jugador percibe por sus sentidos en el videojuego.
- Experiencia: Experiencias esperadas del videojuego.
- Supuestos y limitaciones: Elementos que afectan directamente las decisiones de diseño del videojuego.

7.3.4 Ciclo de vida para el desarrollo de videojuegos (GDLC)

Un ciclo de vida para el desarrollo de software da los lineamientos a seguir durante todo el desarrollo y debido a que en el desarrollo de videojuegos se deben integrar múltiples disciplinas, este puede llegar a ser muy diferente al desarrollo de software. Es por esto, que los ciclos de vida para el desarrollo de software, en ocasiones, no responden bien ante las necesidades del desarrollo de videojuegos. Por esta razón, nacen los ciclos de vida para el desarrollo de videojuegos que cuenta con las siguientes fases (Ramadan & Widayani, 2013):

Iniciación: Se debe crear un concepto inicial del juego con su respectiva descripción.

Preproducción: Se debe comenzar con el diseño del juego y dar entrega del game design document (GDD). Teniendo en cuenta el GDD se deben crear prototipos iniciales del juego.

Producción: Esta es la fase más importante ya que es en donde se crean y unen los assets con el código (scripts). A su vez, en esta fase se deben crear prototipos que se acerquen bastante al prototipo final del juego, debido a que cosas como la dificultad del gameplay deben estar balanceadas.

Pruebas: Se deben hacer pruebas, con ayuda de testers internos, teniendo en cuenta los criterios de calidad que se consideren necesarios. Cada bug encontrado y cada cambio realizado durante las pruebas se debe registrar para analizar si se puede continuar a la siguiente fase o si se debe repetir la fase anterior.

Beta: En esta fase se usa el método de pruebas de la fase anterior solo que en este caso las pruebas son realizadas por beta testers o testers externos. La beta testers pueden ser personas invitadas individualmente, en caso de ser una beta cerrada o cualquier persona que se registre, en caso de ser una beta abierta. Se debe registrar cada bug encontrado y la retroalimentación que den los participantes para evaluar si el juego esta completamente listo para ser lanzado.

Lanzamiento: En esta, la fase final, se debe lanzar el juego al mercado, documentar el proyecto y hacer planes para el mantenimiento y expansión del mismo.

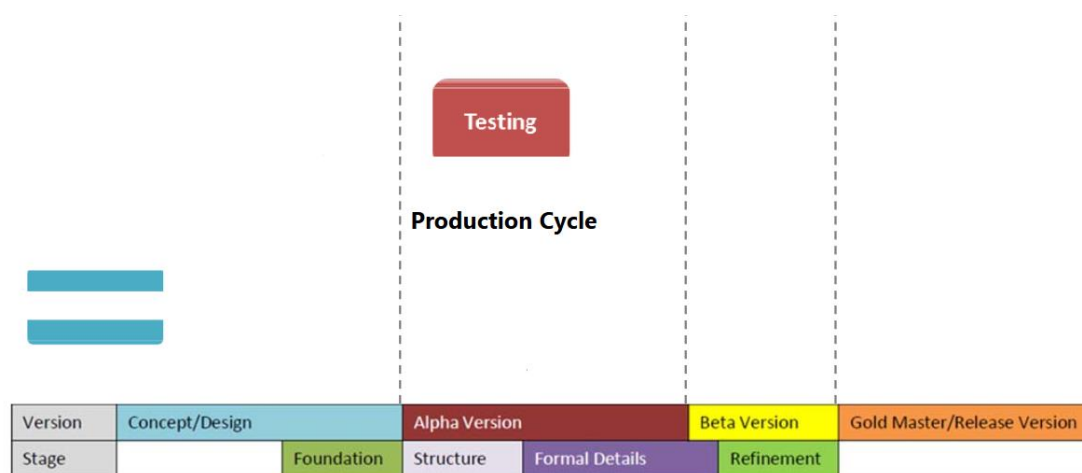


Ilustración 5. GDLC con 6 fases de desarrollo.

