

CAPÍTULO 2: EL MODELADO

Introducción

Esta parte del capítulo 2 estará destinada a la revisión del concepto de modelo procurando dejar claras las diferencias que se dan entre entender modelo como guía y modelo como representación, ésta es una diferencia clave a la hora de abordar el proceso formal de modelado.

El modelado es básicamente una actividad que mediante un procedimiento y el conocimiento de una técnica permite construir representaciones del mundo. Generalmente se modelan problemas pues el propósito del modelado es conocer su estructura de tal forma que sea posible diseñar estrategias de intervención que lleven de la situación actual (situación problemática) a una situación deseada.



Lección 6: La Dinámica del Ser al Existir

Esta lección tiene como propósito que el lector haga una aproximación a la manera en que se generan los conceptos a partir de los procesos de connotación y denotación que se dan entre la cosa observada y el observador. Este apartado toma como guía el trabajo del Dr. Luis Facundo Maldonado y el MsC. David Macías, titulado, “el universo de las competencias en el aprendizaje”.

Los autores proponen como supuesto ontológico el hecho de que hay un universo de entidades independiente del proceso de conocimiento humano. Para contextualizar la idea usan el ejemplo de la llamada Peste Negra, la cual hizo estragos en la población de Europa y Asia en el Siglo XIV; algo similar sucedió con la Gripe en los años 30 del siglo XX. Los autores indican que detrás de los dos fenómenos hubo microorganismos responsables de las enfermedades, sin embargo, para esa época, estos agentes *eran* desconocidos. *Eran*, pero no *existían*. Estaban actuando, pero no había persona alguna que los hubiera identificado – *representado* – objetivamente. Se necesitó desarrollar un sistema conceptual y dispositivos tecnológicos, como el microscopio y los reactivos químicos, para poder identificar a estos seres minúsculos capaces de invadir a los organismos humanos y provocar su muerte. En este momento estos microorganismos *existen* para los expertos. Otros microorganismos aún no *existen*, es decir no han sido *descubiertos*.

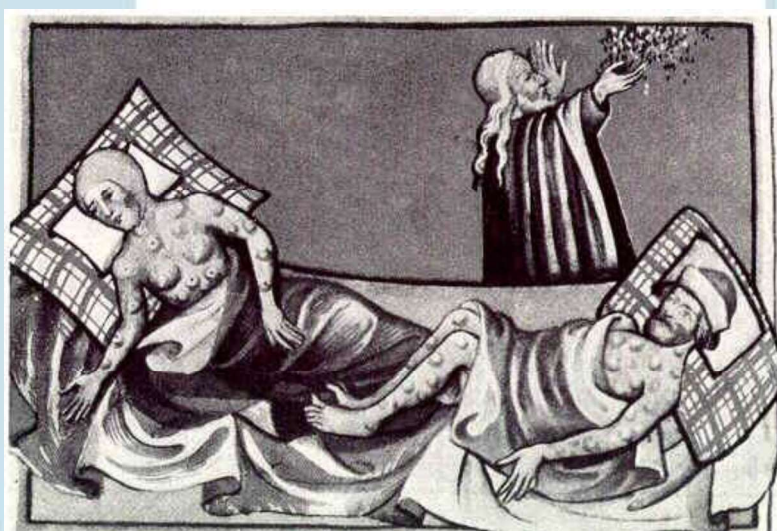


figura 3 Ilustración de la Peste en la Biblia de Toggenburg ¹⁰.

Siguiendo con la lógica planteada por Maldonado y Macías el *existir* implica el *ser* y el *conocimiento* de ese ser. El *existir*, en consecuencia, es una forma de relación entre entidades y los agentes que las pueden conocer. Las entidades *son* y,

¹⁰ Imagen tomada de <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/540575>

cuando alguien las conoce, *existen* para ese alguien. El avance de la investigación y del conocimiento se da en la medida en que las entidades pasan del universo del *ser* al universo del *existir*.

A continuación los autores referenciados exponen el proceso de transición de una entidad del universo del *ser* al universo del *existir*. Cuando hay algún contacto entre la *entidad* (fenómeno) y el sistema perceptivo del *agente cognoscente*, éste genera nombres para el fenómeno. Dado que el *cognoscente* es un sistema con memoria, cuando, en el futuro aparece el nombre, éste suscita el recuerdo o imagen mental del fenómeno; y cuando aparece nuevamente la *entidad*, se suscita el recuerdo del nombre.

