

**ECONOMÍA DINÁMICA DEL MODELO DE CRECIMIENTO DE HARROD
PLANTEADA CON DINÁMICA DE SISTEMAS**

**FREDDY ALONSO GÓMEZ VARGAS
ELSA ROCÍO JOYA JIMÉNEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN
BUCARAMANGA
2007**

**ECONOMÍA DINÁMICA DEL MODELO DE CRECIMIENTO DE HARROD
PLANTEADA CON DINÁMICA DE SISTEMAS**

**FREDDY ALONSO GÓMEZ VARGAS
ELSA ROCÍO JOYA JIMÉNEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de:
Economistas**

**Director:
HUGO HERNANDO ANDRADE SOSA
INGENIERO DE SISTEMAS**

**Codirector:
ISAAC GUERRERO RINCÓN
ECONOMISTA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN
BUCARAMANGA
2007**

A mis padres y mis Hermanos por la paciencia y el apoyo incondicional.

Freddy Alonso Gómez Vargas

A mi Mami, a mis hermanas, a Ethan y Juliana, a Cesar por el respaldo y la condescendencia

Elsa Rocío Joya Jiménez

AGRADECIMIENTOS

A nuestros dos directores de tesis, el profesor Hugo Andrade Sosa e Isaac Guerrero Rincón. Sin la colaboración, asesoría y consejos brindados, durante el transcurso de todo el proyecto, no habría sido posible culminar con este.

Por el valioso tiempo que nos brindaron, y por mantener siempre un preocupado interés por la resolución de los diferentes inconvenientes que se presentaron a través del lapso que trabajamos con esta tesis.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 HARROD, LA DINÁMICA ECONÓMICA	18
2.2 PENSAMIENTO SISTÉMICO	21
2.2.1 El lenguaje de la dinámica de sistemas	22
2.3. MARCO CONCEPTUAL	24
3. DESARROLLO DEL MODELO	27
3.1. RESTRICCIONES EN LA MODELACIÓN	27
3.2. DIAGRAMA DE INFLUENCIAS	28
3.2.1. Relaciones de influencia	29
3.2.2 Ciclos de Realimentación	30
3.3. Modelos	31
3.3.1. Modelo “Tasa de crecimiento efectivo G determinada por la Inversión	31
3.3.2. Modelo “Tasa de Crecimiento Efectiva Ampliado”	35
3.3.3. Modelo de la teoría económica dinámica de Harrod. (Macrodinámica):	38
3.3.4. Pruebas con escenarios:	42
3.3.4.1. Primer escenario: Una Economía con una mayor tasa de natalidad:	42

3.3.4.2. Segundo escenario: Una economía con una mayor tasa de mortalidad.	43
3.3.4.3. Tercer escenario: Una Economía con una mayor tasa de depreciación sobre el capital fijo	44
3.3.4.4. Cuarto escenario: Una Economía con una menor tasa de depreciación sobre el capital fijo	45
RECOMENDACIONES	47
CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFIA	50
ANEXOS	53

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Diagrama de influencias.	28
Gráfica 2. Tasa de crecimiento efectivo G determinada por la Inversión	32
Gráfica 3. Proyección del PIB	33
Gráfica 4. Tasa de crecimiento efectiva	34
Gráfica 5. Tasa De Crecimiento Efectiva Ampliado	35
Gráfica 6. Tasa de Crecimiento efectiva ampliada	36
Gráfica 7. Agregados del PIB modelo ampliado	37
Gráfica 8. Modelo de la teoría económica dinámica de Harrod	38
Gráfica 9. Tasas de crecimiento Modelo Ampliado	40
Gráfica 10. Tasa de crecimiento natural con más natalidad	42
Gráfica 11. Tasa de crecimiento efectivo con más natalidad	43
Gráfica 12. Tasa natural de Crecimiento con más mortalidad	44
Gráfica 13. Tasa de crecimiento efectivo con más mortalidad	44
Gráfica 14. Tasa de crecimiento efectivo con más depreciación	45
Gráfica 15. Tasa de crecimiento efectivo con menos depreciación	46

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Evolución del PIB en el modelo “tasa de crecimiento efectivo ampliado”	54
ANEXO B. Propensión media al ahorro en el modelo “tasa de crecimiento efectivo ampliado”	55
ANEXO C. Relación capital producto propensión media al ahorro en el modelo “tasa de crecimiento efectivo ampliado”	56
ANEXO D. Tasa de desempleo propensión media al ahorro en el modelo “tasa de crecimiento efectivo ampliado”	57
ANEXO E. Brecha de desempleo propensión media al ahorro en el modelo “tasa de crecimiento efectivo ampliado”	58
ANEXO F. Proyección del PIB en el modelo de la teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)	59
ANEXO G. Empleo en el modelo de la teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)	60
ANEXO H. Stock de capital en el modelo de la teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)	61
ANEXO I. Stock de capital faltante en el modelo de la teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)	62
ANEXO J. Ahorro socialmente óptimo en el modelo de la teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)	63
ANEXO K. Tasas de crecimiento en el escenario 1	64
ANEXO L. Tasas de crecimiento en escenario 2	65
ANEXO M. Tasas de crecimiento en escenario 3	66

ANEXO N. Tasas de crecimiento en el escenario 4	67
ANEXO O. Tabla de elementos y ecuaciones del modelo teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)	68

RESUMEN

TITULO: ECONOMÍA DINÁMICA DEL MODELO DE CRECIMIENTO DE HARROD PLANTEADA CON DINÁMICA DE SISTEMAS*.

AUTORES: FREDDY ALONSO GÓMEZ VARGAS.
ELSA ROCÍO JOYA JIMÉNEZ**.

PALABRAS CLAVES: Harrod, dinámica de sistemas, pensamiento sistémico, dinámica económica.

DESCRIPCIÓN:

Harrod desarrollo un enfoque dinámico de la economía con el cual intento establecer instrumentos de análisis capaces de describir el carácter cíclico y los determinantes del crecimiento. Se tomo la teoría de Harrod para acercar el lenguaje de dinámica de sistemas, a la economía dinámica, como un recurso para el análisis de la complejidad del contexto en el que se desarrolla, y de esa forma influir positivamente en el aprendizaje y la construcción de modelos.

Para lograr tal objetivo se recreo el modelo de crecimiento económico de Roy Harrod, haciendo uso de la teoría general de sistemas, por medio de Dinámica de Sistemas y de sus cinco lenguajes y se recrearon escenarios que permitieron percibir y comprender el comportamiento dinámico que tiene el modelo.

* Trabajo de Grado

** Universidad Industrial de Santander, Facultad de ciencias humanas, Escuela de Economía y Administración. Directores Ing. Hugo Andrade Sosa y Eco. Isaac Guerrero Rincón.

SUMARY

TITLE: DYNAMICAL ECONOMY OF THE MODEL OF HARROD'S GROWTH RAISED WITH SYSTEM DYNAMICS*.

AUTHORS: FREDDY ALONSO GÓMEZ VARGAS.
ELSA ROCÍO JOYA JIMÉNEZ**.

KEYWORDS: Harrod, system dynamics, systemic thought, economic dynamics.

DESCRIPTION:

Harrod developed a dynamic focusing of the economy which he tried to establish with instruments of analyses capable of describing the cyclical character and the growth's determinants. It is taken Harrod's theory to approach the language of system dynamics to the dynamical economy, as a resource for the analysis of the complexity of the context in which it develops, and in this form, influence positively on the learning and construction of models.

In order to achieve such a aim, it was recreated the Roy Harrod's economic growth model, making use of the general theory of systems, by means of Dynamics of Systems and their five languages, also was recreated scenes which allowed to perceive and understand the dynamic behaviour that the model has.

* Graduation Project.

** Faculty of human sciences, school of economics and administration. Eng Hugo Andrade, Eco. Isaac Guerrero.

INTRODUCCIÓN

La economía es una ciencia social que se encarga de estudiar la producción, distribución, comercialización y consumo de bienes y servicios. La ciencia económica a la hora de plantear las teorías se ha caracterizado por trabajar bajo los conceptos de dinámica y estática. Estos términos provienen de la física clásica, exactamente de la mecánica teórica que trata del movimiento de los cuerpos, de las fuerzas que los generan y de la anulación recíproca de estas en un cuerpo en estado de reposo. La dinámica se encarga de analizar el movimiento y la estática el reposo o equilibrio¹.

Harrod fue pionero en desarrollar un (el) enfoque dinámico en la economía (con el cual espera) esperando establecer con el, instrumentos de análisis capaces de describir el carácter cíclico del crecimiento económico a través de un estudio explícitamente dinámico.

El principal objeto de la dinámica económica de Harrod es el de determinar los cambios en la producción. En dinámica las condiciones fundamentales cambian y las incógnitas de las ecuaciones no serán los montos de producción, sino las constantes variaciones en la producción.²

Mientras que en la estática económica se toman ciertas condiciones como dadas y conocidas; como el tamaño y la habilidad de la población, la cantidad de tierra, entre otras; determinando estas el valor de ciertas incógnitas.

El lenguaje de la dinámica de Sistemas, propone el análisis de los fenómenos a través del estudio de las relaciones e interacción que poseen las diferentes variables que los determinan con el ambiente en que se desarrollan. La economía dinámica incluye variables de las que se puede mejorar la comprensión con el uso de este lenguaje.

Por medio del pensamiento sistémico, y el uso de la dinámica de sistemas se brinda la posibilidad de construir modelos que permiten realizar representaciones del universo que nos rodea, con una mayor proximidad de la realidad ya que esta teoría plantea un paradigma holista y que, por lo tanto, permite la inclusión de distintas perspectivas de explicación, porque no se limita al estudio concreto de un hecho y sus causas, sino que se concentra en observar todo el contexto, dentro del cual tiene desarrollo un fenómeno a comprender.

¹ ZAMORA, Francisco. Introducción a la dinámica económica. Fondo de cultura Económica. México, 1958. Pág. 15.

² *Ibíd.* Pág. 344.

La creación de un micro mundo de simulación pone a disposición un laboratorio experimental para el aprendizaje. La simulación de los modelos nos brinda la posibilidad de establecer el comportamiento de estos conjugando diferentes factores que puedan afectar los resultados, con respuestas inmediatas y teniendo en cuenta ciclos de realimentación. La forma de recrear estos laboratorios experimentales se lleva a cabo mediante el modelado por computador. Esto tiene como ventaja que es fácil de usar y permite la elaboración de análisis completos de un sistema de múltiples ecuaciones interrelacionadas, que serían prácticamente imposibles de lograr con un análisis manual, dado la complejidad y multiplicidad de conexiones en la formulación de un modelo.

Esto exigió realizar un repaso de la teoría del crecimiento dinámico de Harrod, y especificar las variables y ecuaciones que determinan el crecimiento económico según dicho modelo. Así mismo expresarlo haciendo uso de la teoría general de sistemas, por medio del lenguaje de Dinámica de Sistemas para realizar simulaciones con diferentes escenarios, y ver los efectos que las variaciones pueden tener sobre el modelo de crecimiento.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Acercar el lenguaje de dinámica de sistemas, a la economía dinámica, como un recurso para el análisis de la complejidad del contexto en el que se desarrolla, y de esa forma influir positivamente en el aprendizaje y la construcción de modelos, tomando para este ejercicio la teoría de crecimiento de Harrod, quién propuso un modelo de economía dinámica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recrear el modelo de crecimiento económico de Roy Harrod, haciendo uso de la teoría general de sistemas, por medio de Dinámica de Sistemas y de sus cinco lenguajes.
- Simular con escenarios cambiantes, para percibir el comportamiento dinámico que tiene el modelo.

2. MARCO TEÓRICO

El estudio de la economía puede abordarse a través de los análisis dinámicos o estáticos. Sin embargo, con el tiempo los primeros tendieron a desaparecer y la investigación económica se enfocó en el perfeccionamiento del razonamiento matemático y los conceptos de utilidad y productividad marginal para completar y perfeccionar los principios de la estática económica, cuyos promotores más destacados fueron Walras, Pareto y Marshall entre otros³. Incluso Keynes abordó la “Teoría general sobre el empleo, el interés y el dinero” de forma estática.

La “estática hace referencia a un estado de reposo”⁴, aborda la resolución de los problemas teóricos y prácticos en la economía dando por sentado una tecnología, unos recursos productivos disponibles y los deseos y gustos de los individuos en una economía. La cuestión que surge a partir de esta situación es como se distribuyen estos recursos, según el uso y precio que tienen, dentro de un estado de equilibrio.

Jan Tinbergen y J. J. Polak desarrollan un concepto de dinámica económica en el que la consideran como el estudio de las principales variables que afectan el ciclo económico y como estas a través del tiempo se van modificando e influenciando el ciclo económico en el largo plazo. Para ellos la dinámica surge de los cambios que ocurren en el corto plazo y afectan al largo plazo⁵.

El modelo de crecimiento de Harrod se basa en la teoría keynesiana del crecimiento caracterizada por hacer un análisis estático de la economía. El aporte que hace Harrod consiste en llevar estas ideas hacia un análisis dinámico, o más específicamente “Macro-dinámico” el cual “se ocupa de las fuerzas determinantes de las tasas de aumento de las principales categorías de la demanda”⁶.

Cabe aclarar que la teoría de Harrod no es en forma exacta una teoría del crecimiento, sino tan sólo una pequeña parte de esta, ya que para él la teoría del crecimiento abarca variables sociológicas que la macro-dinámica no estudia.

El pensamiento sistémico es un “paradigma... una visión holística del mundo ya que lo ve como un todo integrado más que como una discontinua colección de

³ HARROD, Roy. Dinámica Económica. Alianza Editorial. Madrid 1979. Pág. 22

⁴ZAMORA, Francisco. Introducción a la dinámica económica. Fondo de cultura Económica. México, 1958, Pág. 15.

⁵ TINBERGEN, Jan; POLAK, J.J. Dinámica del ciclo económico. Estudio de las fluctuaciones económicas. F.C.E. México, 1956. Pág. 115

⁶HARROD, Roy. Dinámica Económica. Alianza Editorial. Madrid 1979. Prologo. Pág. 12

partes”⁷, surge como alternativa de análisis de la realidad en contraposición a la ciencia clásica que divide los fenómenos complejos en pequeñas partes para comprender, a partir del entendimiento de estas el comportamiento del todo. El énfasis sobre las partes se ha denominado mecanicista, reduccionista o atomista, mientras que el énfasis sobre el todo recibe los nombres de holístico, organicista o ecológico⁸. En síntesis este nuevo paradigma se puede definir como un “pensamiento impulsado continuamente por un afán holista, una búsqueda de unidad en la diversidad”⁹.

2.1 HARROD, LA DINÁMICA ECONÓMICA

La teoría de Harrod parte de tres ecuaciones fundamentales, en la primera de ellas plantea que la tasa de crecimiento efectivo de la economía (G) se encuentra influenciada por la propensión media al ahorro (s), que es aquella tasa de ahorro que se efectuó durante un periodo determinado en la economía; así mismo, también es afectada por la relación capital – producto (C). Esta se expresa en el numerador como la variación del capital que resulta de un periodo de tiempo con respecto al anterior (ΔK). En el denominador se tiene el monto en el que vario el producto con respecto a un periodo anterior (ΔY). De forma resumida esta refleja el ritmo de crecimiento que la economía experimentó en un lapso determinado de tiempo.

$$G = \frac{s}{C}$$

$$G = \frac{s}{\frac{\Delta K}{\Delta Y}}$$

El nivel de ahorro agregado S es una proporción constante de la renta o producto nacional Y, y s es la propensión media al ahorro efectivo¹⁰, que se expresa así:

$$S = sY$$

El aumento efectivo en el stock de capital ΔK es una parte del aumento del volumen de producción ΔY existente:

$$\Delta K = C \cdot \Delta Y$$

⁷ CAPRA, Fritjof. La trama de la vida. Anagrama, 2000. Pág. 28

⁸ Ibíd. Pág. 37

⁹ ANDRADE SOSA, Hugo. Pensamiento sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2001. Pág. 35.

¹⁰ El ahorro efectivo es el que tuvo lugar en un periodo de tiempo determinado.

Donde C es la relación capital – producto:

$$C = \frac{\Delta K}{\Delta Y}$$

Harrod sigue el supuesto keynesiano¹¹ de que el ahorro y la inversión tienden a ser iguales, por lo que el ahorro y la inversión se expresan como una identidad:

$$C \cdot \Delta Y = s Y$$

Lo cual implica que la tasa de crecimiento es determinada por la relación entre la propensión media al ahorro s y la relación capital-producto (C), es decir:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{s}{C}$$
$$G = \frac{s}{C}$$

La segunda ecuación fundamental de Harrod constituye la tasa de crecimiento justificada (G_w), que hace referencia al ritmo de crecimiento al que se espera crezca la economía. El crecimiento justificado se halla en función de (S_d) en el numerador, esto es la fracción de la renta que equivale al ahorro que el público¹² esta “dispuesto a realizar”. En el denominador se encuentra (C_r) que es el coeficiente del stock de capital requerido por las empresas teniendo en cuenta el crecimiento planeado de la renta:

$$\frac{\Delta Y_w}{Y_w} = \frac{sd}{Cr}$$
$$G_w = \frac{sd}{Cr}$$

Como “el ahorro es siempre y necesariamente igual a la inversión”¹³, el ahorro deseado (sd) equivale al ahorro efectivo (s), quedando G_w :

$$G_w = \frac{s}{Cr}$$

¹¹ GALINDO, Miguel Ángel; MALGESINI, Graciela. Crecimiento económico, principales teorías desde Keynes. McGraw Hill. Madrid, 1994.

¹² El público esta constituido por las personas, las empresas y el estado; “pero se debe excluir del ahorro deseado del estado aquel que se hace para regular la economía y no se haría si no se pretendiera regular de alguna manera la economía.