(Ramadan & Widyani, 2013)

7.3.5 Unity

Es un motor de videojuego en donde se pueden desarrollar videojuegos tanto en 3d como en 2d y es multiplataforma ya que permite implementar de manera muy sencilla un mismo proyecto a más de 25 plataformas, entre las que se encuentran Windows, Mac OS, Xbox One, PS4 y Android. Algunas de las herramientas que ofrece este motor de videojuegos son AI pathfinding, flujos de trabajo eficientes, interfaces de usuario, motores de física, animación 3d y 2d, herramientas de audio, tienda de assets, entre otras (Unity, 2019).

7.4 Contaminación ambiental

La contaminación ambiental se define como “la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de emergía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en

cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona” (Albert, 2004).

7.4 Calentamiento global

Este fenómeno se define como el aumento de la temperatura media en el sistema climático de la Tierra. Su principal causa es la acentuación del efecto invernadero debida, en gran medida, a la actividad humana, principalmente con la quema de combustibles fósiles, y que causa un aumento en el nivel del mar, lluvias más fuertes y en menos tiempo, expansión de las áreas desérticas, más fenómenos atmosféricos, lo que a su vez afecta de manera negativa a muchas especies de animales, así como también a los seres humanos (Hill, 2010).

7.5.1 Efecto Invernadero

Es un fenómeno que poseen los planetas con atmósfera, como el planeta Tierra, el cual le permite, por medio de los gases de efecto invernadero, mantener un equilibrio térmico al retener una parte de la energía irradiada por el sol (algo más del 60% de la energía). El efecto invernadero es muy importante para el planeta ya que sin él la temperatura media de la Tierra estaría cerca de los -18°C (Hill, 2010).

7.5.2 Gases de efecto Invernadero

La atmosfera está compuesta por gases, que actúan como los cristales de un invernadero, dejando entrar los rayos de sol, pero reteniendo una parte del calor, por ello reciben el nombre de gases de efecto invernadero. Estos gases, sin intervención humana, son capaces de calentar el planeta lo suficiente para que pueda existir vida dentro de él. Sin embargo, debido a la actividad humana, estos gases se han ido acumulando en exceso en la atmosfera causando que se retenga más calor del necesario. Algunos de los gases de efecto invernadero son óxido nitroso (N_2O), clorofluorocarbonados (CFCs) y ozono (O_3). Además de estos, está el dióxido de carbono (CO_2) que es el gas que más aporta al calentamiento global, con un porcentaje de alrededor del 62% seguido del metano (CH_4), que, aunque este en menor concentración en la atmósfera, es mucho más efectivo que el dióxido de carbono en la retención de calor (Ballesteros & Aristizabal, 2007).

8. DISEÑO METODOLÓGICO

A continuación, se presentará el diseño metodológico del proyecto, en el que se indicará cómo se obtendrán los resultados esperados y se contemplarán las etapas necesarias de cada uno de los objetivos para su respectivo cumplimiento.

8.1 Etapas para el desarrollo del primer objetivo específico

8.1.1 Etapa de investigación

Se hará un análisis y selección de los mejores motores de desarrollo de videojuegos, entre los cuales se encuentran opciones como Unity y Unreal Engine. Lo anterior también se realizará para elegir la herramienta con la que se elaborará el modelo dinámico-sistémico base para el videojuego, para esto se consideran como posibles candidatos Vensim y Stella. Se realizará una comparación entre las herramientas y se seleccionará una para el desarrollo del videojuego y otra para el modelado dinámico-sistémico, con su respectiva justificación.

Se investigará sobre las diferentes metodologías y estrategias didácticas aplicadas a la elaboración de videojuegos serios (o educativos), con el objetivo de adquirir los lineamientos que deberá tener el juego para ser educativo y aún así no perder la esencia principal de un videojuego: el entretenimiento. De la misma forma, se realizará una investigación sobre algunos de los modelos dinámico-sistémicos existentes que abordan la temática del CC.