Hay una relación entre la representación mental – *concepto* –, el *objeto* y el *nombre*. Aristóteles denominó a esta relación, el triángulo de la significación, ver la figura 4.



figura 4 El triángulo de la significación

Por ejemplo, el nombre “casa” es el significante, es decir, la manera fonética. Cuando se escucha el nombre, pasan dos cosas en el cerebro: viene a la persona el significado de ese nombre, que para el caso es “un lugar para vivir” y también recrea una imagen mental del nombre y del concepto, que es la imagen de una casa (objeto), muy seguramente la que conozca la persona.

Los nombres tienen como referente la entidad manifestada al cognoscente o fenómeno, en un contexto. Se habla de denotación para indicar la relación del nombre con la entidad y de connotación para indicar la relación de la entidad con el contexto donde aparece, y a la forma como podemos entrar en contacto con la entidad.

El contexto de una entidad son otras entidades y fenómenos asociados a ellas. El proceso de conocer necesariamente involucra un proceso de diferenciación progresiva, de tal manera que, en la medida en que suceden contactos entre la

entidad y el cognoscente, las dimensiones denotación y connotación se hacen más evidentes.

Los nombres en cuanto denotan y connotan entidades y contextos, forman las categorías. El nombre responde a una representación mental, soportada por una estructura neuronal interna, que naturalmente tiene un sistema de rasgos de una entidad como referente y que se forma como resultado de las veces en que las entidades son reconocidas como de la misma clase y se diferencian de los contextos asociados y las condiciones de observación.

Por tanto, la representación que externamente aparece como un nombre y neurológicamente se muestra como una estructura- patrón de reconocimiento -, constituye el concepto.

El nombre y el concepto van fuertemente asociados. Puede haber varios nombres que corresponden a la misma representación o concepto. Un ejemplo ilustrativo es el de las palabras de diferentes idiomas para el mismo concepto. El concepto es la base común en las traducciones de un idioma a otro.

Normalmente, si un científico descubre una entidad, trata de repetir observaciones de la misma, generando variaciones en los contextos para consolidar la diferenciación del concepto. Como resultado, la representación se generaliza identificando los rasgos fundamentales que se preservan en los diferentes contextos e identifica las formas de observación y, en algunos casos, formas de medida. La última dimensión es muy importante en las prácticas científicas. Un concepto, por tanto, *denota* un tipo de entidades, *abstrae* características hasta quedarse con las que considera fundamentales, y asocia dimensiones operacionales para relacionarse con las entidades que denota. Estas tres dimensiones constituyen el significado del concepto.

Los planteamientos de Maldonado y Macías resultan de capital importancia pues es a partir de ellos que se inicia todo proceso de modelado, es decir, no se puede iniciar el proceso en sí mismo si el fenómeno no existe para el modelador.

Lección 7: La idea de Modelo

Modelo y modelado

Para efectos de un mejor entendimiento de este texto es pertinente hacer claridad sobre algunos conceptos que se manejarán en adelante con el sentido que seguidamente se expone.

Se definirá inicialmente la idea de modelo y para ello se recurrirá a algunos autores. Por ejemplo, Mario Bunge (1985), define modelo como *“cualquier representación esquemática de un objeto”*. Otro autor que puede aportar en la definición de modelo es Peter Checkland (1992) para quien modelo es *“una construcción intelectual y descriptiva de una entidad en la cual al menos un observador tiene un interés”*. Según se puede apreciar es posible identificar dos posiciones ontológicas bien definidas; de una parte una posición fenomenológica en la cual se puede ubicar la definición de Checkland y una positivista en la cual se puede encuadrar la definición de Mario Bunge¹¹.

Por tanto es importante, que al hablar de modelos, se declare formalmente cuáles son las posturas ontológicas en las cuáles está ubicado el modelador, pues dependiendo de éstas la idea de modelo puede tomar rumbos incluso hasta contrarios. Lo anterior se recrea en las siguientes definiciones de modelo, que parafraseando a Jesús Mosterin (1984) serían: *aquello que sirve para representar o aquello que sirve para ser representado*. Se sugiere revisar la figura 7.