¹³ HARROD, Roy. Dinámica Económica. Alianza Editorial. Madrid 1979. Pág. 175

(Cr) esta compuesto en el numerador por la variación del capital necesario (ΔKr) en relación con los pedidos actuales y proyectados. En tanto que (ΔYw) se encuentra en el denominador y representa el crecimiento esperado en el producto (ΔYw).

$$Cr = \frac{\Delta Kr}{\Delta Yw}$$

En la tercera ecuación fundamental se representa por (Gn) a la tasa de crecimiento socialmente óptima, formulada así:

$$Gn = \frac{so}{Cr}$$

(so) actúa como el ahorro socialmente óptimo, que es el ahorro necesario para alcanzar el pleno empleo de la población económicamente activa, que es la población en edad para trabajar, la cual posee una tasa de crecimiento dada exógenamente. "Es útil dar la vuelta a la ecuación basándose en que el término del primer miembro es el determinado y los términos del segundo miembro los determinantes"¹⁴, esto permite contemplar que el potencial de crecimiento de la economía solo es posible, si se alcanza el ahorro socialmente óptimo, o aquel ahorro que permite el monto de inversiones necesarias para emplear a toda la población dispuesta a trabajar.

$$so = Gn \cdot Cr$$

Para que la economía este en equilibrio de pleno empleo tienen que converger las tres tasas de crecimiento

$$G = Gw = Gn^{15}$$

Para esto, primero deben igualarse la tasa de crecimiento efectivo G con la tasa de crecimiento justificado Gw¹⁶ para que los empresarios estén conformes con la situación y lleven a cabo las inversiones necesarias, cualquier desviación que se produzca de dicha trayectoria dará lugar a desviaciones cada vez mayores de la misma en lugar de acercamientos. Y para alcanzar la tasa de crecimiento natural de pleno empleo Gn, es necesario que esta sea igual a la tasa de crecimiento efectiva G, que a su vez debe ser igual a la tasa de crecimiento justificado Gw.

¹⁴ *Ibíd.* Pág. 38

¹⁵ *Ibíd.* Pág. 175

¹⁶ GALINDO, Miguel Ángel; MALGESINI, Graciela. Crecimiento económico, principales teorías desde Keynes. McGraw Hill. Madrid, 1994.

Por lo anterior, la consideración de una tasa de crecimiento de equilibrio no existe, ya que esto implica que las decisiones que se han tomado durante un periodo se repetirán de forma similar en el siguiente periodo, lo cual no sucede por las peculiaridades y errores que cometen las personas y los diferentes sectores comerciales. Además, aunque sus decisiones hallan sido las justas en cuanto al ritmo de pedidos o de producción pueden cambiar en el siguiente periodo, sea motivado por una perspectiva pesimista o entusiasta de la situación que espera al siguiente periodo, lo cual es resultado de lo que Keynes llamo “animal spirits” del empresario típico.¹⁷

Anteriormente se expuso que para estar en equilibrio de pleno empleo la tasa de crecimiento efectiva G , la tasa de crecimiento justificado G_w y la tasa de crecimiento natural G_n deben igualarse. La inflación y el desempleo surgen cuando se presentan conflictos que hacen que la tasa de crecimiento efectiva y la tasa de crecimiento justificada no sean iguales. Estos problemas tienen como principal desencadenante las diferencias que se presentan respecto al ahorro – inversión que se realiza de forma efectiva y el que realmente necesitaba la economía para alcanzar un crecimiento estable. De esta manera, los dos problemas básicos que enfrenta el crecimiento económico en unos casos es el exceso de ahorro – inversión, o su escasez.

Como es muy poco probable que coincidan las tres tasas de crecimiento porque están determinadas por diferentes variables que no tienen un mecanismo que asegure que crezcan al mismo ritmo, Harrod opta por recomendar la aplicación de políticas mixtas, que consisten en combinar medidas monetarias y fiscales que corrijan la trayectoria de crecimiento, si con esto no se alcanzan los objetivos deseados recomienda el uso de lo que él llamo “planificación indicativa”, que consiste en trazar objetivos de ahorro, inversión, producción y empleo de mediano y largo plazo en consenso entre el estado y el sector productivo.

2.2 PENSAMIENTO SISTÉMICO

El pensamiento sistémico nace con los trabajos del biólogo alemán Ludwin Von Bertalanffy, publicados ente 1950 y 1968. Dentro de los supuestos básicos de la teoría general de sistemas están primero, que existe una tendencia hacia la integración de las diversas ciencias naturales y sociales; segundo, que esa integración parece orientarse rumbo a una teoría de sistemas; tercero, que dicha teoría de sistemas puede ser una manera más amplia de estudiar los campos no físicos del conocimiento científico, especialmente en ciencias sociales; cuarto, que con la aplicación de la teoría general de sistemas nos acercamos al objetivo de la

¹⁷ HARROD, Roy. Dinámica Económica. Alianza Editorial. Madrid 1979. Pág. 30

unidad de la ciencia y por ultimo esto puede generar una integración muy necesaria en la educación científica.

La teoría general de sistemas afirma que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritos en términos de sus elementos separados, su comprensión solo se presenta cuando se estudia globalmente y las premisas básicas en que se fundamenta son en primer lugar que los sistemas existen dentro de sistemas, es decir, cada sistema existe dentro de otro más grande; segundo, los sistemas son abiertos, en consecuencia reciben y descargan algo en otros sistemas, generalmente en los más contiguos y finalmente las funciones de un sistema dependen de su estructura.

Un sistema es un todo organizado y complejo. Un conjunto o combinación de cosas o partes que forman un todo complejo o unitario, en donde estas partes tienen una forma de interacción o interdependencia. Posee las siguientes características: un globalismo que implica que si se registra un cambio en una de las unidades del sistema con seguridad habrán cambios en las otras. Tiene un propósito u objetivos. Desarrolla entropía, que es la tendencia a desgastarse o desintegrarse, esto si el sistema es cerrado. Y es homeostático, mostrando equilibrio dinámico entre las partes del sistema; un sistema tiende a adaptarse con el fin de alcanzar un equilibrio interno frente a los cambios del entorno.

También se puede hacer distinción entre sistemas abiertos, que son aquellos que tienen un intercambio con el ambiente – información, materia, energía -, y los sistemas cerrados son los que no realizan un intercambio con el entorno en el que se encuentran. No reciben recursos externos y no producen nada que sea enviado hacia afuera. Aunque en forma estricta no existen los sistemas cerrados, ya que todo sistema se encuentra dentro de uno más grande, con el cual tiene un tipo de intercambio, aunque este sea mínimo. La denominación de sistemas cerrados se usa para identificar a aquellos que presentan un comportamiento determinístico y programado que opera con intercambios muy pequeños de energía y materia con el ambiente.

2.2.1 El lenguaje de la dinámica de sistemas. La dinámica de sistemas es una disciplina cobijada por el marco general del pensamiento sistémico que combina la teoría, métodos y filosofía necesarios para analizar el comportamiento de sistemas complejos; bajo un enfoque de análisis basado en la información de realidad y la causalidad mutua, que permite visualizar la integridad e interrelaciones y mejora el aprendizaje de sistemas complejos ya sean estos físicos biológicos o sociales¹⁸.

¹⁸ RODRIGUEZ, Patricio; BUSSO, Reinaldo; OREJA, José; GARCIA, Carlos. Metodología dinámica para el análisis de sistemas sociales y económicos. www.gestiopolis.com 2000. Citado el 16 de Febrero de 2006.

Esta disciplina desarrollada a partir del trabajo del System Dynamic Group del MIT, encabezado por Jay Forrester, provee una base estructural que puede ser aplicada a cualquier tema que se desee comprender, permitiendo visualizar los cambios que se producen en los sistemas con la variación durante el tiempo.

La dinámica de sistemas es un lenguaje – paradigma para construir modelos matemáticos de diversa índole. Desde esta perspectiva se acostumbra a hacer una presentación ordenada de cada una de las fases que componen tal lenguaje¹⁹.

La primera fase consiste en identificar el comportamiento real del fenómeno, para luego identificar las estructuras de realimentación del mismo, esta identificación se hace con la ayuda del lenguaje en prosa, el diagrama causal y el diagrama de flujo nivel.

El lenguaje en prosa es el más genérico ya que es una descripción verbal de la lógica del modelo que se pretende construir y por lo tanto define las relaciones causales y de efecto que constituyen el fenómeno observado. Este lenguaje no es exclusivo de la dinámica de sistemas, debido a esto no ofrece un orden fijo, ni una gramática exclusiva, para representar las estructuras causales. Esto lo hace inapropiado para describir redes causales muy complejas, y también para inferir posibles comportamientos generados por esas redes²⁰.

El diagrama de influencias o causal es un lenguaje gráfico de la dinámica de sistemas que expresa los elementos que estructuran el fenómeno y las relaciones de causa - efecto y sus ciclos de realimentación. “También es posible indicar el sentido de cambio que un elemento produce sobre otro y, en consecuencia, es posible señalar cuando un ciclo de realimentación es positivo, amplificador, negativo o atenuador”²¹.

El diagrama de flujo nivel o también conocido como diagrama de Forrester, ofrece una mirada de la estructura más completa que la ofrecida por el diagrama de influencias ya que en la exposición gráfica que realiza se diferencian los tipos de variable que conforman la estructura y además representan en forma implícita las ecuaciones diferenciales que van a permitir la simulación del modelo.

Luego a partir de la estructura identificada se pasa a la siguiente fase que es la construcción del modelo matemático, a través de un lenguaje de ecuaciones. El lenguaje matemático, que tampoco es exclusivo de la dinámica de sistemas, nos

¹⁹ ANDRADE SOSA, Hugo. Pensamiento sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2001. Pág. 171.

²⁰ ANDRADE, Hugo; y autores varios del grupo SIMON. Introducción a la dinámica de sistemas - Enfatizando Procesos, Investigación y Aprendizaje -. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Pág. 78.

²¹ Ibíd. Pág. 78.

ofrece una posibilidad de expresión ordenada del modelo. No es muy útil para “ver” la estructura causal, pero abre las puertas para expresar finalmente el modelo en un lenguaje computacional de modo que podamos interactuar con él a través de simulaciones²².

Por último se llega al lenguaje de simulación que es una expresión gráfica del desempeño que las distintas variables han tenido a través del tiempo como resultado de la interacción mutua dentro de la estructura del modelo²³.

La simulación desarrollada a través de la dinámica de sistemas es una herramienta efectiva si se le utiliza para la planificación de escenarios hipotéticos y comprender de esta forma cual es la tendencia de comportamiento que obtendríamos bajo dicha hipótesis. Este tipo de simulación se constituye en un instrumento de estudio cualitativo.

Por lo anterior, la dinámica de sistemas se constituye como una alternativa de estudio para mejorar la comprensión de los diferentes problemas de que se ocupa la ciencia, ya que el paradigma sistémico afirma que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas en términos de elementos separados.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

El modelado a través del lenguaje de la dinámica de sistemas y el uso del software evolución 3.5 necesario para simular los micro mundos, exige la comprensión y familiarización de los conceptos que se emplean para expresar correctamente cada uno de los modelos desarrollados²⁴:

- **Diagrama de influencias:** Los Diagramas de Influencias brindan la posibilidad de hacer énfasis en el estudio de la estructura del sistema, sin la necesidad de tener en cuenta el carácter cuantitativo de las relaciones entre los elementos, prestando especial atención a los bucles de realimentación, los cuales dan origen al comportamiento observado en el fenómeno.
- **Ciclo de realimentación:** proceso en virtud del cual se recibe continuamente información con relación a los resultados de las acciones previamente tomadas, y a partir de esa información, se adoptan decisiones con relación a futuras acciones a tomar²⁵.

²² *Ibíd.* Pág. 78.

²³ *Op. Cit.* Pág. 52-53

²⁴ Las definiciones aquí citadas son tomadas del manual de ayuda del software EVOLUCION 3.5, desarrollado en la escuela de ingeniería de sistemas de la UIS, por el grupo de investigaciones SIMON.

²⁵ ARACIL, Javier. Dinámica de sistemas. ISDEFE. Madrid 1995. Pág. 82

- **Ciclo de Realimentación positiva:** El ciclo de realimentación positiva es aquel en que la variación de un elemento se propaga a lo largo del bucle, de manera que se refuerza la variación inicial.
- **Ciclo de Realimentación negativa:** El ciclo de realimentación negativa se caracteriza porque la variación de un elemento se transmite a lo largo del bucle de manera que determine una variación que contrarreste la variación original.
- **Elemento:** permite representar cualquier tipo de factor o variable importante para el sistema en estudio. Los Elementos del modelo se encuentran relacionados entre si, permitiendo conocer la estructura del Sistema Dinámico, y son los que pasaran a hacer parte del Diagrama de Flujo-Nivel.
- **Relación de información:** El Diagrama de Influencias contiene relaciones entre los elementos del modelo. La relación de Información es utilizada cuando la información que contiene el valor de una variable tiene efectos sobre otra. esto se representa por una flecha, continua, sencilla de color azul, que va desde el Elemento que ejerce la influencia hacia el Elemento que la recibe.
- **Relación de material:** representa la transmisión de una magnitud física que se conserva, de un Elemento al otro. Se representa por una flecha, continua, sencilla de color negro, que va desde el Elemento que ejerce la influencia hacia el Elemento que la recibe.
- **Diagrama De flujo-nivel:** los elementos que constituyen el diagrama causal se representan por medio de variables, que se clasifican en los tres siguientes grupos: variables de nivel, variables de flujo y variables auxiliares²⁶.
- **Variables nivel:** representa una acumulación de un flujo, ya sea este de material o información.
- **Variables flujo:** Las variables de flujo representan el cambio de estado o variación en las variables nivel con el transcurrir del tiempo.
- **Variables auxiliares:** Una variable auxiliar es una variable que puede usarse para hacer cálculos intermedios. La definición de una variable auxiliar es una función que involucra a todas sus variables de entrada.
- **Parámetro:** Un parámetro es una constante, su valor no cambia en toda la corrida de simulación, no es posible que le lleguen líneas de información. La

²⁶ ARACIL, Javier. Introducción a la Dinámica de sistemas. Alianza editorial. Madrid 1979. Pág. 52.

ecuación de un parámetro sólo se evalúa una vez al principio en toda simulación.

- **No linealidades o tablas:** Una no linealidad se caracteriza por ser definida como un conjunto de puntos que representan una función de una variable.
- **Variable exógena:** Una variable exógena representa el efecto del medio en el sistema, por tanto su evolución es independiente.
- **Retardo:** Elemento que simula retrasos en la transmisión de información o material²⁷.
- **Clones:** El clon es usado para descongestionar visualmente el modelo. Un clon es un elemento visual que aparenta ser otro elemento del diagrama de Flujo-Nivel, este puede diferenciarse de su original porque el borde de este elemento está hecho de líneas punteadas.
- **Variable de valor anterior:** Una variable de "valor anterior" representa internamente un retardo. Para ser más exactos, una variable de "valor anterior", siempre suministra el valor anterior de la información que le llega en el instante t , es decir su valor en $(t - Dt)$.
- **Líneas de información:** Una línea de información simplemente es un canal de interconexión entre dos elementos.
- **Sectores:** Un sector es un elemento meramente visual, su función es hacer que haya diferencia entre componentes, unidades o elementos del modelo. Un sector permite un nombre y una descripción.

²⁷ *Ibíd.* Pág. 57

3. DESARROLLO DEL MODELO

El proceso de modelado con dinámica de sistemas es una aproximación a la teoría y a la realidad. Por lo tanto para estudiar el comportamiento o fenómeno del problema es indispensable hacer ciertas restricciones.

3.1. RESTRICCIONES EN LA MODELACIÓN

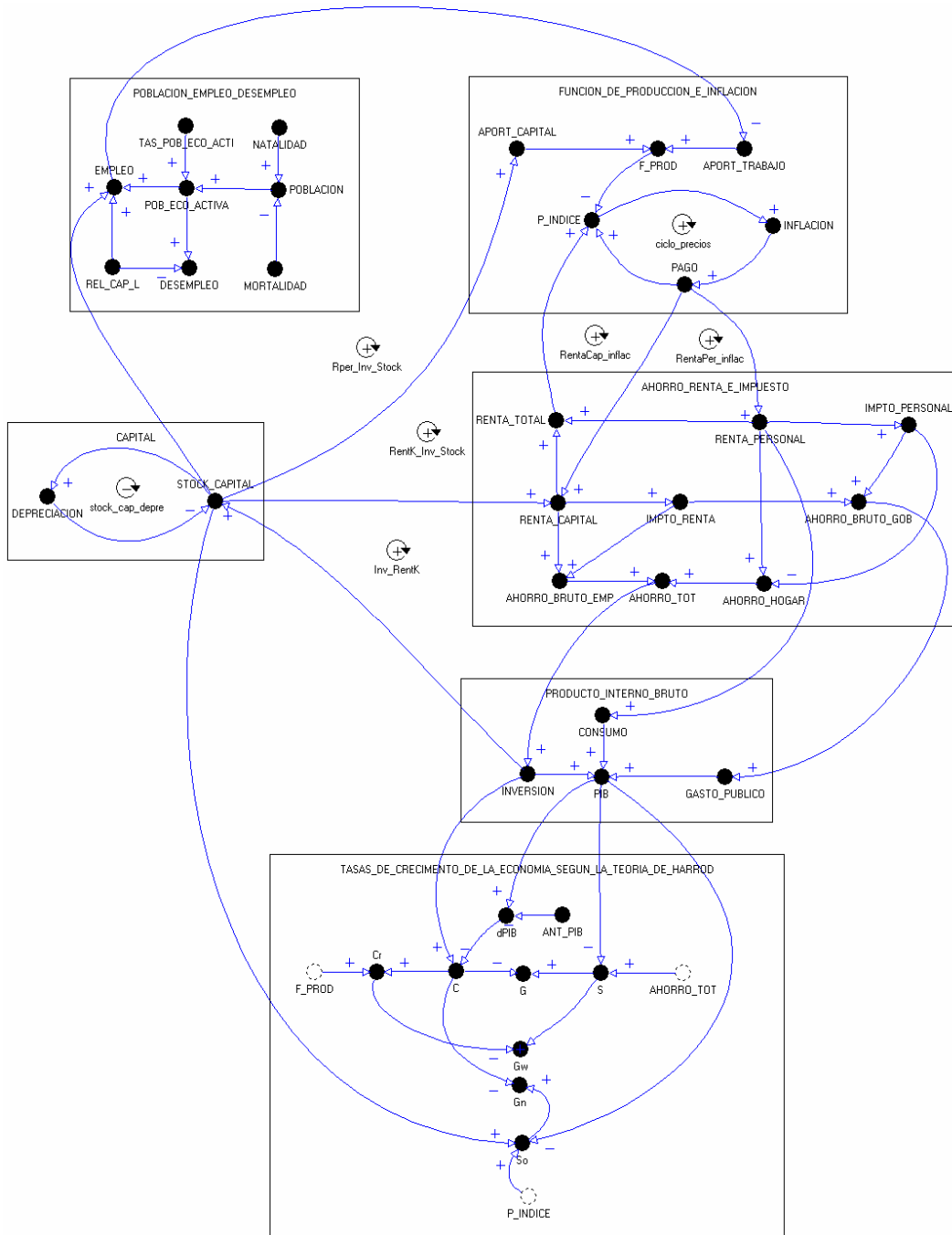
- La economía produce un único bien representativo.
- El precio de este bien varia a causa de la relación entre los ingresos totales de la economía y la cantidad de producción.
- Existen dos factores productivos; capital y trabajo.
- El crecimiento de la población esta determinado en forma exógena. Y la tasa de natalidad y mortalidad no cambian a través del tiempo.
- El modelo funciona como una economía cerrada, sin incorporar el sector externo, de esta manera el crecimiento de la economía es el resultado de la dinámica interna de la misma.
- La producción agregada de la economía esta conformada por tres sectores fundamentales: el consumo, el gasto público y la inversión.
- Cada periodo en la simulación representa un año, además estas se realizan teniendo en cuenta resultados de largo plazo que resultan representativos para observar las tendencias.
- El ahorro es realizado por el sector productivo y los consumidores.
- El crecimiento en Gw se restringe a dos factores fundamentales, el ahorro efectivo y la relación capital producto esperada.
- Dentro de la construcción de los modelos en consideración, el ahorro estatal cumple sólo una función reguladora de la economía y por lo tanto no se tiene en cuenta a la hora de calcular el total de ahorro que el modelo genera. Porque “se debe excluir del ahorro deseado del Estado aquel que se hace para regular la economía y no se haría si no se pretendiera regular de alguna manera la economía”²⁸.
- Se supone que se mantiene el pleno empleo sujeto al inevitable empleo friccional debido a los cambios de ocupación. Ya que “el hombre prefiere el trabajo a la inactividad, siempre y cuando el trabajo no sea tan prolongado que se produzca extrema fatiga”²⁹.