Los **indicadores verificables** producto de esta etapa serán, en primer lugar un documento que contendrá información sobre las respectivas herramientas, además de un cuadro comparativo entre ellas y la justificación de la selección de la mejor de ellas para la elaboración del proyecto. En segundo lugar, un documento que constatará la información recolectada sobre las metodologías didácticas y los artículos que contengan modelos dinámico-sistémicos sobre alguna o varias problemáticas del CC.

8.1.2 Etapa de modelado y simulación

Se elaborará el modelo dinámico-sistémico que se tomará como base para la programación de la dinámica de las variables dentro del videojuego. El modelado se realizará conglomerando los modelos encontrados en la etapa de investigación, con posibles flujos y niveles nuevos según el contexto del videojuego así lo requiera. Se simulará el modelo una vez finalizado y se realizarán algunos ajustes dependiendo de los resultados de las simulaciones. Se procurará que los resultados de las simulaciones del modelo que se utilizará para el videojuego, no diste mucho de los obtenidos en modelos existentes basados en el impacto del CC en el mundo real, puesto que, pese a que será un entorno ficticio, se buscará obtener un aproximamiento a lo que sucedería si las actividades llevadas a cabo por el jugador ocurrieran en políticas implementadas en la vida cotidiana.

Los **indicadores verificables** producto de esta etapa serán, en primer lugar, un modelo dinámico sistémico que represente la dinámica de las variables involucradas en el videojuego, y finalmente, un documento donde se presente el resultado de cada una de las simulaciones del modelo, con sus respectivas retroalimentaciones.

8.1.3 Etapa de diseño

Se realizará el Documento de Diseño de Juego (GDD por sus siglas en inglés). En el GDD se pautarán cada una de las especificaciones del videojuego, las cuales podrán ir cambiando conforme avanza el desarrollo del proyecto, ya que el GDD es un documento dinámico. Las especificaciones del videojuego que se constatarán en el GDD son: Público objetivo, plataforma, controles, mecánicas principales, mecánicas secundarias, historia, personajes, estilo gráfico, diseño de nivel, diseño de interfaz de usuario, sonidos, música, ritmo del juego, mockups, flujo de juego y pacing del juego.

El **indicador verificable** producto de esta etapa será un documento que contenga todas las especificaciones del videojuego. Este documento servirá soporte para el cumplimiento de las siguientes etapas, que hacen referencia al objetivo de desarrollo.

8.2 Etapas para el desarrollo del segundo objetivo específico

8.2.1 Etapa de desarrollo del primer prototipo jugable

Se programará una primera versión del prototipo del videojuego mediante el paradigma de programación orientada a objetos. En esta versión, se implementarán las mecánicas principales del juego, con la posibilidad de que sea posible para el jugador ganar o perder. Esta versión podrá contener algunos bugs y se utilizará un diseño básico para su estética.

El **indicador verificable** producto de esta etapa será un primer prototipo jugable del videojuego.

8.2.2 Etapa de desarrollo del prototipo en versión Alpha

Se programará una segunda versión del prototipo del videojuego. Esta versión contendrá los artes y sprites finales del juego, se solucionarán los bugs encontrados en la versión anterior, eliminando aquellos que afecten o rompan la experiencia del juego. Se elaborará la interfaz de usuario con todas las ventanas a las que podrá acceder el jugador dentro del juego, y estará totalmente implementada al final de esta versión. Se incorporarán las mecánicas secundarias. El juego podrá estar desbalanceado al final de esta versión, debido a mecánicas que necesiten pulirse.

El **indicador verificable** producto de esta etapa será una segunda versión del prototipo del videojuego.

8.2.3 Etapa de desarrollo del prototipo en versión Beta

Se programará la versión final de prueba del prototipo. Se solucionarán los bugs mínimos obtenidos en la versión anterior, se corregirá el balance de las mecánicas del juego y se realizará un testing intensivo para determinar la calidad del juego y solucionar cualquier imprevisto que se presente.

El **indicador verificable** producto de esta etapa será una versión final de prueba del prototipo.