En la lección que sigue se hace una mayor definición de lo que se entiende por estas dos acepciones del concepto modelo.

¹¹ Una posición ontológica fenomenológica es aquella que se caracteriza por un afán en conceder más importancia a los procesos de construcción mental de los observadores, que al mundo externo; y a su vez, en una posición ontológica positivista, el afán está en conceder primordialmente atención al mundo externo como dado, el cual puede ser conocido fundamentalmente mediante la evidencia experimental.

Lección 8: Modelo: para Representar o para ser Representado

En lo que sigue se presenta un dibujo que ilustra la idea de modelo *como aquello que sirve para representar*; en él la ecuación diferencial (A) es el modelo del gráfico del circuito (B) y éste a su vez es el modelo del circuito real (C). Incluso se puede afirmar también que A es el modelo de C, es decir, que A representa a C. Nótese que en este caso el modelo es posterior a la realidad modelada.

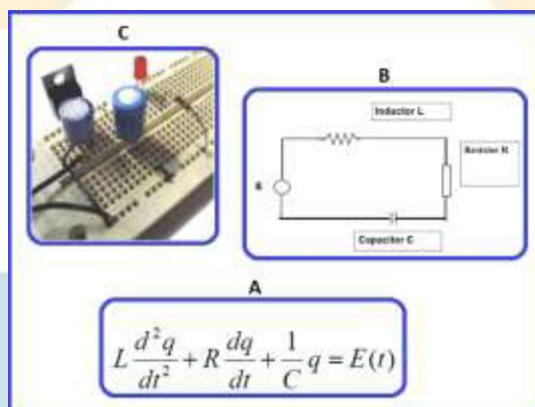


figura 5 Modelo del circuito RLC¹².

La siguiente pintura ilustra el caso típico en que el pintor se sirve de una “modelo” para realizar su obra de arte. En este caso la mujer es el “modelo” que servirá para ser representado en la pintura; como se puede deducir, el modelo (la mujer) es primero en el tiempo.



figura 6 Modelo y Pintor de George Owen Wynne Apperley¹³.

12 Imágenes tomadas de la Internet

13 Imágenes tomadas de http://www.culturandalucia.com/pintor_y_modelo.jpg

Ahora se invita al lector para que observe detenidamente la siguiente gráfica, en ella se muestra un ícono de la ciudad de París, además de exponer una serie de representaciones, todas ellas sobre la famosa torre Eiffel. Se expone de nuevo las definiciones expuestas por Mosterin: Modelo como *aquello que sirve para representar* y Modelo como *aquello que sirve para ser representado*.



figura 7 Modelo y Realidad¹⁴.

Se espera que luego de haber observado detalladamente la figura 7 el lector esté en capacidad de dar respuesta las siguientes preguntas: ¿qué es modelo de qué?, ¿qué cosa es realidad, el plano, la maqueta, la torre o el sándwich?, ¿se podría acaso afirmar que la maqueta es un modelo en tanto que ésta sirvió para ser representada en la torre o que el sándwich es un modelo porque sirve para representar la torre? Se espera que el lector pueda, de manera consciente, dar respuesta a estos interrogantes.

Continuando con la figura 7 es válido reflexionar con respecto al sentido de la línea del tiempo al momento de definir algo como modelo, pues en ocasiones el modelo es antes que lo que representa y en otras tantas es posterior a lo representado, esto dependiendo de lo que se asuma como modelo.

En Dinámica de Sistemas es claro que la idea de modelo que interesa es aquella en la que el modelo representa la cosa modelada y que éste servirá a quien hace la representación para responderse preguntas acerca de la cosa representada. En este orden de ideas modelo, según Pineda (2005), podría definirse como “aquella representación que un observador construye a partir de su propia o ajena percepción de lo real y que posteriormente usará según sus propósitos”. Ésta definición plantea de inmediato el problema de definir otros conceptos como: representar, observador, lo real y propósito. Se deja esto como tarea para que los estudiantes la realicen en sus momentos de ocio.