²⁸ HARROD, Roy. Dinámica Económica. Alianza Editorial. Madrid 1979. Pág. 27

²⁹ *Ibíd.* Pág. 31

3.2. DIAGRAMA DE INFLUENCIAS

Gráfica 1. Diagrama de influencias.



Fuente: Autores del proyecto

En el diagrama causal, o de influencias, claramente se expresan las relaciones de causa - efecto y los ciclos de realimentación. También es posible indicar el sentido de cambio que un elemento produce sobre otro y, en consecuencia, es posible señalar cuando un ciclo de realimentación es positivo, amplificador, porque aumenta progresivamente una perturbación inicial del sistema, o negativo, atenuador, ya que modera progresivamente una perturbación inicial del sistema.

3.2.1. Relaciones de influencia. En la gráfica 1 se pueden observar las relaciones de la primera ecuación fundamental de Harrod, La tasa de crecimiento efectiva G se relaciona positivamente con la propensión media al ahorro S y se relaciona negativamente con la relación capital-producto C , es decir un incremento en S tiende a aumentar a G , en tanto que si se presenta un incremento en C se tiende a disminuir G .

La propensión media al ahorro S se relaciona positivamente con el ahorro total $AHORRO_TOT$ y negativamente con el Producto Interno Bruto PIB , o dicho de otra forma incrementos en $AHORRO_TOT$ afectan a S aumentándolo, mientras que incrementos en PIB afectan a S disminuyéndolo.

La relación capital-producto C se relaciona positivamente con el cambio en el capital o inversión $INVERSION$ dado que incrementos en $INVERSION$ provocan aumento en C , en tanto que se relaciona negativamente con la diferencia del PIB actual con el anterior PIB , $dPIB$, ya que incrementos en $dPIB$ provocan disminución en C . La $INVERSION$ presenta una relación positiva con el $AHORRO_TOT$, luego si este último aumenta $INVERSION$ tendrá cambios en el mismo sentido.

$AHORRO_TOT$ se relaciona positivamente tanto con el ahorro bruto de las empresas $AHORRO_BRUTO_EMP$ como con el ahorro de los hogares $AHORRO_HOGAR$, explicado de otra forma se tiene que incrementos tanto en $AHORRO_BRUTO_EMP$ como en $AHORRO_HOGAR$ pueden hacer que $AHORRO_TOT$ ascienda.

También se tiene que $AHORRO_HOGAR$ se relaciona positivamente con la renta personal $RENTA_PERSONAL$ y se relaciona negativamente con el impuesto personal $IMPTO_PERSONAL$, es decir, un incremento en $IMPTO_PERSONAL$ reduce el $AHORRO_HOGAR$ y un incremento en la $RENTA_PERSONAL$ incrementa $AHORRO_HOGAR$.

$AHORRO_BRUTO_EMP$ se relaciona positivamente con la renta del capital $RENTA_CAPITAL$ y se relaciona negativamente con el impuesto a la renta $IMPTO_RENTA$. $IMPTO_RENTA$ esta relacionado positivamente con $RENTA_CAPITAL$.

RENTA_CAPITAL tiene una relación positiva con el stock de capital STOCK_CAPITAL y con el pago a los factores productivos PAGO. En tanto que STOCK_CAPITAL se relaciona en forma positiva con INVERSIÓN, y en forma negativa con la depreciación del capital DEPRECIACIÓN.

PAGO se relaciona positivamente con la inflación INFLACION, que a su vez presenta una relación positiva con el precio índice P_INDICE, este último se relaciona de manera positiva con la renta total RENTA_TOTAL y se relaciona negativamente con la función de producción F_PROD. En tanto que RENTA_TOTAL esta relacionada en forma positiva por RENTA_CAPITAL y RENTA_PERSONAL y finalmente esta última tiene una relación positiva con PAGO.

Si se aprecia la variable F_PROD, se puede ver que esta relacionada positivamente tanto con el aporte del capital APORT_CAPITAL como con el aporte del trabajo APORT_TRABAJO. El APORT_CAPITAL posee una relación positiva con el STOCK_CAPITAL, y de igual forma tiene una relación positiva con el empleo EMPLEO.

La variable EMPLEO se relaciona positivamente con el STOCK_CAPITAL, así como con la relación capital trabajo REL_CAP_L y con la población económicamente activa POB_ECO_ACTIVIA. Por su parte la POB_ECO_ACTIVIA se relaciona de forma positiva con la tasa de población económicamente activa TAS_POB_ECO_ACTI, y con la población POBLACIÓN. Y POBLACIÓN tiene una relación negativa con la mortalidad MORTALIDAD, y positiva con la natalidad NATALIDAD. El desempleo DESEMPLEO posee una relación positiva con POB_ECO_ACTIVIA y negativa con REL_CAP_L.

La tasa de crecimiento justificada G_w , tiene una relación positiva con la propensión media a ahorrar S , y negativa con la relación capital producto requerida C_r , que posee una relación positiva F_PROD y con C . La tasa de crecimiento natural G_n se relaciona negativamente con C y positivamente con la tasa de ahorro socialmente óptima S_o . S_o es relacionada de forma positiva con STOCK_CAPITAL y con P_INDICE, en tanto que es relacionada de forma negativa con PIB.

3.2.2 Ciclos de Realimentación. En el ciclo denominado $R_{per_Inv_Stock}$ se percibe que al aumentar la inversión el stock de capital crece, lo que genera incrementos en la generación de empleos que a su vez aumentan el aporte de los trabajadores a la producción incrementado la función de producción, lo que genera una disminución del precio índice, reduciendo la inflación lo que ocasiona que los pagos descieran y con estos la renta personal y el ahorro de los hogares, disminuyendo el ahorro total y por lo tanto la inversión, al bajar la inversión se reducen los incrementos del stock de capital y se inicia nuevamente el ciclo.

En el ciclo RentK_Inv_Stock de realimentación positiva al aumentar la renta de capital necesariamente incrementa el ahorro bruto de las empresas, el ahorro total, la Inversión, el Stock de capital, el aporte del capital y la función de producción lo que genera una disminución del precio índice, aminorando la inflación propiciando que los pagos caigan y finalmente disminuye la Renta de capital y comienza nuevamente el ciclo.

Se advierte en el ciclo RentaCap_inflac que al aumentar la renta de capital se generan incrementos en la renta total lo que hace que se eleve el precio índice, luego aumenta la inflación y los pagos y empieza nuevamente el ciclo incrementando la Renta de Capital.

En el ciclo RentaPer_inflac un incremento en la renta de las personas induce crecimiento en la renta total, entonces aumenta el precio índice, la inflación, el pago y en consecuencia también la renta de las personas y reinicia el ciclo.

Dentro del ciclo_precios un alza del precio índice produce incrementos en la inflación que se transmiten a los pagos realizados a los medios de capital y a los trabajadores, generando alzas en el precio índice reforzando el ciclo.

Se aprecia en el ciclo Inv_RentK que incrementos en la inversión hacen que el Stock de capital aumente y en consecuencia también la renta de capital, el ahorro bruto de las empresas, el ahorro total y nuevamente la inversión.

Por ultimo, en el ciclo stock_cap_depre si el stock de capital sube induce a que la depreciación crezca generando decrecimiento en el stock de capital disponible para producir.

3.3. MODELOS

La construcción de los modelos y su correspondiente simulación y estudio por medio de la dinámica de sistemas, se hace en forma progresiva en cuanto a su complejidad, representada por la incorporación sucesiva de variables, que agregan continuamente nuevos comportamientos que se suman a los ya representados.

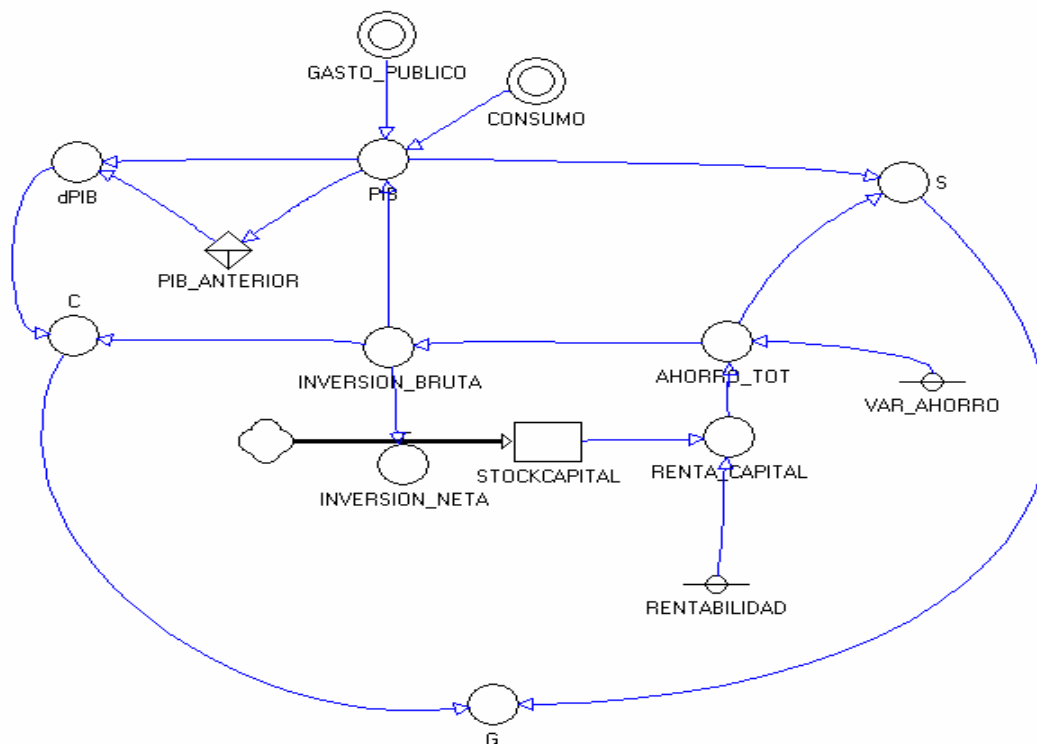
3.3.1. Modelo “Tasa de crecimiento efectivo G determinada por la Inversión”.

En este modelo se plantea una tasa de crecimiento efectivo G que esta determinada por una propensión media al ahorro S y una relación capital - producto C. Harrod sigue el supuesto keynesiano³⁰ de que el ahorro y la inversión

³⁰ GALINDO, Miguel Ángel; MALGESINI, Graciela. Crecimiento económico, principales teorías desde Keynes. McGraw Hill. Madrid, 1994.

tienden a ser iguales, lo cual implica que la tasa de crecimiento es igual a la relación entre la propensión media al ahorro S y la relación capital-producto (C).

Gráfica 2. Tasa de crecimiento efectivo G determinada por la Inversión

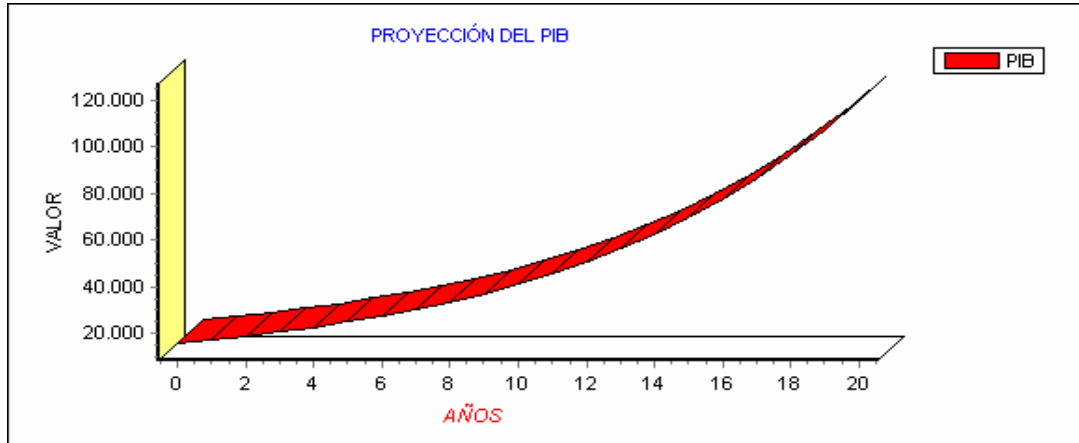


Fuente: Autores del proyecto

Para este prototipo se centra la atención en C porque esta se afecta por las variaciones del PIB y las variaciones en el capital (Inversión). Es bien sabido que en una economía cerrada el PIB³¹ se obtiene de la sumatoria del Gasto Público, el consumo y la inversión. Para este prototipo tanto el Gasto Público como el Consumo fueron tomados como variables exógenas ya que se le da importancia solo a la variable fundamental que determina el crecimiento de la economía según Harrod, y esta es el Ahorro-Inversión. Dicha inversión esta siendo afectada por el ahorro que a su vez depende de la renta del capital.

³¹ Para una economía abierta $PIB = Consumo + Inversión + Gasto Público + (Exportaciones - Importaciones)$

Gráfica 3. Proyección del PIB

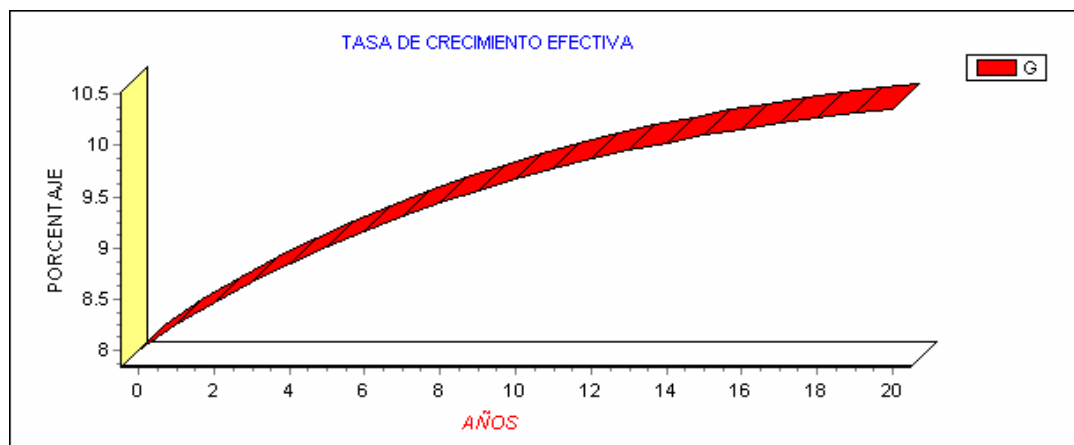


Fuente: Autores del proyecto

Como se puede observar en la gráfica 3 el PIB se va incrementando periodo tras periodo. Tal dinámica de crecimiento es resultado del incremento en la inversión y como consecuencia también del Stock de capital, lo que genera que la renta de capital se eleve. En este prototipo y según la teoría de Harrod el ahorro total es afectado por la variación del ahorro y la renta de capital, al obtenerse una mayor renta es evidente que el ahorro crezca y por lo tanto con el crecerá también la inversión, haciendo que el PIB se incremente de forma continua y en consecuencia también se noten variaciones en G .

Adicionalmente, en este prototipo no se presenta ningún tipo de obstáculo que frene el ascenso de la economía ya que no se tiene en cuenta la depreciación del stock de capital; se plantea una rentabilidad del capital constante y un porcentaje de ahorro estable, por lo cual se observa un crecimiento en G de tipo exponencial, que se tiende a estabilizar a medida que avanzan los periodos de simulación, como se puede apreciar en la gráfica 4.