8.3 Etapas para el desarrollo del tercer objetivo específico

8.3.1 Etapa de prueba funcional

Mediante el uso de la técnica de caja negra, se realizará la prueba de los requisitos funcionales del sistema. Con esta técnica, se verificará la correcta navegación, entrada de datos, procesamiento y obtención de resultados. Se ejecutarán cada caso de uso, flujos o funciones utilizando datos válidos e inválidos, para verificar que ocurran los resultados esperados y sean desplegados los mensajes de error apropiados según sea el caso.

El **indicador verificable** producto de esta etapa será un documento que contenga los resultados de la prueba funcional realizada.

8.3.2 Etapa de prueba de Seguridad

Mediante la creación de pruebas para cada tipo de usuario, se verificarán los permisos correspondientes al mismo mediante transacciones específicas. Con lo anterior, se garantizará que los usuarios están restringidos a funcionalidades determinadas y su acceso se encuentra delimitado por las autorizaciones preestablecidas para él.

El **indicador verificable** producto de esta etapa será un documento que contenga los resultados de la prueba de seguridad realizada.

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Mediante una tabla y un diagrama de Gantt, se presenta a continuación la lista de actividades a realizar para el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos y la obtención de sus posteriores resultados. Las actividades se encuentran clasificadas por orden de objetivos, con una denominación desde la A hasta la L.

Actividad A: Análisis y selección de los motores de desarrollo de videojuegos.

Actividad B: Análisis y selección de los motores de modelado dinámico-sistémico.

Actividad C: Investigación de metodologías aplicadas a videojuegos educativos.

Actividad D: Investigación de modelos dinámico-sistémicos sobre el cambio climático.

Actividad E: Elaboración del modelo dinámico-sistémico del videojuego.

Actividad F: Elaboración de las simulaciones del modelo dinámico-sistémico del videojuego.

Actividad G: Elaboración del documento de diseño de juego.

Actividad H: Desarrollo del primer prototipo jugable.

Actividad I: Desarrollo del prototipo en versión Alpha.

Actividad J: Desarrollo del prototipo en versión Beta.

Actividad K: Elaboración de prueba funcional con caja negra.

Actividad L: Elaboración de prueba de seguridad.

Nombre de la actividad	Objetivo al que corresponde	Fecha de inicio	Duración (Días)	Fecha final
Actividad A	Objetivo específico 1	29/07/2019	31	29/08/2019
Actividad B	Objetivo específico 1	29/07/2019	31	29/08/2019
Actividad C	Objetivo específico 1	30/08/2019	31	30/09/2019
Actividad D	Objetivo específico 1	1/10/2019	31	1/11/2019
Actividad E	Objetivo específico 1	2/11/2019	24	26/11/2019
Actividad F	Objetivo específico 1	27/11/2019	7	4/12/2019
Actividad G	Objetivo específico 1	5/11/2019	31	6/12/2019
Actividad H	Objetivo específico 2	7/12/2019	45	21/01/2020
Actividad I	Objetivo específico 2	22/01/2020	52	14/03/2020
Actividad J	Objetivo específico 2	15/03/2020	59	13/05/2020
Actividad K	Objetivo específico 3	14/05/2020	16	30/05/2020
Actividad L	Objetivo específico 3	14/05/2020	16	30/05/2020

Tabla 2. Cronograma de actividades.