¹⁴ Imágenes tomadas de la Internet

Lección 9: Modelado Según su Uso

Según sea el resultado esperado, a partir del uso que el modelador haga del modelo, se puede entonces determinar una clasificación¹⁵ del proceso de modelado. Si el principal interés radica en el entendimiento del fenómeno para quien realiza el modelado, se puede aseverar entonces que se trata de un modelado para el aprendizaje; pero si el modelado se realiza con la pretensión de que el modelo resultante sirva para dar cuenta a otros del fenómeno, entonces se estaría hablando de un modelado para la explicación; y en tercera instancia si no solo se desea aprender o explicar, sino que la intención central consiste en tener un referente (en el modelo) sobre el fenómeno para posteriormente realizar en él (lo real) una acción con un propósito específico, se estaría hablando de un modelado para la intervención.

En los párrafos siguientes se hará una descripción más detallada de cada una de dichas opciones de modelado.

Modelado Para El Aprendizaje

Según el diccionario de la RAE, aprender es “*adquirir el conocimiento de algo por medio del estudio o de la experiencia*”. Considerando la anterior definición y teniendo en cuenta lo que implica el proceso de modelado en el modelador, es posible considerar que éste llega a construir conocimiento sobre lo modelado; de no ser así, no sería posible la realización del modelo, puesto que dicho modelo viene siendo la representación del fenómeno.

En la figura 8 se ilustra la forma como, mediante el proceso de modelado, se puede llegar a generar aprendizaje en el modelador. También se puede apreciar que el punto de partida viene siendo la observación de lo real. Aquí lo real subyace a la idea según la cual se asume la existencia de un “universo”¹⁶ y es por ello que se puede hablar de lo real como algo único de lo cual cada quien tiene una percepción. Según Parra y Andrade (2002), dicha percepción presupone entonces que no se tiene una “anteojera” especial que le permita a cada observador percibir lo real de la misma manera y el hecho de llegar a reconocer dicha situación sienta las bases para que se pueda dar el reconocimiento de las diferentes perspectivas y en consecuencia que se dé el reconocimiento de la perspectiva del otro.

Se debe considerar también que la percepción que tiene el modelador de lo real, es decir la realidad por él percibida, es posible que la adquiera ya sea por su propia capacidad de observación, o haciendo uso de la capacidad de otros, es decir, usando las teorías que también son una interpretación consensuada y

¹⁵ Esta clasificación resulta de un proceso reflexivo en torno a la praxis de modelado realizado en el grupo Simon de investigaciones de la UIS, orientado especialmente por el profesor Hugo Hernando Andrade Sosa.

¹⁶ Para un mayor detalle consultar el texto “La objetividad, un argumento para obligar” escrito por el doctor Humberto Maturana..

ampliamente aceptada de lo que aquí se ha dado en llamar como lo real. Luego que se ha percibido lo real, esta percepción se aloja en la mente del modelador en la forma de un modelo mental que, según Peter Senge (1999), “*son supuestos hondamente arraigados, generalizaciones e imágenes que influyen sobre nuestro modo de comprender el mundo y actuar*”. Tales modelos mentales se convierten entonces en las representaciones que cada modelador tiene de su propia percepción de lo real.