Gráfica 4. Tasa de crecimiento efectiva

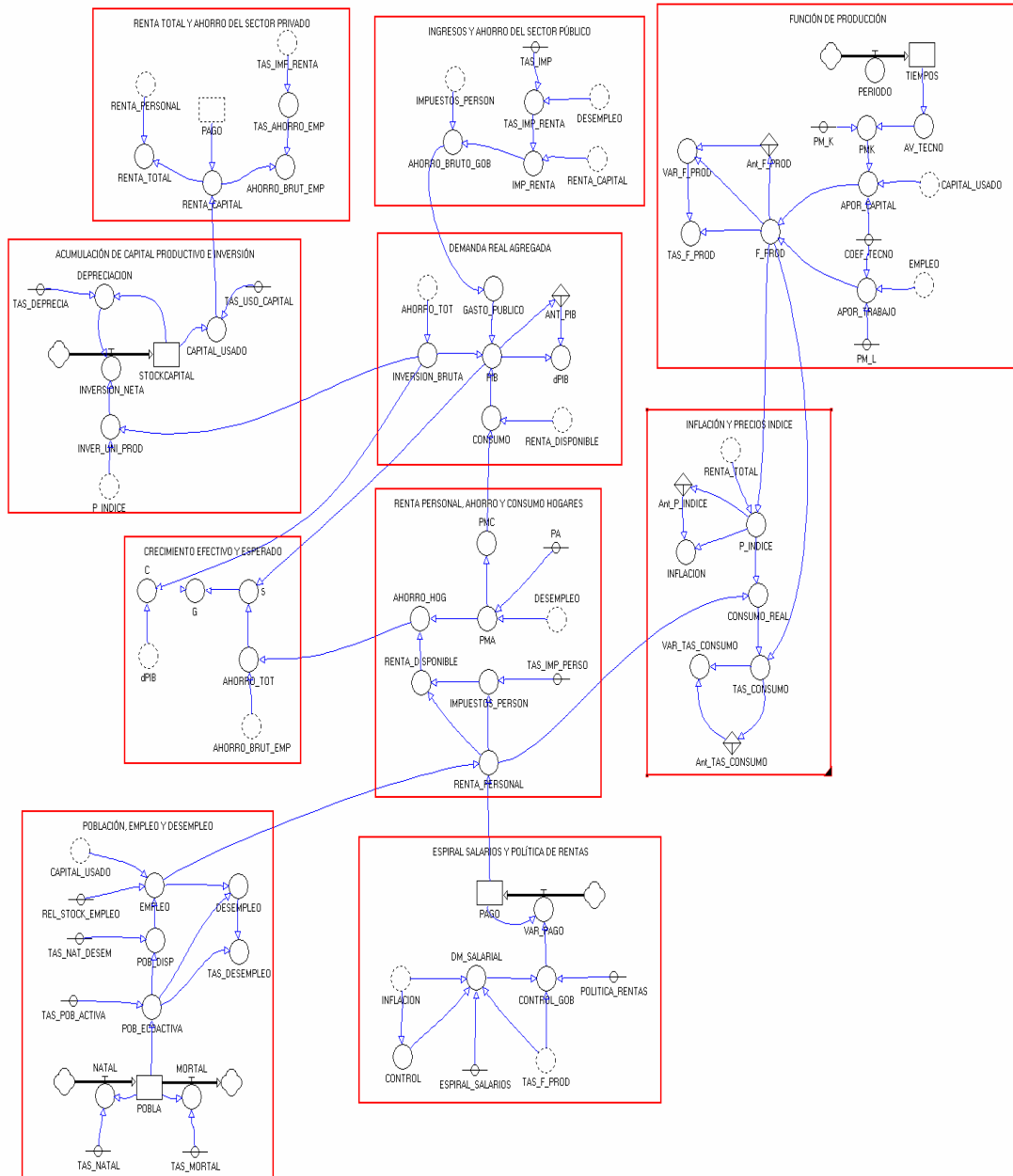


Fuente: Autores del proyecto

La forma tradicional de hallar la tasa de crecimiento efectiva G es calculando la variación porcentual del PIB del periodo actual con respecto al PIB del periodo inmediatamente anterior, es decir, $\frac{PIB_t - PIB_{t-1}}{PIB_t}$, en este caso se obtuvo G de la relación entre la propensión media al ahorro S y la relación capital producto C , de esta manera se puede ver que mientras se siga el supuesto cualquiera de las dos formas de hallar G arrojan resultados equivalentes.

3.3.2. Modelo “Tasa de Crecimiento Efectiva Ampliado”:

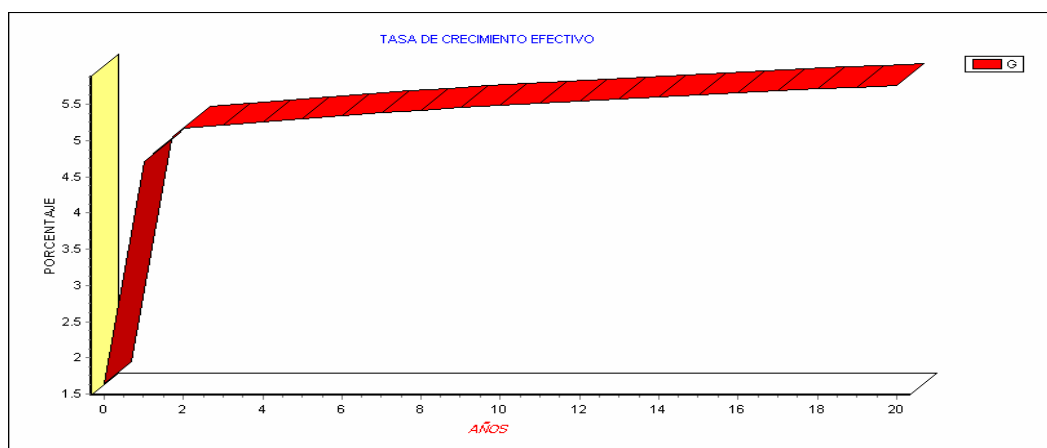
Gráfica 5. Tasa De Crecimiento Efectiva Ampliado



Fuente: Autores del proyecto

G es una tasa de crecimiento por unidad de tiempo, donde S es la fracción que se va a ahorrar del PIB y C es el capital acumulado en esa misma unidad de tiempo dividido por el incremento de bienes producido en este lapso. La ecuación, $G = S/C$ es una versión dinamizada del hecho de que la inversión es siempre y necesariamente igual al ahorro³².

Gráfica 6. Tasa de Crecimiento efectiva ampliada



Fuente: Autores del proyecto

En el modelo se observa, que sí se mantiene la tendencia a crecer de la inversión = ahorro y se mantienen los supuestos de la teoría de Harrod, el crecimiento efectivo G presentara un crecimiento constante (ver gráfica 6), siempre y cuando las condiciones fundamentales de la economía no cambien, es decir, los agregados del PIB mantengan una tendencia de crecimiento. Lo cual se refleja en la trayectoria de crecimiento que posee el PIB, como se observa en el anexo A.

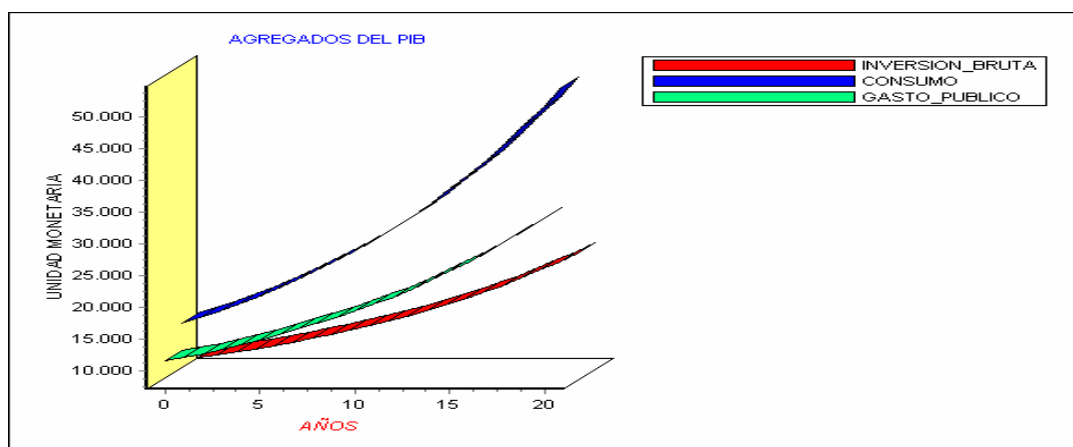
Adicionalmente, se tiene que al seguir los determinantes del crecimiento de Harrod, si la relación capital-producto C se reduce como en el anexo C, y la propensión media a ahorrar permanece relativamente estable anexo B, se experimenta un crecimiento de la economía, resultado del considerable ahorro realizado que se traduce en una inversión creciente, y un aumento del PIB, que supera el incremento que estas dos variables mostraron.

En la gráfica 7 que se ve a continuación se puede apreciar a la inversión bruta manteniendo una tendencia de crecimiento influenciada por el incremento en el monto del ahorro total que se genera periodo tras periodo en el proceso de

³² HARROD, Roy. Dinámica Económica. Alianza Editorial. Madrid 1979, Pág. 27

simulación. También se percibe al consumo con una tendencia similar a la inversión bruta, debido a los incrementos constantes en la renta disponible de los hogares, propiciado por los incrementos en el empleo que se eleva gracias al aumento de la inversión, y por ende del stock de capital. Por último también se tiene al gasto público, que mantiene la misma tendencia al alza, ya que el presupuesto para este depende del recaudo de impuestos a la renta personal y la renta de capital.

Gráfica 7. Agregados del PIB modelo ampliado

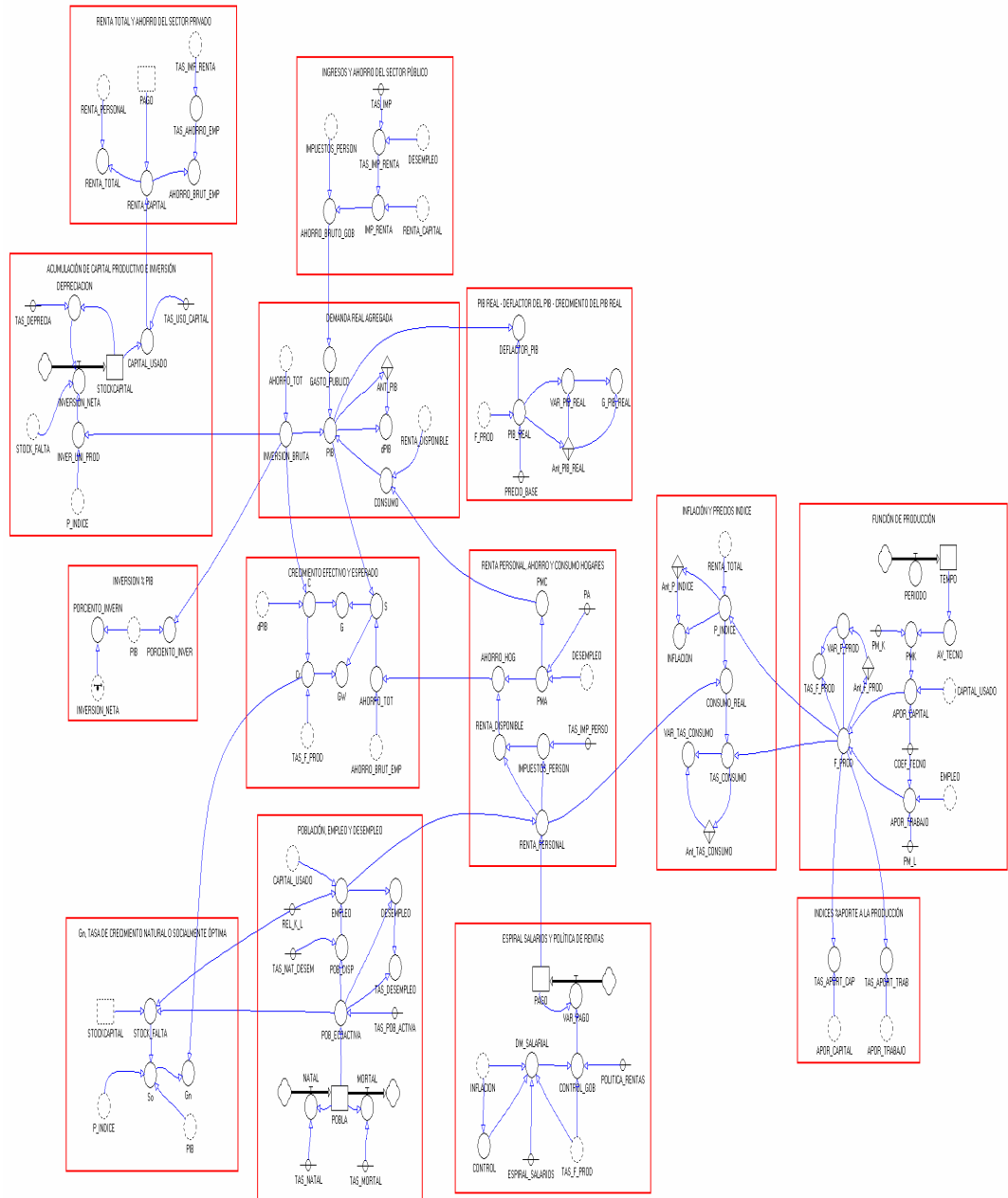


Fuente: Autores del proyecto

En lo referente al empleo, en los anexos D y E se advierte como al mantenerse un crecimiento sostenido de la economía, la tasa de desempleo permanece prácticamente invariable gracias a la demanda creciente de trabajadores, propiciada por la inversión y el aumento de los bienes de capital. Aun cuando no se alcanza un estado de pleno empleo debido al incesante crecimiento poblacional que implica la existencia de un mayor número de personas en condiciones de trabajar y la existencia de una tasa de desempleo natural.

3.3.3. Modelo de la teoría económica dinámica de Harrod. (Macrodinámica):

Gráfica 8. Modelo de la teoría económica dinámica de Harrod



En este modelo además de ver la tasa de crecimiento efectiva G , se pueden apreciar la tasa de crecimiento justificado Gw y la tasa de crecimiento socialmente óptima Gn .

La segunda ecuación fundamental de Harrod constituye la tasa de crecimiento justificada G_w , que hace referencia al ritmo de crecimiento al que se espera crezca la economía. El crecimiento justificado se halla en función de S_d en el numerador, esto es la fracción de la renta que equivale al ahorro que el público³³ esta “dispuesto a realizar”, como “el ahorro es siempre y necesariamente igual a la inversión”³⁴, el ahorro deseado (S_d) equivale al ahorro efectivo (S). En el denominador se encuentra C_r que es el coeficiente del stock de capital requerido por las empresas teniendo en cuenta el crecimiento planeado de la renta, entonces dicha ecuación se formula así: $G_w = S / C_r$ ³⁵.

La tercera ecuación fundamental se representa por G_n la tasa de crecimiento socialmente óptima, formulada así: S_o / C_r ³⁶. S_o actúa como el ahorro socialmente óptimo, que es el ahorro necesario para alcanzar el pleno empleo de la población económicamente activa, es decir, de la población en edad para trabajar.

“Al describir el primero de los dos determinantes del crecimiento óptimo, se ha supuesto que el aumento o disminución del número de personas en edad laboral viene dado exógenamente; “Naturalmente, se supone que se mantiene el pleno empleo sujeto al inevitable empleo friccional debido a los cambios de ocupación. Cabe probablemente decir que, en principio, el hombre prefiere el trabajo a la inactividad, siempre y cuando el trabajo no sea tan prolongado que se produzca extrema fatiga”³⁷.

So resulta entonces de la relación entre el stock faltante y el PIB. El stock faltante es igual al monto de inversión necesaria para alcanzar el pleno empleo, ya que la inversión equivale a nuevas unidad de stock de capital.

Para que la economía este en equilibrio de pleno empleo tienen que converger las tres tasas de crecimiento $G = G_w = G_n$. Para esto, primero deben igualarse la tasa de crecimiento efectivo G con la tasa de crecimiento justificado G_w ³⁸ para que los empresarios estén conformes con la situación y lleven a cabo las inversiones necesarias, cualquier desviación que se produzca de dicha trayectoria dará lugar a desviaciones cada vez mayores de la misma en lugar de acercamientos. Y para alcanzar la tasa de crecimiento natural de pleno empleo G_n , es necesario que esta

³³ El público esta constituido por las personas, las empresas y el estado; “pero se debe excluir del ahorro deseado del estado aquel que se hace para regular la economía y no se haría si no se pretendiera regular de alguna manera la economía.

³⁴ HARROD, Roy. Dinámica Económica. Alianza Editorial. Madrid 1979. Pág. 175

³⁵ *Ibíd.* Pág. 27

³⁶ *Ibíd.* Pág. 37

³⁷ *Ibíd.* Pág. 31

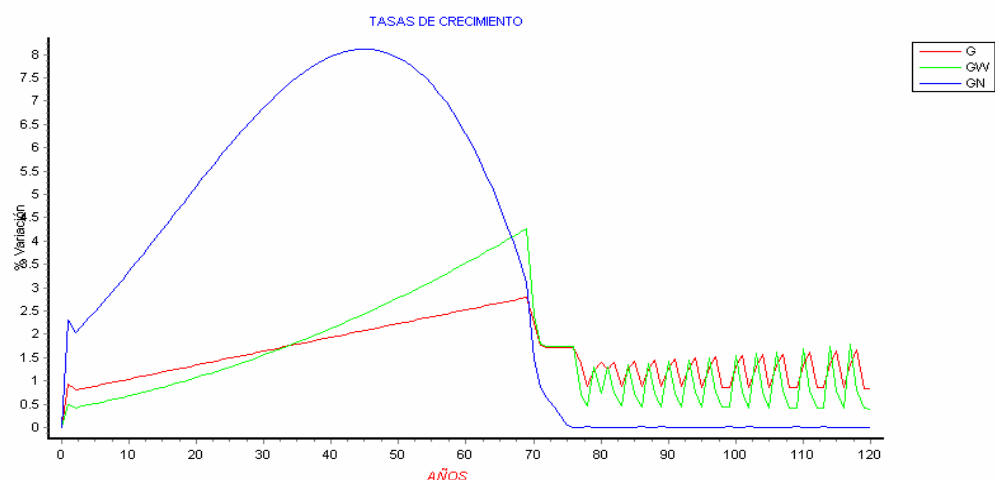
³⁸ GALINDO, Miguel Ángel; MALGESINI, Graciela. Crecimiento económico, principales teorías desde Keynes. McGraw Hill. Madrid, 1994.

sea igual a la tasa de crecimiento efectiva G , que a su vez debe ser igual a la tasa de crecimiento justificado G_w .