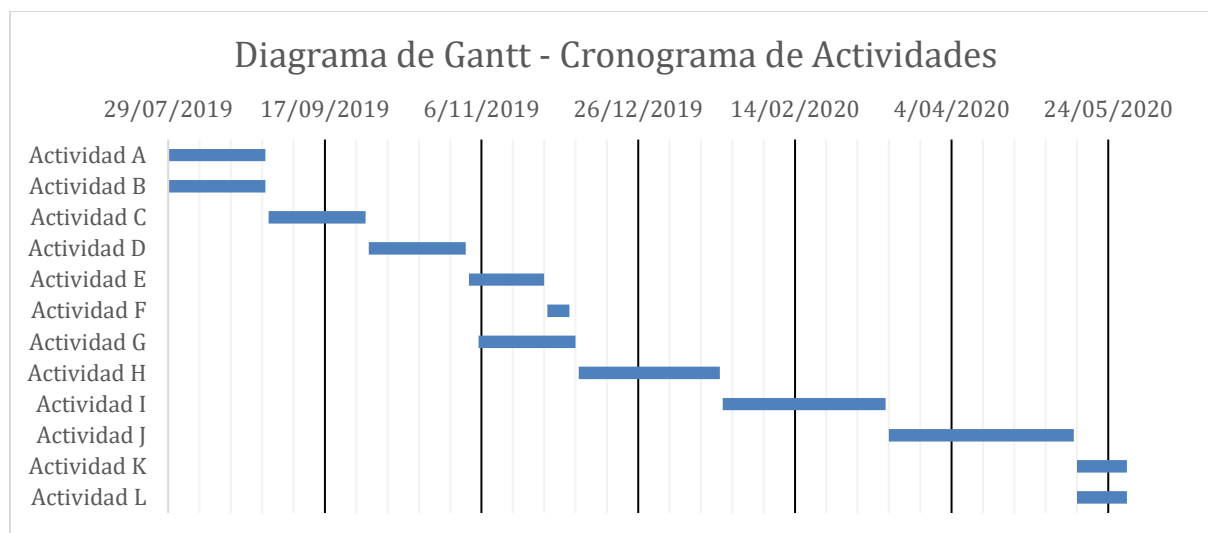


Ilustración 5. Diagrama de Gantt del cronograma de actividades.

10. PRESUPUESTO

En este apartado se presenta el presupuesto que se requiere para la elaboración de este proyecto.

Equipos-Software	Cantidad	Valor Unitario	Total
HP Laptop 15-dw0xxx	1	\$2'000.000	\$2'000.000
Ryzen 3 2200	1	\$1'500.000	\$1'500.000
CorelDRAW Graphics Suite 2019	1	\$1'889.300	\$1'889.300
Unity (Personal)	1	\$0	\$0
Visual Studio Code	1	\$0	\$0
TOTAL			\$5'389.300

Tabla 3. Presupuesto de equipos.

Investigador	Rol	Dedicación	Duración	Valor por hora	Total
Andrés Eduardo Casadiegos Gómez	Estudiante	18 horas semanales	20 semanas	\$20.000	\$7'200.000
Brayan Mauricio Díaz Bermúdez	Estudiante	18 horas semanales	20 semanas	\$20.000	\$7'200.000
Jorge Andrick Parra Valencia	Director	2 horas semanales	20 semanas	\$50.000	\$2'000.000
TOTAL					\$16'400.000

Tabla 4. Presupuesto de mano de obra

PRESUPUESTO	VALOR
Equipos-Software	\$5'389.300
Personal	\$16'400.000
TOTAL	\$21'789.300