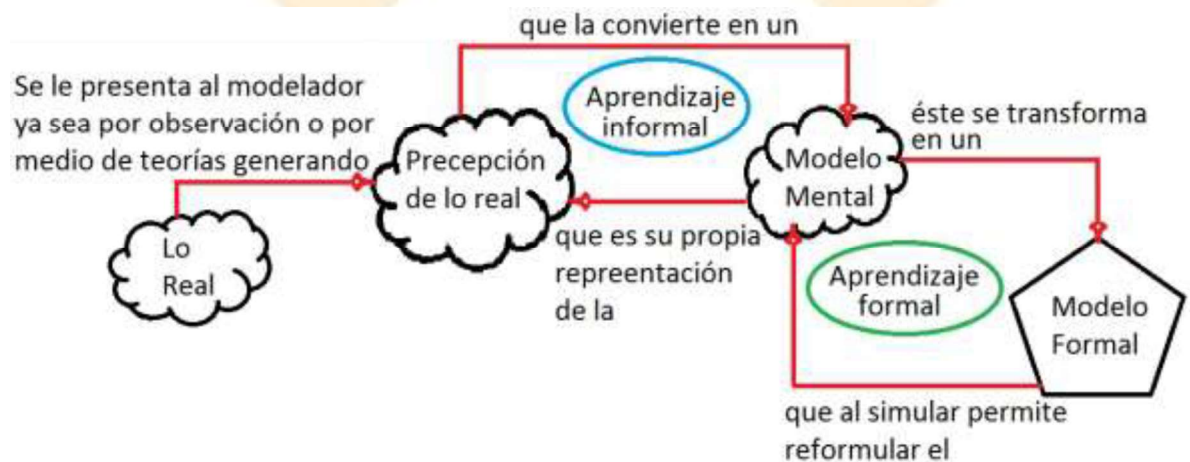


figura 8 Modelado para el aprendizaje.

Según se aprecia en la figura 8 se cierra un primer ciclo de aprendizaje al cual cabe señalársele como aprendizaje informal, pues no hay más presencia de dicho aprendizaje que en la mente del modelador. Posteriormente el modelador puede explicitar su modelo mental mediante alguna forma de modelado (Econometría, Dinámica de Sistemas, etc.) de tal forma que se tiene un “copia” formalizada, mediante el lenguaje de modelado usado, del modelo mental.

El modelo formal tiene la ventaja que puede ser más fácilmente comprendido por otros observadores sin la indispensable presencia del modelador, en tanto que éstos solo requieren del conocimiento del lenguaje de modelado con el cual fue hecho. Ya con el modelo formalizado, preferiblemente de manera matemática, se puede recurrir a la simulación por computador para generar posibles estados del sistema que contrastados con la percepción de lo real puede generar cambios en los modelos mentales del modelador y es aquí en donde surge un segundo ciclo de aprendizaje denominado aprendizaje formal. De esta manera si el modelado sólo se realizara hasta este punto se tendría entonces un modelado para el aprendizaje; dicho modelado puede llegar a ser pertinente en la medida en que se pueda adoptar como estrategia pedagógica en los procesos de aprendizaje formalmente establecidos.

Modelado Para La Explicación

Si el proceso de modelado no se detiene en el punto antes señalado y por el contrario es usado por parte del modelador para dar cuenta del fenómeno modelado, a otros observadores, se estaría en frente de un modelado para la explicación. Ver la figura 9.



figura 9 Modelado para la explicación.

El modelado para la explicación contiene dentro de sí el modelado para el aprendizaje y considera además las relaciones establecidas en la figura que van desde el modelo formal hacia la percepción de lo real; dicha relación así indicada muestra que el modelo formal, pertinente según el criterio del modelador para el caso que le ocupa, puede en consecuencia ser usado para dar cuenta del fenómeno cerrándose nuevamente otro ciclo señalado como el ciclo de la explicación. En este caso el modelado para la explicación sería favorable a aquellos que cumplen con la tarea de la docencia en un primer instante en el proceso de enseñanza, posteriormente los alumnos podrían usarlo para realizar explicaciones de sus propios modelos mentales, convirtiéndose así el modelado en una buena estrategia para el aprendizaje, en la medida en que se tendrían modelos mentales compartidos.

Modelado Para La Intervención

Si además de aprender y poder ofrecer explicaciones sobre lo modelado, la intención del modelador es intervenir en lo modelado, es decir, en lo real para llevarlo a un estado deseado, se estaría frente a un modelado para la intervención. Dicho modelado además de incluir las dos anteriores formas de modelado consideraría de parte del modelador su intervención directa sobre lo modelado en procura de la consecución de objetivos: Se diría aquí que se usa el modelo para apoyar el proceso de toma de decisiones, pues esta situación particular pone de manifiesto que el proceso de modelado no solo sería apropiado en los procesos

de aprendizaje, sino que también lo serían en el campo de desempeño profesional del modelador. En la figura 10 se observa como el modelado para la intervención incluye un nuevo ciclo al que se le ha denominado ciclo para la intervención, entendiéndose que lo que se interviene es lo real.

Dicho ciclo se muestra con la línea que va del modelo formal a lo real y en él se indica como el modelado, considerado de esta manera, puede ser muy importante a la hora de tomar decisiones, pues mediante la simulación por computador se tendría a disposición un futuro plausible, lo que haría del proceso de toma de decisiones ciertamente un tanto menos incierto.