Por lo anterior, la consideración de una tasa de crecimiento de equilibrio no existe, ya que esto implica que las decisiones que se han tomado durante un periodo se repetirán de forma similar en el siguiente periodo, lo cual no sucede por las peculiaridades y errores que cometen las personas y los diferentes sectores comerciales.

Además, aunque sus decisiones hallan sido las justas en cuanto al ritmo de pedidos o de productos puede que cambie para el siguiente periodo el ritmo al que los hizo, sea motivado por una perspectiva pesimista o entusiasta de la situación que espera al siguiente periodo, lo cual es resultado de lo que Keynes llamo "animal spirits" del empresario típico³⁹. Aunque en un momento pueden converger las tres tasas de crecimiento, según Harrod en una economía *laissez faire* no existe un mecanismo que asegure la convergencia de las diferentes tasas de crecimiento.

Gráfica 9. Tasas de crecimiento Modelo Ampliado



Fuente: Autores del proyecto

En la gráfica 9 se observa como hasta el periodo setenta de la simulación la tasa de crecimiento efectivo G mantiene un crecimiento acelerado, que es posible por la existencia de mano de obra desocupada que es absorbida por el crecimiento en el stock de capital gracias a la tendencia creciente de la inversión. Las tasas de

³⁹ Op. Cit. Dinámica Económica. Alianza Editorial. Madrid 1979. Pág. 30

crecimiento continuo de la economía por encima del aumento de la población conllevan a una reducción gradual del desempleo, que se refleja en la necesidad de un crecimiento socialmente óptimo G_n , gradualmente inferior.

A partir del periodo setenta la escasez de mano de obra influye sobre el desempeño del crecimiento efectivo G , ya que rompe la tendencia continua de crecimiento para llevarla a un comportamiento oscilatorio. Un mayor crecimiento de la economía a partir de este punto, solo es posible en la medida que nuevamente exista la posibilidad de emplear más personas.

El crecimiento justificado G_w presenta una tendencia de crecimiento similar a la tasa de crecimiento efectiva dado que la relación capital producto requerida esta cayendo y hace que G_w crezca. Entre el periodo treinta y treinta y cinco G y G_w se igualan, a partir de este punto G_w supera a G hasta el periodo setenta y seis, hasta este punto la expectativa de crecimiento supera el crecimiento efectivo registrado.

A partir del periodo sesenta y nueve cambia la tendencia de crecimiento del crecimiento justificado y comienza a descender, como resultado de la caída en el ritmo de producción, por la escasez en la mano de obra y la consecuente reducción en la necesidad de nuevo capital fijo. Y en adelante se experimenta una tendencia cíclica.

Desde el periodo setenta y ocho en adelante se experimenta una tendencia cíclica, esto sucede porque si la expectativa de crecimiento lleva el mismo ritmo que el crecimiento efectivo, las personas reducen los pedidos lo que genera una caída tanto en el crecimiento efectivo como en el crecimiento justificado. Así mismo, al poseer igual comportamiento de caída, las personas incrementan sus pedidos haciendo que ambas tasas crezcan y sucesivamente se generan oscilaciones o ciclos de crecimiento.

En cuanto a G_n , se puede observar que en un comienzo muestra una tendencia creciente y además supera por un gran margen tanto a G como a G_w . Este resultado es consecuencia de la aceleración del desempleo, es decir, dado que existe un incremento en el porcentaje de la población económicamente activa que se encuentra cesante, por lo tanto la identidad ahorro - inversión que hace falta para emplearlas esta creciendo lo que genera que G_n aumente hasta el periodo cuarenta y cinco.

En este periodo la relación entre el ahorro óptimo y la relación capital producto requerido C_r se reduce; como resultado del descenso en los requerimientos de ahorro socialmente óptimo. La economía mantiene un crecimiento sostenido, que hace que a medida que avanza la simulación se acumule un mayor stock de capital, lo que implica una menor necesidad de inversión para emplear a toda la

población económicamente activa. Por lo tanto, se observa como el crecimiento natural G_n se reduce.

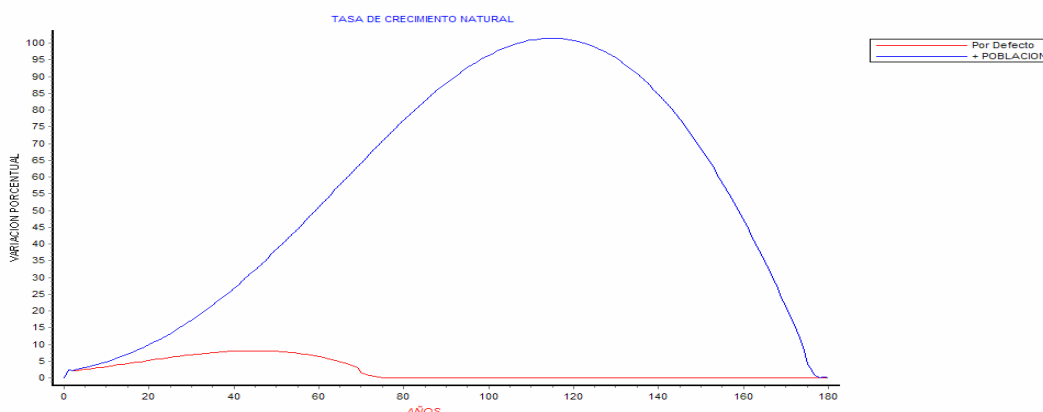
“No parece probable que el potencial de oferta de la economía G_n pueda acelerarse indefinidamente con el tiempo”⁴⁰. A medida que se acerca al pleno empleo el volumen de ahorro continua reduciéndose, por lo cual se observa como el crecimiento natural G_n presenta un marcado descenso a partir del periodo cincuenta, hasta llegar a una tasa reducida cuando se ha alcanzado el pleno de la población económicamente activa⁴¹.

3.3.4. Pruebas con escenarios:

3.3.4.1. Primer escenario: Una Economía con una mayor tasa de natalidad:

En este primer escenario se presenta un mayor crecimiento poblacional que en el modelo original, o como también se podría denominar escenario por defecto. En la gráfica 10 se puede ver la influencia que ejerce la población en la tasa de crecimiento natural, es decir, al acelerarse el crecimiento de la población económicamente activa, siendo esta determinante de G_n , se requiere elevar el crecimiento económico por un periodo mas prolongado para alcanzar el óptimo social del pleno empleo. (Ver anexo K)

Gráfica 10. Tasa de crecimiento natural con más natalidad



Fuente: Autores del proyecto

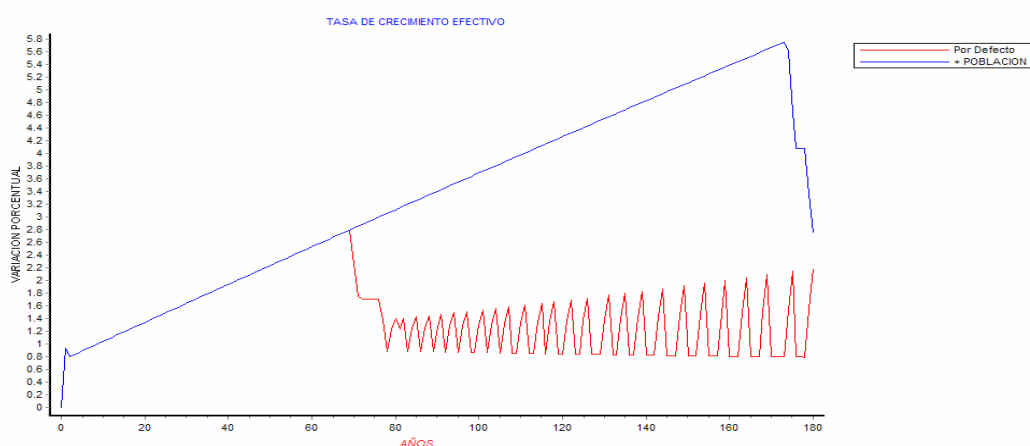
⁴⁰ Ibíd. Pág. 40

⁴¹ Excluyendo únicamente a aquellos que no son absorbidos por una situación de desempleo friccional o lo que en el modelo se considera tasa natural de desempleo.

Como se exige un mayor crecimiento natural para alcanzar el pleno empleo, la economía, mantiene un crecimiento efectivo continuo durante un periodo más largo, que en el escenario por defecto (Gráfica 11).

Esto sucede porque hay una amplia disponibilidad de personas para trabajar, lo que hace necesario incrementar la producción para generar más empleo y cubrir la demanda; y es posible una mayor expansión en el stock de capital que emplee la mayor afluencia de la población dispuesta a trabajar.

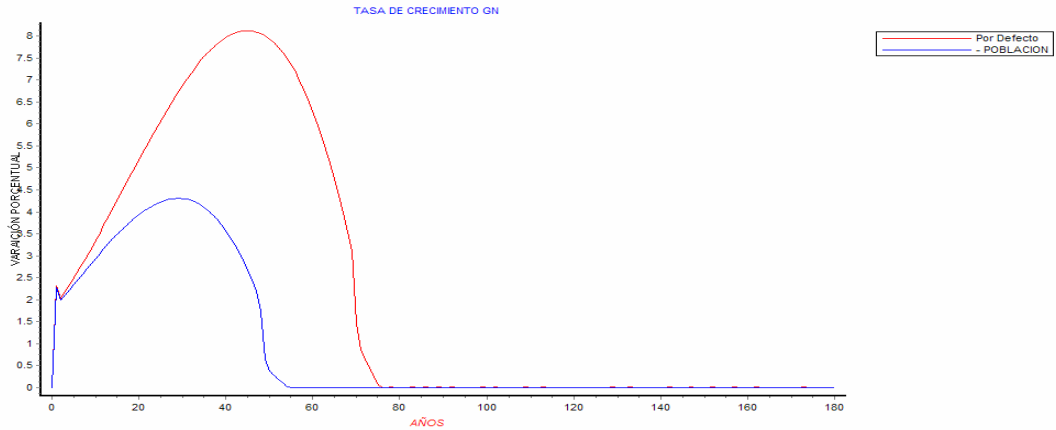
Gráfica 11. Tasa de crecimiento efectivo con más natalidad



Fuente: Autores del proyecto

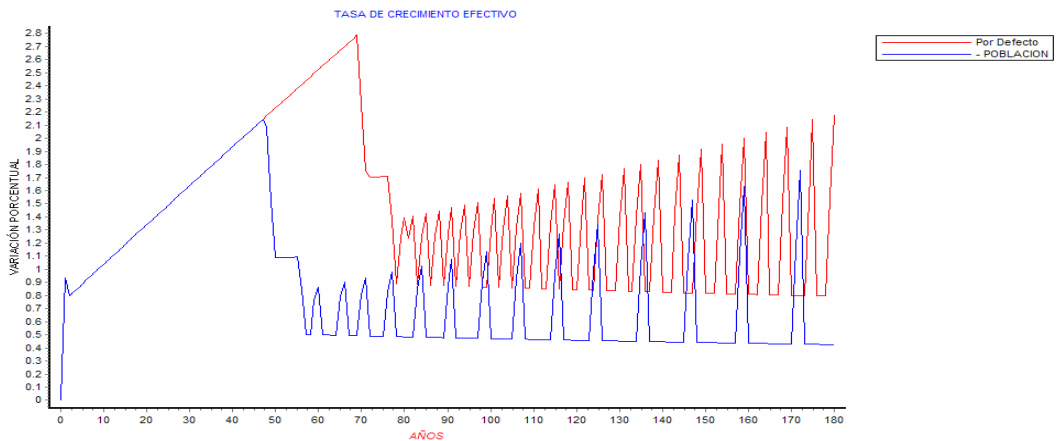
3.3.4.2. Segundo escenario: Una economía con una mayor tasa de mortalidad. En este escenario el crecimiento poblacional se reduce, por una mayor tasa de mortalidad. En la gráfica 3.10 se advierte que la tasa de crecimiento natural G_n es mucho más reducida que en el modelo por defecto. Dado que G_n depende de la población económicamente activa, es necesaria una menor tasa de ahorro óptimo S_o , y desde luego hace falta menos inversión en stock de capital. Con menos población el objetivo de pleno empleo se logra alcanzar en un lapso más corto, y con menores tasas del crecimiento efectivo G , como se observa en la gráfica 12. (Ver anexo L)

Gráfica 12. Tasa natural de Crecimiento con más mortalidad



Fuente: Autores del proyecto

Gráfica 13. Tasa de crecimiento efectivo con más mortalidad

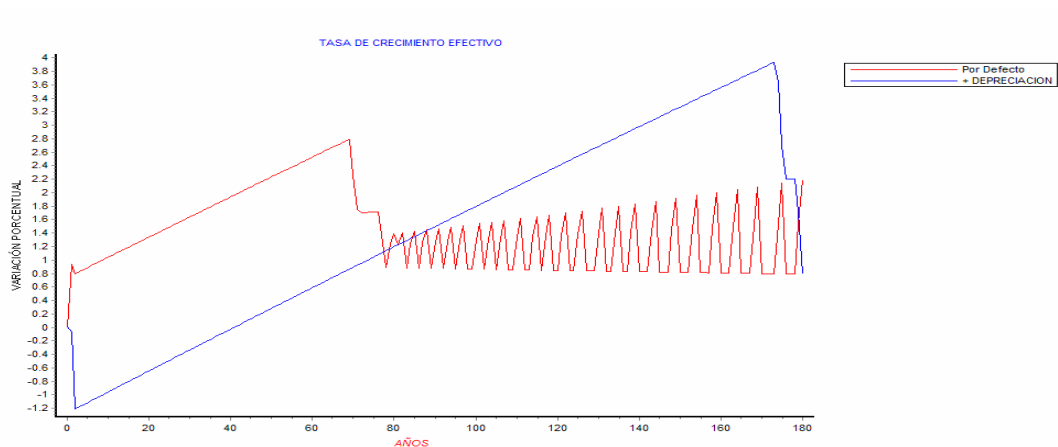


Fuente: Autores del proyecto

3.3.4.3. Tercer escenario: Una Economía con una mayor tasa de depreciación sobre el capital fijo. En este modelo se incremento la tasa de depreciación del capital, condición que afecta al stock de capital reduciéndolo, lo que genera que el PIB en este escenario sea menor que el PIB en el escenario por defecto. Los requerimientos de inversión son superiores para alcanzar a cubrir el mayor desgaste que sufre el stock de capital, por lo cual en los primeros periodos de la simulación el crecimiento efectivo es inferior, al presentado en el modelo por defecto.

Durante los primeros periodos la inversión registrada esta dirigida a restablecer las pérdidas en el capital, cuando los montos de inversión superan la depreciación registrada, el crecimiento se incrementa hasta alcanzar un límite a su tendencia de crecimiento, establecido por la población disponible para ser empleada en la producción. (Ver anexo M)

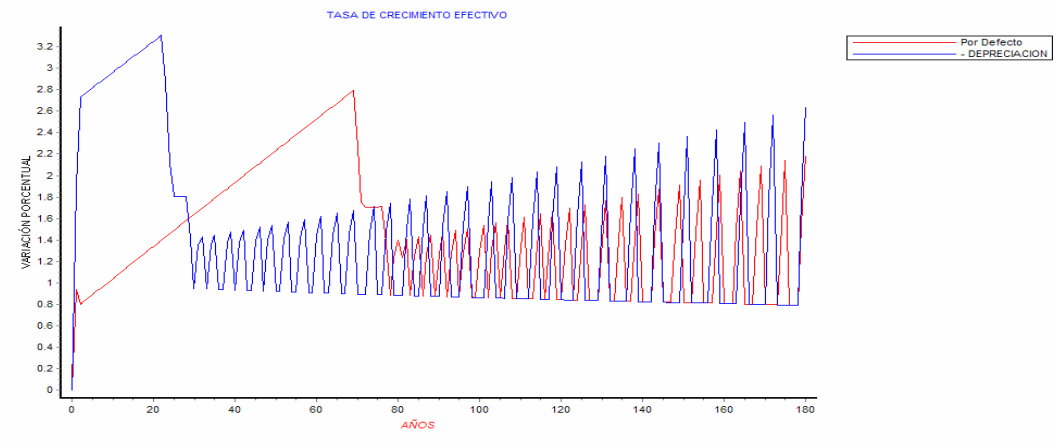
Gráfica 14. Tasa de crecimiento efectivo con más depreciación



Fuente: Autores del proyecto

3.3.4.4. Cuarto escenario: Una Economía con una menor tasa de depreciación sobre el capital fijo. Con la presencia de una menor tasa de depreciación sobre el capital, la tasa de crecimiento efectivo experimenta una pendiente superior, ya que una proporción mayor de la inversión que se realiza cada periodo, puede ser empleada para la creación de nuevo capital productivo, que se agrega al existente para generar crecimientos superiores en el ritmo de producción. De esta manera, el crecimiento óptimo G_n , es inferior y se logra absorber la mano de obra desempleada en un número inferior de periodos, porque la tasa de crecimiento efectivo es más elevada, que en el modelo original o por defecto. (Ver anexo N)

Gráfica 15. Tasa de crecimiento efectivo con menos depreciación



RECOMENDACIONES

El uso de la dinámica de sistemas a nivel internacional para el estudio de problemas económicos ha tenido una amplia aceptación, como una forma de abordar y mejorar la comprensión de distintos fenómenos relacionados con la economía. Partiendo de estos se aprecia recomendable un acercamiento de la ciencia económica con el paradigma de la dinámica de sistemas a nivel institucional en la UIS, no sólo de parte de los estudiantes, sino también de los profesores.

La invitación es a no dejar perder los diferentes proyectos de grado que han abordado el estudio de diferentes problemas y teorías económicas, como opción de consulta para abordar el estudio de alguna de las teorías que en particular se han abordado, o como guías de trabajo para estimular la realización de nuevos proyectos de grado que aborden la economía a partir de la perspectiva de la teoría general de sistemas.