Tabla 5. Presupuesto total

11.BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, B. (2018). Video Game Visions of Climate Futures: ARMA 3 and Implications for Games and Persuasion. *Games and Culture, Vol. 13(1)*, 71-91.
- Albert, L. (2004). Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. *México Tóxico. Capítulo, 4*, 38-52.
- Ballesteros, H., & Aristizabal, G. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático . *Bogotá DC: Nota Técnica Del IDEAM*.
- Belli, S., & López, C. (2008). Breve Historia de los Videojuegos. *Athenea Digital. Revista de Pensamiento e Investigación Social, num 14*, 159-179.
- Campos, J., Canto, S., & Garcia, F. (2005). Fundamentos de la dinámica de sistemas y Modelos de dinámica de sistemas en epidemiología. 5.
- Carter, N. (2006). Party politicization of the environment in Britain. *Party Politics*, 747-766.
- Corner, A., Roberts, O., Chiari, S., Voller, S., Mayrhuber, E., Mandi, S., & Monson, K. (2015). How do young people engage with climate change? The role of knowledge, values, message framing, and trusted communicators. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change.*, 523-534.
- Crawford, C. (1984). The art of computer game design.
- Crawford, C. (1984). The art of computer game design.
- Donado, J., Dormido, S., & Morilla, F. (2005). Fundamentos de la dinámica de sistemas y Modelos de dinámica de sistemas en epidemiología. *Curso de Experto Universitario en Epidemiología y nuevas tecnologías aplicadas, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) y Escuela Nacional de Sanidad del Instituto de Salud Carlos III*.
- Douglas, & Sutton. (2015). Climate change: Why the conspiracy theories are dangerous. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 98-106.
- Egenfeldt-Nielsen, S., Smith, J., & Tosca, S. (2019). Understanding video games: The essential introduction. *Routledge*.
- Ettxeberria, X. (1998). Videojuegos y educación. *Comunicar, núm. 10*, 171-180.
- Forrester, J. (1968). Industrial Dynamics-After the First Decade. *Science, 14(7)*, 398-415.
- Forrester, J. (2009). Some basic concepts in system dynamics. *Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge*, 9.
- Giddens, A. (2010). La política del cambio climático. *Alianza Editorial*, 15.
- Gómez, A., & Pérez, J. (2016). La transmisión de valores y responsabilidad social a partir de los videojuegos. *Sphera Publica, 1(16)*, 114-131.
- Gonzalez, M., Jurado, E., Gonzalez, S., Aguirre, O., Jimenez, J., & Navar, J. (2003). Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia UANL / Vol VI, No.3*, 377.
- Hill, M. (2010). Understanding environmental pollution. *Cambridge University Press*.
- IPCC. (2018). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. . *Anexe III Glossary*, 1450.
- Keeling, C., Adams, A., Ekdahl, C., & Guenther, P. (1976). *Atmospheric carbon dioxide variations at the South Pole*. University of California at San Diego, La Jolla, California, USA.: IPCC.

- Madani, K., Pierce, T., & Mirchi, A. (2017). Serious games on environmental management. *Sustainable Cities and Society*, 29, 1-11.
- Mann, M., & Bradley, R. (1999). Northern Hemisphere Temperatures During the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations . *Geophysical Research Letters*, Vol. 26, No. 6., 759-762.
- Michael, D., & Chen, S. (2005). Serious games: Games that educate, train, and inform. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Mugueta, I., Manzano, A., Alonso, P., & Labiano, L. (2015). Videojuegos para aprender Historia: una experiencia con Age of Empires. *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia*, 32.
- Ramadan, R., & Widyani, Y. (2013). Game development life cycle guidelines. 2013 *International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)*, 95–100.
- Requena, S., González, M., & Gea, V. (2017). El videojuego digital como mediador del aprendizaje en la etapa de Educación Infantil. *Educación*, 53(1), 80-107.
- Rojo, T., & Dudu, S. (2017). Los videojuegos en la implementación de políticas de mitigación del cambio climático. *Ámbitos. Revista Internacional de Comunicación*, (37), 1-25.
- Ryan, D. (2017). POLÍTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO: EXPLORANDO LA RELACIÓN ENTRE PARTIDOS POLÍTICOS. *Ambiente y Sociedad*, 277.
- Salazar, M., Mitre, H., Olalde, C., & Sánchez, J. (2012). Proposal of Game Design Document from software engineering requirements perspective. 2012 *17th International Conference on Computer Games (CGAMES)*, 81-85.
- Sterman, J., Fiddaman, T., Franck, T., Jones, A., McCauley, S., Rice, P., . . . Siegel, L. (2012). Climate interactive: the C-ROADS climate policy model. *System Dynamics Review* vol 28, No 3, 295-305.
- Unity. (29 de Octubre de 2019). *Unity*. Obtenido de Unity 2019: Performance by Default, gráficos de alta fidelidad en tiempo real y herramientas para artistas: <https://unity.com/es>
- VENSIM. (29 de Octubre de 2015). *Vensim Software*. Obtenido de <https://vensim.com/vensim-software/>