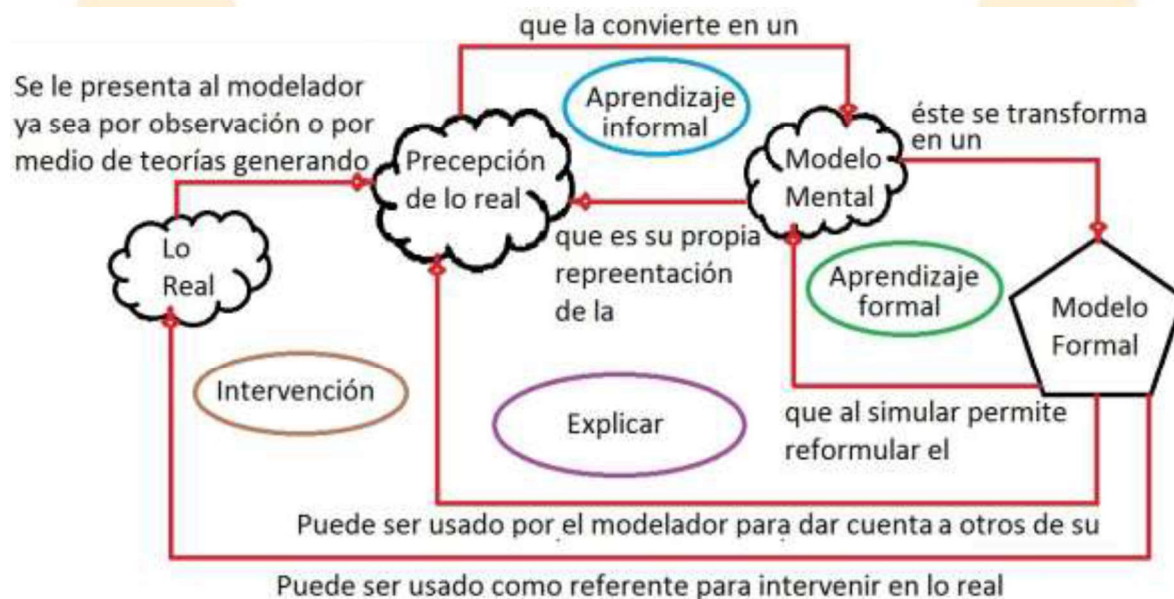


figura 10 Modelado para la intervención

De esta lección queda claro que es posible, mediante el proceso de modelado, promover la formación de competencias interpretativas, argumentativas y propositivas en la medida en que se aprende, se explica y se diseñan estrategias de intervención a partir del proceso de modelado, respectivamente.

Lección 10: Modelado Según su Proceso

Cuando se aborda la construcción de un modelo es posible llevarla a cabo cuando menos de tres formas a saber: el modelado de réplica, el modelado de reconstrucción y el modelado de construcción. En lo que sigue se hará una descripción de cada una de estas formas.

Modelado De Réplica

Se caracteriza principalmente por ofrecer explicaciones de las perspectivas de lo real a partir de las que ofrece la teoría u otra persona distinta al modelador. Este tipo de modelado parte de la teoría que explica el fenómeno a ser modelado y procede a implementar, con los útiles de la forma de modelado usada, las explicaciones que la teoría ofrece sobre lo real. En este tipo de modelado, el modelador cumple meramente con un papel secundario, el de traductor del lenguaje de la teoría al lenguaje de la forma de modelado. Debe entenderse que en este tipo de modelado, el rol del modelador es pasivo en el proceso de aprehensión y comprensión del fenómeno, pues su perspectiva de lo real no interesa aquí, sino la que la teoría o el otro plantea. En este tipo de modelado se busca que el modelo replique lo que la teoría explica y no hay mucha preocupación si dicha réplica es coincidente con la perspectiva que tiene el modelador.