Por lo tanto se recomienda el uso de la dinámica de sistemas como herramienta de aprendizaje de los modelos de economía dinámica, dado que se relacionan las distintas variables que actúan en la economía y se pueden modificar las condiciones del modelo (escenarios), haciendo visibles las consecuencias de dichos cambios si se conserva la estructura del modelo.

En síntesis se exhorta a indagar más allá de lo que se puede observar en “economía dinámica del modelo de crecimiento de harrod planteada con dinámica de sistemas” para mejorar la comprensión de la dinámica de la economía y para incluir más variables y cambiar condiciones.

CONCLUSIONES

El uso del lenguaje de dinámica de sistemas permitió recrear la teoría de Harrod, haciendo comprensible las ecuaciones fundamentales y sus determinantes, además se pudo verificar condiciones de la formulación del autor, lo cual muestra la utilidad de la aplicación de la dinámica de sistemas para recrear modelos económicos.

Con la construcción y simulación por medio de la dinámica de sistemas se pudo confirmar el hecho de que las tres ecuaciones fundamentales de Harrod no son iguales, como lo expresa el autor, en su "Dinámica económica", a no ser que exista una coincidencia o un mecanismo externo que pueda acercarlas. Pero la realidad es que los gustos y expectativas cambian constantemente, lo que hace imposible mantener una relación de igualdad entre G , G_w y G_n .

Con el modelo de Dinámica de Sistemas, se puede constatar la afirmación que realiza Harrod acerca de que la única alternativa que queda para alcanzar una evolución equilibrada del crecimiento efectivo G , el crecimiento deseado G_w y el crecimiento natural G_n , es a través del establecimiento de políticas económicas y sociales, que dirigidas en forma específica hacia las variables que influyen sobre estas tasas, logren la convergencia de las tres y establezcan así un equilibrio. Además el establecimiento de las políticas que corrigen la senda de crecimiento es una labor casuística, dado el amplio espectro de opciones que se pueden adoptar, y las particularidades que suele adoptar cada economía.

Además de las afirmaciones de Harrod, que se verificaron por medio del empleo de la dinámica de sistemas, las simulaciones permiten formular afirmaciones que Harrod no hace explícitamente, como el hecho de que en una economía, en la que se siguen los supuestos Harrodianos inspirados en Keynes, se podría llegar al pleno empleo de la población dispuesta a trabajar, exceptuando a aquellos que por razones como el desempleo friccional no encuentran vacantes; de este modo siempre existirá una tasa natural de desempleo.

Otra situación que es observable, al recrear con Dinámica de sistemas la teoría de Harrod, es la influencia que la dinámica poblacional ejerce en el crecimiento de la economía; esta resulta ser una variable fundamental a la hora de estudiar el comportamiento del modelo de economía dinámica, por la fuerte influencia sobre la necesidad de nueva inversión y sus efectos sobre la producción.

Los autores de este proyecto de grado, que incorpora al estudio de la economía el uso de la teoría de la dinámica de sistemas como elemento novedoso y que abre nuevas perspectivas de análisis, pueden afirmar que mediante el uso de este

lenguaje–paradigma, se pudo alcanzar con mayor claridad y profundidad el estudio de la dinámica económica que plantea Harrod.

Con los diferentes lenguajes de la dinámica de sistemas, se logró una visión de conjunto de los diferentes componentes de la estructura teórica de Harrod y ver como cada uno de éstos interactúa con los demás. Con las simulaciones se pudo observar los resultados que la teoría ofrece cuando se ha logrado integrar. Por el contrario, cuando se abordó el análisis de Harrod, en las primeras instancias de la elaboración de la tesis, con la ausencia de la visión dinámico-sistémica, no se vislumbraron los resultados y conclusiones obtenidos con la visión integrada. Lo anterior, permite afirmar que resulta de particular utilidad pedagógica y científica la aplicación de la dinámica de sistemas al campo de la economía.

BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO, Celso; PARRA, Jorge Andrick. Propuesta de un modelo económico de la producción de panela bajo un enfoque sistémico. Tesis de pregrado en ingeniería de sistemas. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 1997.

ANDRADE, Hugo, et al. II encuentro de dinámica de sistemas, Dinámica de sistemas y econometría: En la búsqueda de posibilidades o imposibilidades de reconocimiento a partir de la reflexión de una experiencia en economía. UIS. Bucaramanga, 2000.

ANDRADE, Hugo. Pensamiento sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2001.

ANDRADE, Hugo; y autores varios del grupo SIMON. Introducción a la dinámica de sistemas - Enfatizando Procesos, Investigación y Aprendizaje. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Pág. 78.

ARACIL, Javier. Dinámica de sistemas. ISDEFE. Madrid 1995.

ARACIL, Javier. Introducción a la Dinámica de sistemas. Alianza editorial. Madrid 1979.

ATKINSON, Glen. System Dynamics Review. Volumen 20. # 4 (Winter 2004) Pág. 275 – 286.

BERTALANFFY, Ludwig Von. Teoría general de los sistemas. Fondo de cultura económica. Bogotá 1994.

CARDONA ACEVEDO, Marlene; ZULUAGA DIAZ, Francisco; CANO GAMBOA, Carlos Andrés; GÓMEZ ALVIS, Carolina. Diferencias y similitudes en las teorías del crecimiento económico. www.eumed.net

DORNBUSCH, Rudiger; FISCHER, Stanley. Macroeconomía. McGraw Hill. Madrid, 2000.

GALINDO, Miguel Ángel; MALGESINI, Graciela. Crecimiento económico, principales teorías desde Keynes. McGraw Hill. Madrid, 1994.

GONZALEZ, Jorge Eduardo; RODRIGUEZ, Julio Cesar. Propuesta de un modelo de simulación del cultivo de la caña panelera bajo el enfoque sistémico.

Tesis de pregrado en Ingeniería de sistemas. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1997.

HARROD, Roy. Dinámica Económica. Alianza Editorial. Madrid 1979.

JAIME, Ricardo Vicente; MEJÍA, Jaime Daniel. Herramienta informática para la comprensión y experimentación de fenómenos económicos. Tesis de pregrado en ingeniería de sistemas. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 1997.

KEYNES, John. Breve tratado sobre la reforma monetaria. F. C. E. 1992. México.

LORA, Eduardo; OCAMPO, José; STEINER, Roberto. Introducción a la macroeconomía colombiana. Tercer mundo editores. Bogotá, 2000.

LEON, Augusto; SARMIENTO, Silvia. Perspectiva Dinámico sistémica del modelo Ricardiano. Proyecto de Grado para optar al título de Economista. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2005.

LIZCANO DALLOS, Adriana y PINEDA BALLESTEROS, Eliécer. Micro mundo para el estudio del modelo del ciclo económico de Adam Smith, un enfoque sistémico. Trabajo de grado para optar el título de ingeniero de sistemas. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2000.

MANKIWI, Gregory. Macroeconomía. Antoni Bosch editor. Barcelona, 2000.

MASSIA, José; SOTELO, Justo; ALGARRA, Ángel; CONDE, José; CACERES, Juan. Introducción a la macroeconomía. Esic editorial. Madrid, 1997.

MARTÍNEZ, Silvio; REQUENA, Alberto. Alianza Editorial. Madrid, 1986.

MEADOWS, Donella; MEADOWS, Dennis; RANDERS, Jorgen; BEHRENS III, William. Los límites del crecimiento, Informe al club de Roma sobre el Predicamento de la humanidad. Fondo de cultura económica. México 1972.

MORENO, Luís; DYNER, Isaac; ZAPATA, Gloria. Modelamiento para evaluación de políticas de empleo en Colombia. Memorias del encuentro nacional de dinámica de sistemas 2003.

OLIVA, Rogelio; STERMAN, Jhon D.; GIESE, Martin. System Dynamics Review. Volumen 19. # 2 (Summer 2003) Pág 83 – 117.

PEJIC-BACH, Mirjana. System Dynamics Review. Volumen 19. # 1 (Spring 2003) Pág. 47 – 74.

RODRIGUEZ, Patricio; BUSSO, Reinaldo; OREJA, José; GARCIA, Carlos. Metodología dinámica para el análisis de sistemas sociales y económicos. www.gestiopolis.com 2000.

SAEED, Khalid. System Dynamics Review. Volumen 14. # 1 (Summer-fall 1998) Pág. 107 – 128.

SAEED, Khalid. Sustainable development, old conundrums, new discord. System Dynamics Review numero año.

SENGE, Peter. La quinta disciplina en la práctica. Granica. Barcelona, 1995.

SENGE, Peter. La quinta disciplina. Granica. Barcelona, 1993.

SOLANO, Ronald. Teoría de sistemas. www.gestiopolis.com 2006.

SOTAQUIRA, Ricardo. Modelo para estimar la incidencia de la corrosión sobre la economía nacional. Tesis de pregrado en ingeniería de sistemas. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1994.

STROHHECKER, Jürguen. System Dynamics Review. Volumen 21. # 1 (Spring 2005) Pág. 5 – 32.

TINBERGEN, Jan; POLAK, J.J. Dinámica del ciclo económico. Estudio de las fluctuaciones económicas. F.C.E. México, 1956.

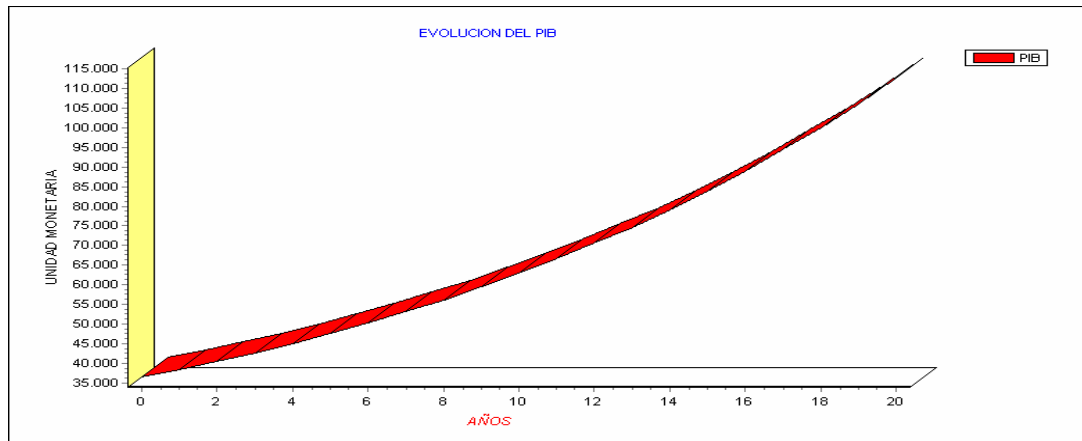
YASARCAN, Hakan; BARLAS, Yaman. System Dynamics Review. Volumen 21. # 1 (Spring 2005) Pág 33 – 68.

ZAMORA, Francisco. Introducción a la dinámica económica. Fondo de cultura Económica. México 1958.

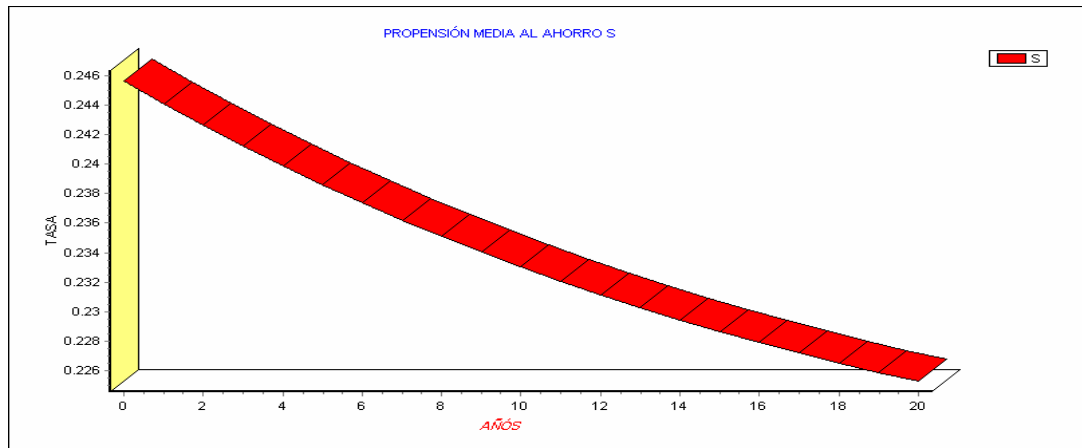
ZAMORA, Francisco. Tratado de teoría económica. Fondo de cultura Económica. Bogotá, 1953.

ANEXOS

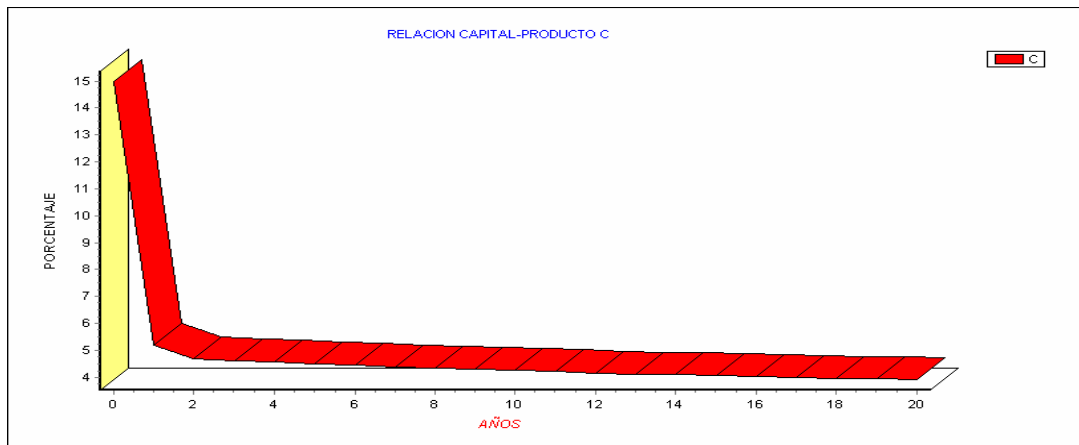
ANEXO A. Evolución del PIB en el modelo “tasa de crecimiento efectivo ampliado”



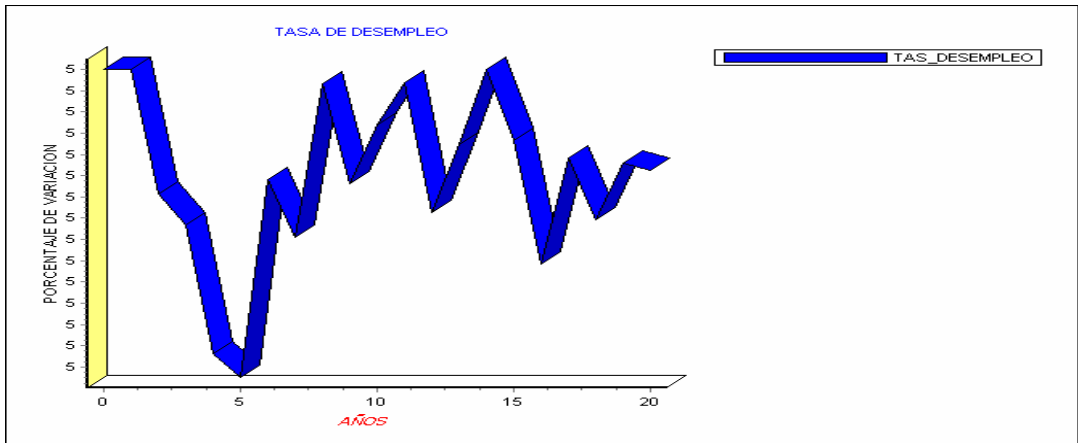
ANEXO B. Propensión media al ahorro en el modelo “tasa de crecimiento efectivo ampliado”



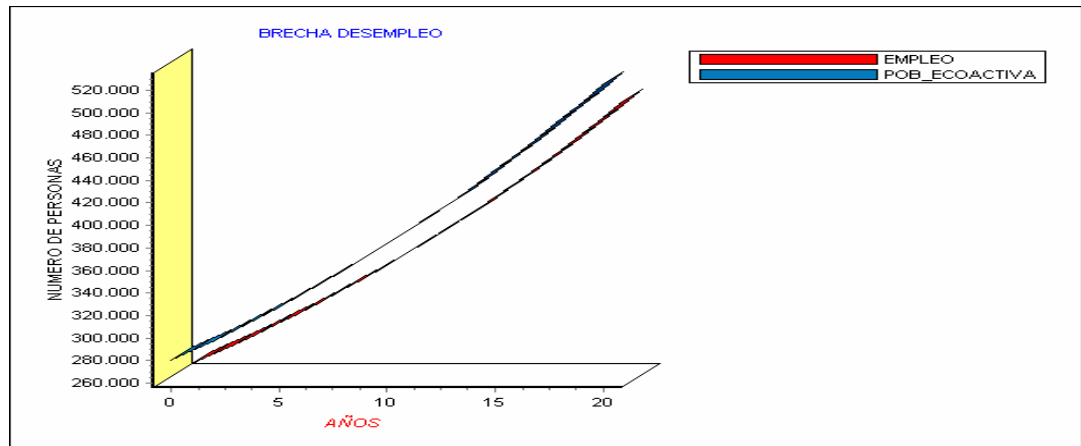
ANEXO C. Relación capital producto propensión media al ahorro en el modelo “tasa de crecimiento efectivo ampliado”