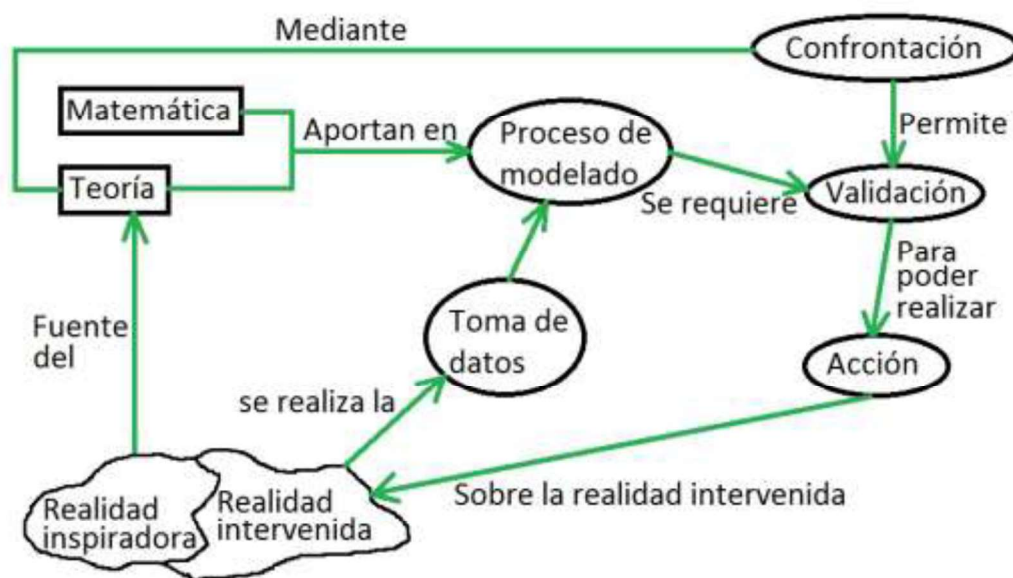


figura 11 Modelado de réplica

Esta clase de modelado se soporta en una serie de supuestos que se hacen explícitos facilitando el dar sentido por parte del modelista a su labor. A continuación se indican los que se han identificado como los principales supuestos subyacentes al modelado de réplica.

El primero es que la realidad existe de manera independiente al observador por lo que es posible describirla por intermedio de una teoría sin importar quien la usa y el contexto en el que se aplica. En el caso del modelado de réplica la representación que se hace de la realidad corre por cuenta de la capacidad de explicación que tenga la teoría; pues en este caso se asume la teoría como la mejor explicación y acto seguido se procede a armar el modelo con los útiles o herramientas de modelado, logrando de esta manera representar la realidad que muestra la teoría al modelista.

Otro de los supuestos se basa en que la explicación de la realidad es asumida por la teoría. Finalmente se reconoce que la estructura es asumida directamente de la teoría y que en la mayoría de los casos estas estructuras son de tipo secuencial antes que circular, debido a la forma de pensamiento dominante, es decir, la perspectiva reduccionista o mecanicista.

Modelado De Reconstrucción

Otro proceso de modelado es el de reconstrucción en el cual las explicaciones que brindan los modelos siguen siendo guiadas por la teoría pero no ya como una repetición de lo expuesto por ella sino que en este caso la teoría es una guía y el modelista intenta, a partir de su propia perspectiva de lo real, reconstruir el conocimiento que representa la teoría.

Es importante señalar que en este caso el modelador empieza a involucrar en el proceso de modelado su propia perspectiva de lo real tratando de reconstruir el conocimiento que se encuentra inmerso en la teoría que le sirve como guía. Este tipo de modelado es de interés, pues de alguna manera el modelista comienza a ser consciente del proceso de modelado lo que en cierto sentido genera un proceso de construcción del conocimiento, idea bastante cercana a lo que propone al respecto, el constructivismo, en la perspectiva de Vigotsky. Esta situación se sale definitivamente de la mera acción calculadora del modelado de réplica y se pasa a una acción con propósito mucho más reflexiva, en la medida en que el modelista debe recrear la realidad percibida haciendo que dicha percepción recreada en el modelo represente de una forma que se corresponde más con lo real.

Esta forma de modelado tiene en cuenta la realidad tanto al momento de modelar como al momento de validar, claro está, manteniéndose a la teoría como el eje central de la indagación. Ver la figura 12.

Al igual que en el modelado de réplica existen algunos supuestos entre ellos que:

La realidad se percibe como existente de manera independiente al observador¹⁷, siendo la teoría la que mejor puede describirla. Este hecho no implica una condición monopolística para la teoría pues se admite que el observador puede tener representaciones de lo real, claro está, mediadas por la explicación teórica.