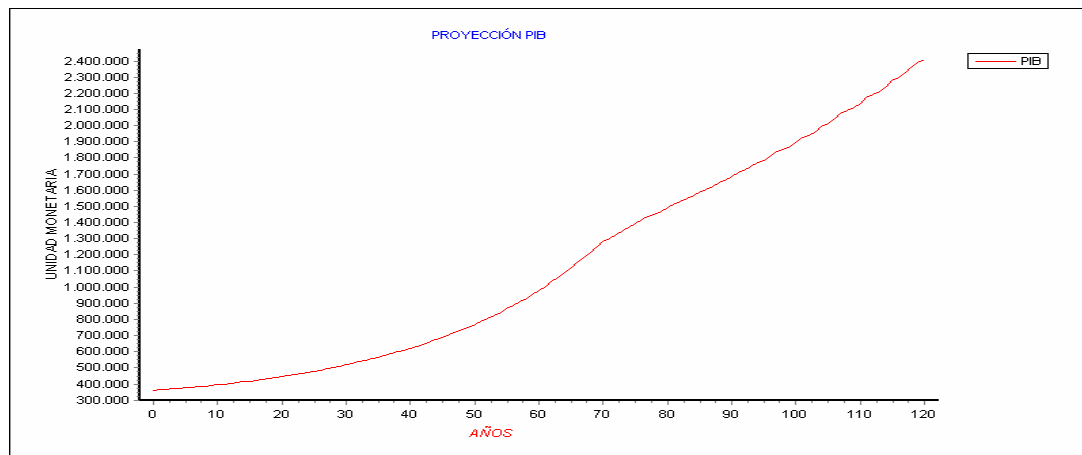
**ANEXO D. Tasa de desempleo propensión media al ahorro en el modelo
“tasa de crecimiento efectivo ampliado”**



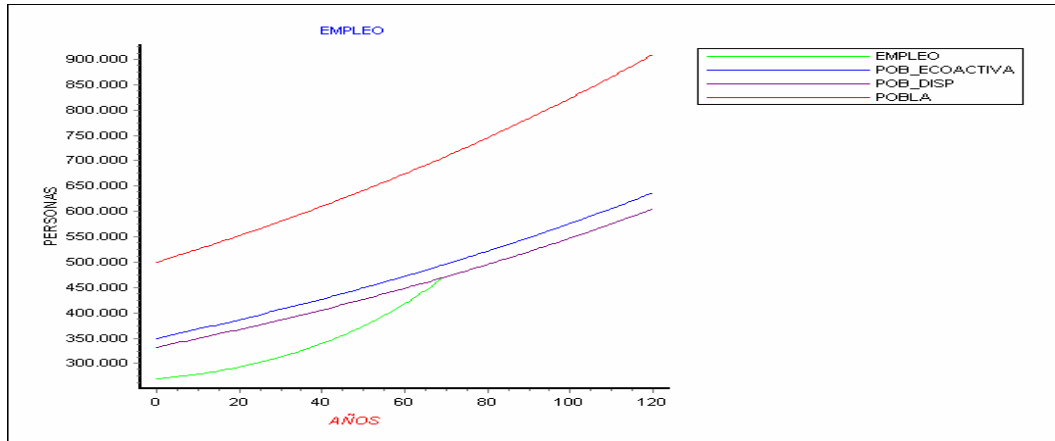
**ANEXO E. Brecha de desempleo propensión media al ahorro en el modelo
“tasa de crecimiento efectivo ampliado”**



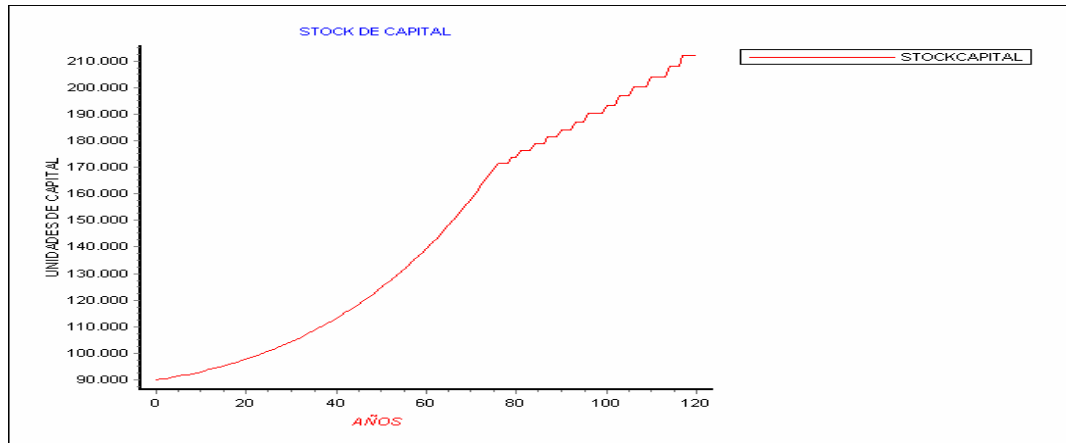
ANEXO F. Proyección del PIB en el modelo de la teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)



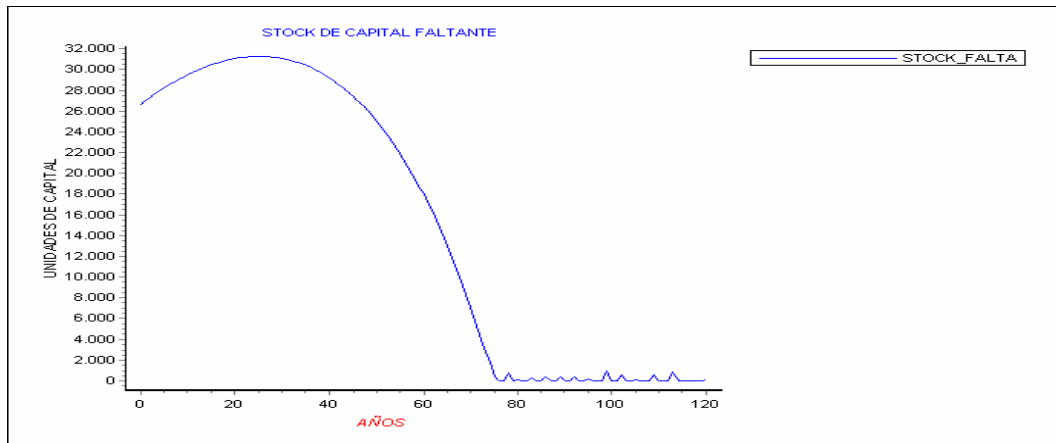
ANEXO G. Empleo en el modelo de la teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)



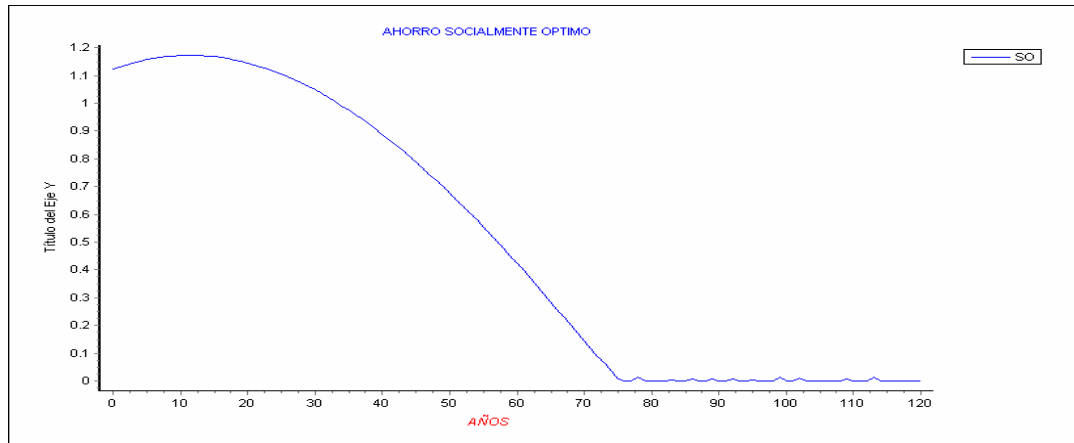
ANEXO H. Stock de capital en el modelo de la teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)



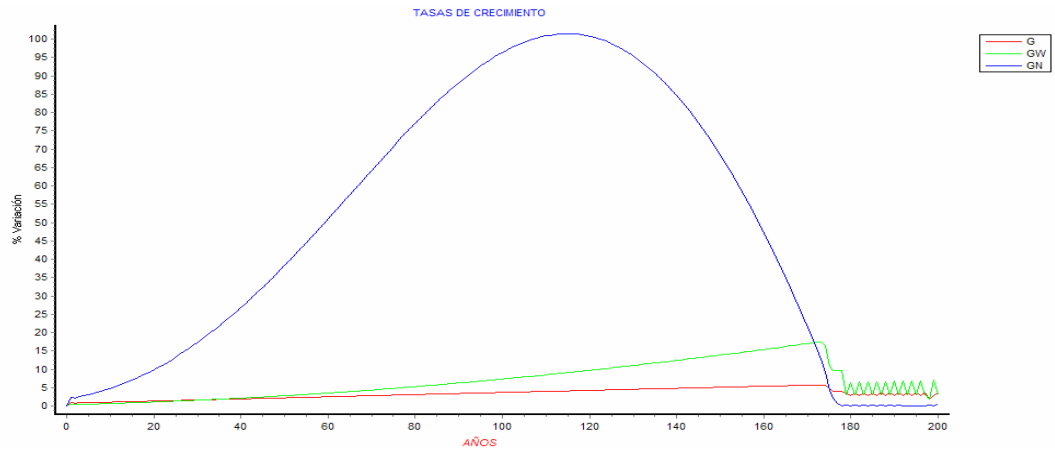
ANEXO I. Stock de capital faltante en el modelo de la teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)



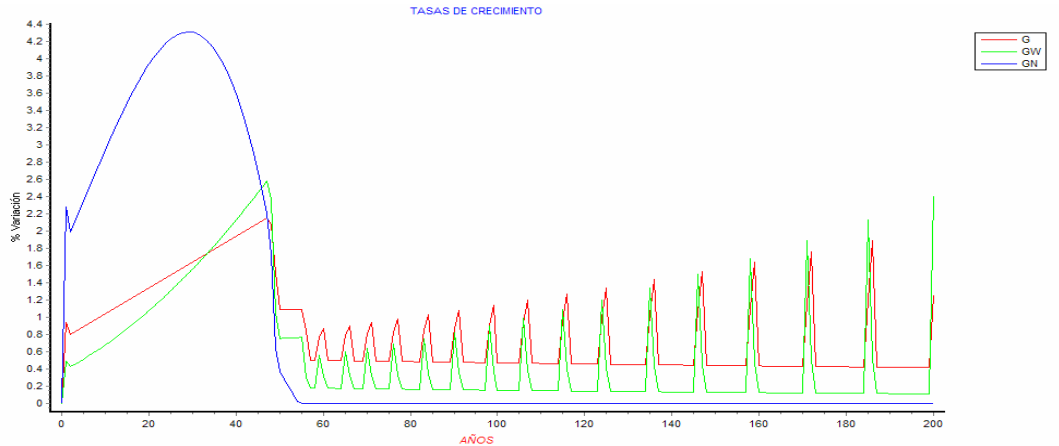
ANEXO J. Ahorro socialmente óptimo en el modelo de la teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)



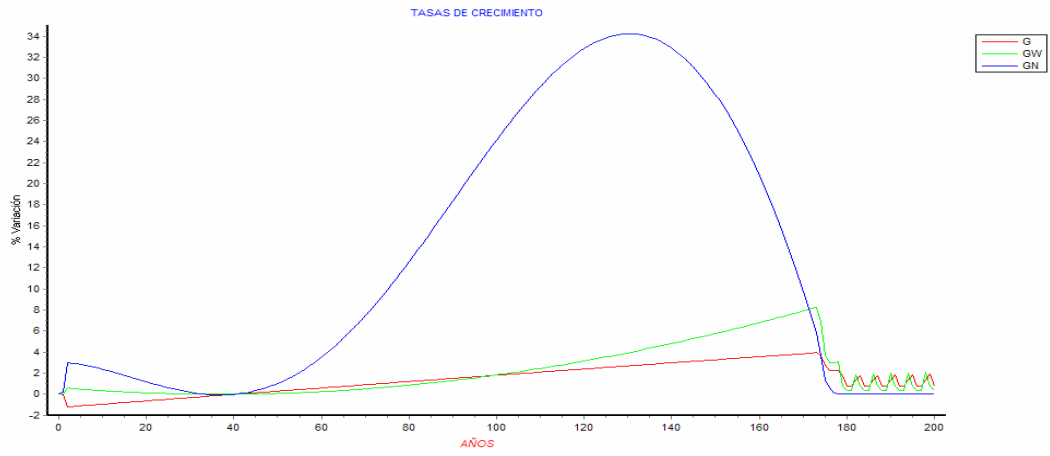
ANEXO K. Tasas de crecimiento en el escenario 1



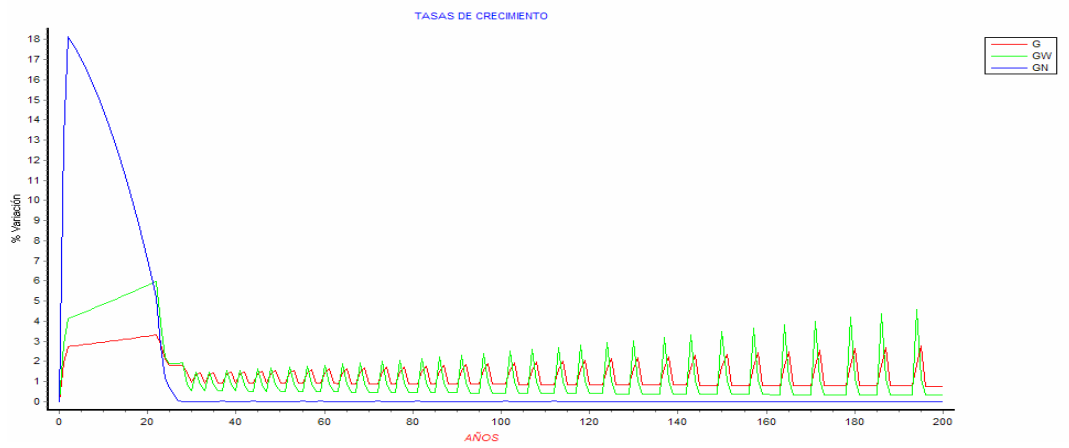
ANEXO L. Tasas de crecimiento en escenario 2



ANEXO M. Tasas de crecimiento en escenario 3



ANEXO N. Tasas de crecimiento en el escenario 4



ANEXO O. Tabla de elementos y ecuaciones del modelo teoría económica dinámica de HARROD. (MACRODINÁMICA)

ELEMENTOS DEL MODELO TEORÍA ECONÓMICA DINÁMICA DE HARROD. (MACRODINÁMICA)

○	Nombre: Definición: Descripción:	AHORRO_BRUTO_GOB IMPUESTOS_PERSON+IMP_RENTA ES EL RECAUDO QUE POR CONCEPTO DE IMPUESTOS OBTIENE EL SECTOR PÚBLICO
○	Nombre: Definición: Descripción:	AHORRO_BRUT_EMP RENTA_CAPITAL*TAS_AHORRO_EMP MONTO DESTINADO A INVERTIRSE EN LA REPARACIÓN DE LOS BIENES DE CAPITAL POR EL DESGASTE.
○	Nombre: Definición: Descripción:	AHORRO_HOG RENTA_DISPONIBLE*PMA ES EL MONTO DE LA RENTA DISPONIBLE QUE NO HA SIDO GASTADO Y SE DESTINA COMO AHORRO
○	Nombre: Definición: Descripción:	AHORRO_TOT AHORRO_HOG+AHORRO_BRUT_EMP ES EL AGREGADO DEL AHORRO QUE REALIZAN LAS ECONOMÍAS DOMÉSTICAS Y EL AHORRO DEL SECTOR PRODUCTIVO.
⚡	Nombre: Definición: Descripción:	ANT_PIB 359990 VALOR ANTERIOR DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO, O DEMANDA EFECTIVA ANTERIOR.
○	Nombre: Definición: Descripción:	APOR_CAPITAL (CAPITAL_USADO*PMK)*COEF_TECNO CANTIDAD DE PRODUCCIÓN QUE EL CAPITAL APORTA AL TOTAL DE LA PRODUCCIÓN.
○	Nombre: Definición:	APOR_TRABAJO (EMPLEO*PM_L)*COEF_TECNO

	Descripción:	PRODUCCIÓN TOTAL QUE EL FACTOR TRABAJO APORTA A LA PRODUCCIÓN.
○	Nombre: Definición: Descripción:	AV_TECNO 0.001*TEMPO CAMBIO TECNOLÓGICO QUE REFLEJA LA INTENSIDAD DE LA PRODUCCIÓN EN BIENES DE CAPITAL.
⚡	Nombre: Definición: Descripción:	Ant_F_PROD 23600 NÚMERO DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN DEL PERIODO ANTERIOR.
⚡	Nombre: Definición: Descripción:	Ant_PIB_REAL 170000 VALOR ANTERIOR DEL PIB REAL.
⚡	Nombre: Definición: Descripción:	Ant_P_INDICE 1.5 VALOR ANTERIOR DEL PRECIO REPRESENTATIVO DE UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN
⚡	Nombre: Definición: Descripción:	Ant_TAS_CONSUMO 0.75 VALOR ANTERIOR DE LA TASA DE CONSUMO
○	Nombre: Definición: Descripción:	C INVERSION_BRUTA/dPIB RELACIÓN CAPITAL-PRODUCTO: ES LA PRODUCTIVIDAD DEL CAPITAL EN UN PERIODO DE TIEMPO EN LA ECONOMÍA.
○	Nombre: Definición: Descripción:	CAPITAL_USADO STOCKCAPITAL*TAS_USO_CAPITAL PARTE DEL STOCK DEL CAPITAL QUE SE USA EFECTIVAMENTE, PARA PRODUCIR NUEVOS BIENES.
⚡	Nombre: Definición: Descripción:	COEF_TECNO 0.66 NIVEL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN, QUE MODIFICA EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE LOS FACTORES PRODUCTIVOS (CAPITAL, TRABAJO).

- Nombre: CONSUMO
Definición: RENTA_DISPONIBLE*PMC
Descripción: EL CONSUMO PRIVADO ES EL GASTO QUE LAS ECONOMÍAS DOMESTICAS REALIZAN EN BIENES Y SERVICIOS.
- Nombre: CONSUMO_REAL
Definición: RENTA_PERSONAL/P_INDICE
Descripción: INDICE QUE MUESTRA LAS VARIACIONES DEL SALARIO REAL.
- Nombre: CONTROL
Definición: SIGN(INFLACION)
Descripción: PROBAR SI LA FUNCION "SIGN" SE PUEDE INCLUIR EN LA ECUACIÓN DE INFLACIÓN.
- Nombre: CONTROL_GOB
Definición: IF(POLITICA_RENTAS=0,DM_SALARIAL ,TAS_F_PROD)
Descripción: ES LA VARIABLE QUE DETERMINA EL CONTROL SOBRE LOS INCREMENTOS SALARIALES DE LOS TRABAJADORES Y LOS AJUSTA A LA INFLACIÓN.
- Nombre: Cr
Definición: C*(1/TAS_F_PROD)
Descripción: RELACIÓN CAPITAL-PRODUCTO REQUERIDA: ES LA CANTIDAD REQUERIDA DE CAPITAL PARA QUE LA ECONOMÍA CREZCA A UNA TASA Gw
- Nombre: DEFLACTOR_PIB
Definición: PIB/PIB_REAL
Descripción: ESTE INDICADOR REFLEJA LO QUE OCURRE CON EL NIVEL GENERAL DE PRECIOS EN LA ECONOMÍA. MIDE EL PRECIO DE LA PRODUCCIÓN EN RELACIÓN CON EL PRECIO QUE TENÍA EN EL AÑO BASE.
- Nombre: DEPRECIACION
Definición: STOCKCAPITAL*TAS_DEPRECIA
Descripción: ES EL MONTO DE CAPITAL QUE SE DESGASTA POR EL USO Y ES NECESARIO REPONER PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN.
- Nombre: DESEMPLEO
Definición: INT(POB_ECOACTIVA-EMPLEO)
Descripción: NÚMERO DE PERSONAS

DESEMPLEADAS.

- Nombre: DM_SALARIAL
Definición: $IF(CONTROL < 0, TAS_F_PROD * ESPIRAL_SALARIOS, INFLACION * ESPIRAL_SALARIOS)$
Descripción: ES LA DEMANDA DE SALARIOS DE LOS TRABAJADORES ANTICIPANDO LAS INFLACION DEL SIGUIENTE PERIODO
- Nombre: EMPLEO
Definición: $IF(POB_DISP > INT(CAPITAL_USADO * REL_K_L), INT(CAPITAL_USADO * REL_K_L), POB_DISP)$
Descripción: NÚMERO DE EMPLEOS DISPONIBLES.
- ⊕ Nombre: ESPIRAL_SALARIOS
Definición: 1.1
Descripción: EXPECTATIVA DE INFLACION. INCREMENTO SALARIAL QUE LAS UNIONES SINDICALES NEGOCIAN CON LOS EMPRESARIOS CADA PERIODO. SIEMPRE BUSCAN ESTABLECER INCREMENTOS UN TANTO SUPERIOR A LA INFLACIÓN CON EL FIN DE INCREMENTAR EL CONSUMO Y ANTICIPAR FUTURAS INFLACIONES
- Nombre: F_PROD
Definición: $APOR_TRABAJO + APOR_CAPITAL$
Descripción: NÚMERO TOTAL DE BIENES QUE LA ECONOMÍA PRODUCE, DE ACUERDO CON LA DISPOSICIÓN DE TRABAJO Y CAPITAL QUE SE TIENE
- Nombre: G
Definición: $(S/C) * 100$
Descripción: TASA DE CRECIMIENTO EFECTIVA: ES EL PORCENTAJE EN QUE VARIÓ LA DEMANDA EFECIVA DE UN PERIODO A OTRO. EN ESTE CASO DICHA VARIACIÓN DEPENDE DE LA PROPENSIÓN MEDIA AL AHORRO Y DE LA RELACIÓN CAPITAL PRODUCTO.
- Nombre: GASTO_PUBLICO
Definición: AHORRO_BRUTO_GOB
Descripción: GASTO PUBLICO O CONSUMO PÚBLICO, LO CONSTITUYEN LAS COMPRAS DE BIENES Y SERVICIOS QUE REALIZAN LAS

ADMINISTRACIONES PÚBLICAS.

- Nombre: GW
Definición: $(S/Cr) * 100$
Descripción: TASA DE CRECIMIENTO JUSTIFICADO: TASA A LA CUAL SE ESPERA QUE CREZCA LA ECONOMÍA.
- Nombre: G_PIB_REAL
Definición: $INV PCT(VAR_PIB_REAL / Ant_PIB_REAL)$
Descripción: CRECIMIENTO DEL PIB REAL
- Nombre: Gn
Definición: $(So/Cr) * 100$
Descripción: TASA NATURAL DE CRECIMIENTO: ES LA TASA A LA QUE DEBE CRECER LA ECONOMIA PARA QUE EXISTA PLENO EMPLEO.
- Nombre: IMPUESTOS_PERSON
Definición: $REN TA_PERSONAL * TAS_IMP_PERSO$
Descripción: RECAUDO DE IMPUESTOS SOBRE LA RENTA PERSONAL
- Nombre: IMP_RENTA
Definición: $REN TA_CAPITAL * TAS_IMP_REN TA$
Descripción: ES EL RECAUDO OBTENIDO POR EL COBRO DE IMPUESTOS SOBRE LOS INGRESOS DEL SECTOR PRIVADO
- Nombre: INFLACION
Definición: $((P_INDICE - Ant_P_INDICE) / P_INDICE) * 100$
Descripción: PORCENTAJE DE INCREMENTO EN LOS DIFERENTES PRECIOS DE LA PRODUCCIÓN
- Nombre: INVERSION_BRUTA
Definición: AHORRO_TOT
Descripción: ES LA FORMACIÓN BRUTA DE CAPITAL FIJO. LA INVERSIÓN SUPONE UN FLUJO DE CAPITAL NUEVO QUE SE AÑADE AL STOCK DE CAPITAL QUE YA TIENEN LAS EMPRESAS.
- Nombre: INVERSION_NETA
Definición: $IF(STOCK_FALTA > 0, INVER_UNI_PROD - DEPRECIACION, 0)$
Descripción: SON LAS NUEVAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN QUE SE AGREGAN AL STOCK DE CAPITAL

○	Nombre: Definición: Descripción:	INVER_UNI_PROD INVERSION_BRUTA/P_INDICE NÚMERO DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN QUE SE COMPRAN PARA ACUMULAR COMO NUEVO STOCK DE CAPITAL. SE HACE ESTA RELACIÓN PARA OBSERVAR EL AUMENTO DEL STOCK DE CAPITAL EN TÉRMINOS REALES, Y NO MONETARIOS. YA QUE SI SE REGISTRAN EN VALORES MONETARIOS SE REGISTRAN VALORES INCONSISTENTES POR LA PRESENCIA DE LA INFLACIÓN. Y SE MANTIENE DE ESTA MANERA LA CONSISTENCIA DIMENSIONAL.
→	Nombre: Definición: Descripción:	MORTAL ROUND(POBLA*TAS_MORTAL) NÚMERO DE MUERTES DEL TOTAL DE LA POBLACIÓN.
→	Nombre: Definición: Descripción:	NATAL INT(POBLA*TAS_NATAL) NÚMERO DE NACIMIENTOS.
→	Nombre: Definición: Descripción:	PA 0.2 TASA PROMEDIO DE LA PROPENSIÓN A AHORRAR
■	Nombre: Definición: Descripción:	PAGO 1 REMUNERACIÓN A LOS FACTORES PRODUCTIVOS POR SU EMPLEO EN EL PROCESO PRODUCTIVO. SE EXPRESA COMO UNA UNIDAD REPRESENTATIVA DE INGRESOS.
→	Nombre: Definición: Descripción:	PERIODO 1 ES EL PERIODO ACTUALMENTE SIMULADO
○	Nombre: Definición: Descripción:	PIB CONSUMO+GASTO_PUBLICO+INVERSI ON_BRUTA EL PIB ES LA SUMA DE LAS PRODUCCIONES FINALES OBTENIDAS EN EL PAÍS

<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	PIB_REAL F_PROD*PRECIO_BASE EL PIB REAL MIDE LA PRODUCCIÓN VALORADA A PRECIOS CONSTANTES, DE UN AÑO BASE.
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	PMA IF(DESEMPLEO=0,PA-0.05,PA) PROPENSIÓN A AHORRAR
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	PMC 1-PMA ES LA PROPORCIÓN DE LA RENTA DISPONIBLE QUE SE DESTINA PARA SER CONSUMIDA COMO BIENES Y SERVICIOS.
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	PMK PM_K+AV_TECNO PRODUCCIÓN MEDIA QUE CADA UNIDAD DE CAPITAL APORTA EN LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA, QUE SE VE AFECTADA POR EL CAMBIO TECNOLÓGICO, PUEDE SER EN SENTIDO POSITIVO O NEGATIVO.
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	PM_K 0.1 PRODUCCIÓN MEDIA QUE CADA UNIDAD DE CAPITAL APORTA EN LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	PM_L 0.1 PRODUCCIÓN MEDIA QUE CADA UNIDAD DE CAPITAL APORTA EN LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA.
<input type="checkbox"/>	Nombre: Definición: Descripción:	POBLA 500000 TOTAL DE PERSONAS QUE HABITAN EL PAÍS EN CADA PERIODO.
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	POB_DISP POB_ECOACTIVA*(1-TAS_NAT_DESEM) ES EL NÚMERO DE PERSONAS QUE ESTA DISPONIBLE PARA TRABAJAR.
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	POB_ECOACTIVA (POBLA*TAS_POB_ACTIVIA) NÚMERO DE PERSONAS EN EDAD DE

		TRABAJAR.
<input checked="" type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	POLITICA_RENTAS 1 ES LA INTERVENCIÓN DEL ESTADO EN EL CONTROL DE LOS INCREMENTOS SALARIALES Y LOS PRECIOS.
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	PORCIENTO_INVER $INVERSION_BRUTA * 100 / PIB$ PORCENTAJE DE INVERSIÓN BRUTA RESEPECTO DE LA DEMANDA AGREGADA O PIB. ES DECIR EL TOTAL DE LA INVERSIÓN.
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	PORCIENTO_INVERN $INVERSION_NETA * 100 / PIB$ PORCENTAJE DE INVERSIÓN NETA RESEPECTO DE LA DEMANDA AGREGADA O PIB. ES DECIR LA INVERSIÓN BRUTA MENOS LA DEPRECIACIÓN.
<input checked="" type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	PRECIO_BASE 7.69230769230769 PRECIO BASE INICIAL.
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	P_INDICE $RENTA_TOTAL / F_PROD$ PRECIO REPRESENTATIVO DE UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN
<input checked="" type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	REL_K_L 3 ES EL NÚMERO DE EMPLEOS POR CADA UNIDAD DE CAPITAL.
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	RENTA_CAPITAL $CAPITAL_USADO * PAGO$ RENTA RECIBIDA POR EL USO DEL CAPITAL.
<input type="radio"/>	Nombre: Definición: Descripción:	RENTA_DISPONIBLE $RENTA_PERSONAL - IMPUESTOS_PERSON$ SON LOS INGRESOS QUE TIENEN PARA HACER USO LAS ECONOMÍAS DOMÉSTICAS, LUEGO DE DEDUCIR LOS IMPUESTOS PERSONALES DEL TOTAL DE INGRESOS

- Nombre: RENTA_PERSONAL
Definición: EMPLEO*PAGO
Descripción: ES EL TOTAL DE INGRESOS DE LA POBLACIÓN, QUE ES EL RESULTADO DEL AGREGADO DE TODOS LOS PAGOS REALIZADOS POR EL TRABAJO REALIZADO POR LA POBLACIÓN EMPLEADA

- Nombre: RENTA_TOTAL
Definición: RENTA_PERSONAL+RENTA_CAPITAL
Descripción: RENTA TOTAL: INCLUYE LA RENTA DE LAS EMPRESAS Y LA RENTA DE LAS PERSONAS.

- Nombre: S
Definición: AHORRO_TOT/PIB
Descripción: PROPENSIÓN MEDIA AL AHORRO: ES EL PORCENTAJE DEL PRODUCTO O DEMANDA EFECTIVA QUE SE AHORRO.

- ▣ Nombre: STOCKCAPITAL
Definición: 90000
Descripción: ES EL TOTAL DE BIENES DE CAPITAL PRODUCTIVO QUE POSEE LA ECONOMÍA PARA CADA PERIODO DE PRODUCCIÓN.

- Nombre: STOCK_FALTA
Definición: $IF(POB_ECOACTIVA/REL_K_L - STOCKCAPITAL \geq 0, POB_ECOACTIVA/R_EL_K_L - STOCKCAPITAL, 0)$
Descripción: EL STOCK FALTANTE ES IGUAL AL MONTO DE INVERSIÓN NECESARIA PARA ALCANZAR EL PLENO EMPLEO. YA QUE CADA UNIDAD DE INVERSIÓN EQUIVALE A UNA NUEVA UNIDAD DE STOCK DE CAPITAL

- Nombre: So
Definición: $(STOCK_FALTA * P_INDICE) / PIB$
Descripción: TASA DE AHORRO NECESARIO PARA QUE LA ECONOMIA CREZCA A UNA TASA G_n

- Nombre: TAS_AHORRO_EMP
Definición: $(1 - TAS_IMP_RENTA)$
Descripción: TASA DE AHORRO DE LAS EMPRESAS: ES EL PORCENTAJE QUE QUEDA DESPUÉS DE RESTAR LOS IMPUESTOS. PARA EFECTOS DEL

MODELO DE HARROD, NO SE INCLUYEN OTROS GASTOS PARA SIMPLIFICAR EL MODELO.

- Nombre: TAS_APORT_CAP
Definición: $INVCT(APOR_CAPITAL/F_PROD)$
Descripción: PROPORCIÓN DE LA PRODUCCIÓN QUE ES APORTADA POR EL CAPITAL.
- Nombre: TAS_APORT_TRAB
Definición: $INVCT(APOR_TRABAJO/F_PROD)$
Descripción: PROPORCIÓN DE LA PRODUCCIÓN APORTADO POR EL TRABAJO.
- Nombre: TAS_CONSUMO
Definición: $CONSUMO_REAL/F_PROD$
Descripción: TASA DE CONSUMO REAL DEL SECTOR DOMESTICO FRENTE A LA CANTIDAD DE PRODUCCIÓN TOTAL
- Nombre: TAS_DEPRECIA
Definición: 0.06
Descripción: RITMO AL QUE SE DESGASTA EL EQUIPO PRODUCTIVO, POR EL USO O LA OBSOLESCENCIA.
- Nombre: TAS_DESEMPLEO
Definición: $(DESEMPLEO/POB_ECOACTIVA)*100$
Descripción: PORCENTAJE DE PERSONAS DESOCUPADAS DE ACUERDO A LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA.
- Nombre: TAS_F_PROD
Definición: $INVCT(VAR_F_PROD/F_PROD)$
Descripción: PORCENTAJE DEL CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN: INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN CON RESPECTO AL PERIODO ANTERIOR.
- Nombre: TAS_IMP
Definición: 0.5
Descripción: TASA DE IMPUESTO BASE QUE SE COBRA SOBRE LOS INGRESOS DEL SECTOR PRIVADO
- Nombre: TAS_IMP_PERSO
Definición: 0.25
Descripción: ES LA TASA DE IMPUESTOS QUE SE COBRA SOBRE EL INGRESO DE LOS TRABAJADORES.

○	Nombre: Definición: Descripción:	TAS_IMP_RENTA IF(DESEMPLEO=0,TAS_IMP+0.15,TAS_IMP) TASA DE IMPUESTO QUE SE COBRA SOBRE LOS INGRESOS DEL SECTOR PRIVADO.
⊖	Nombre: Definición: Descripción:	TAS_MORTAL 0.015 TASA DE MORTALIDAD: PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LA POBLACIÓN, EL RITMO DE MUERTES.
⊖	Nombre: Definición: Descripción:	TAS_NATAL 0.02 TASA DE NATALIDAD: ES EL PORCENTAJE DE NACIMIENTOS DE LA POBLACIÓN. RITMO DE NACIMIENTOS.
⊖	Nombre: Definición: Descripción:	TAS_NAT_DESEM 0.05 TASA NATURAL DE DESEMPLEO: ES EL PORCENTAJE DE POBLACIÓN QUE NATURALMENTE VA A ESTAR DESEMPLEADO DEBIDO A RAZONES DE TIPO FRICCIONAL (CAMBIO DE UN EMPLEO A OTRO), Y VOLUNTARIO.
⊖	Nombre: Definición: Descripción:	TAS_POB_ACTIVIA 0.7 PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN EN EDAD DE TRABAJAR.
⊖	Nombre: Definición: Descripción:	TAS_USO_CAPITAL 1 ES LA PROPORCIÓN DEL CAPITAL QUE SE DESTINA PARA LA PRODUCCIÓN
▣	Nombre: Definición: Descripción:	TEMPO 0 VARIABLE QUE REGISTRA EL NÚMERO DE PERIODOS SIMULADOS
○	Nombre: Definición: Descripción:	VAR_F_PROD F_PROD-Ant_F_PROD VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ACTUAL CON RESPECTO AL PERIODO ANTERIOR.
↔	Nombre:	VAR_PAGO

- | | | |
|-----------------------|--------------|--|
| | Definición: | PAGO*PCT(CONTROL_GOB) |
| | Descripción: | INCREMENTO DEL PAGO DE LOS FACTORES PRODUCTIVOS |
| <input type="radio"/> | Nombre: | VAR_PIB_REAL |
| | Definición: | PIB_REAL-Ant_PIB_REAL |
| | Descripción: | VARIACIÓN DEL PIB REAL FRENTE AL PIB DEL PERIODO ANTERIOR. |
| <input type="radio"/> | Nombre: | VAR_TAS_CONSUMO |
| | Definición: | \S_CONSUMO<Ant_TAS_CONSUMO,Ant_TAS_CONSUMO-0) |
| | Descripción: | VARIACIÓN TASA DE CONSUMO |
| <input type="radio"/> | Nombre: | dPIB |
| | Definición: | PIB-ANT_PIB |
| | Descripción: | LA DIFERENCIA ENTRE EL PIB DEL PERIODO ACTUAL Y EL DEL PERIODO ANTERIOR. |