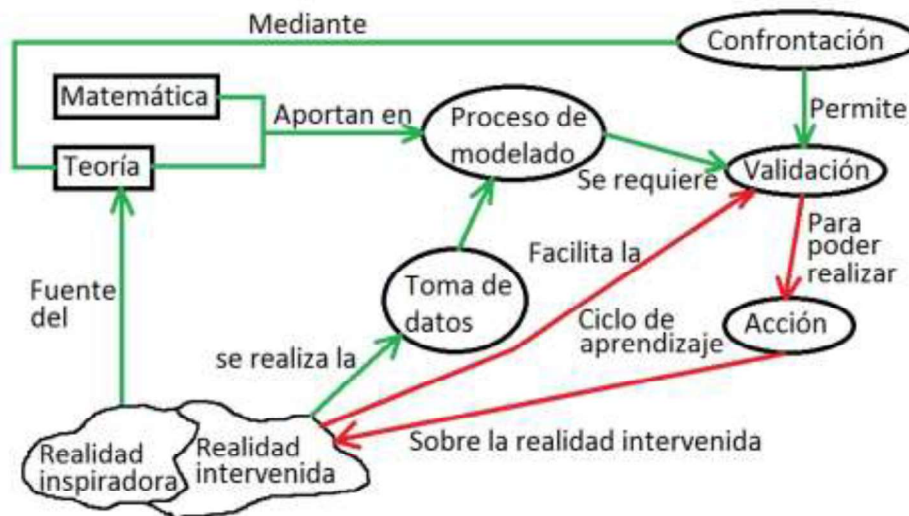


figura 12 Modelado de reconstrucción.

Es a partir de esta situación en que el observador puede notar que ciertas cosas que su percepción de lo real presenta o manifiesta, no son plenamente explicadas por la teoría, situación que da inicio a un proceso de reflexión conducente a uno más complejo como es el aprendizaje. Otro de los supuestos es que la teoría sigue siendo la que tiene la mayor capacidad de explicar la realidad, pero es el modelista el que empieza a ser parte activa en esta interpretación, sin gozar aún de plena discrecionalidad para definir sus propias explicaciones.

Modelado De Construcción

La tercera forma de modelado corresponde a una forma de construcción del conocimiento; en esta forma de modelado no se renuncia a la teoría como guía, pero ésta pierde su papel protagónico cediéndoselo a la realidad o percepción de lo real, que se convierte así en la fuente inspiradora y sobre la cual posteriormente se actuará con el modelo ya construido. La construcción del modelo, en este caso particular, tiene un especial interés, pues se incita al modelizador a emanciparse del poder monopolístico-explicativo que ostenta la teoría acerca de lo real y lleva al modelador a atreverse a proponer explicaciones que se soportan en su propia perspectiva, es decir, se genera nuevo conocimiento.

¹⁷ Es decir que todo observador comparte con los demás la misma percepción de "lo real".

En esta forma de modelado es posible encontrar claras diferencias en términos del modelado, fundamentalmente en la concepción onto–epistemológica¹⁸ de la realidad, es decir, *el ser y el deber ser* de la misma, en tanto se asume la realidad como si fuera un sistema y por tanto estudiándola como tal.

Entre los principales supuestos se tiene que la realidad puede ser concebida como dependiente del observador, es decir, que existirán tantas realidades o percepciones de lo real como observadores haya. Esto no quiere decir que las diferentes perspectivas sean completamente irreconciliables, lo que se espera precisamente es que se dé un espacio para reconocer la perspectiva del otro. En este espacio debe aparecer un proceso de aprendizaje a partir de la explicitación de los modelos mentales de quienes participan en el proceso de modelado, sobre el supuesto de que el modelado se asume como elemento común de la construcción de conocimiento. Lo importante de la coexistencia de tantas explicaciones de la realidad surge en el momento en que el modelista puede ser consciente de ello y finalmente las reconoce como explicaciones que co-existen con la suya.

La realidad se representa mediante los modelos los cuales que pueden cumplir con esta tarea, solo que lo que se explicita en este caso no es la teoría como tal sino la percepción de quien modela. Ver figura 13.

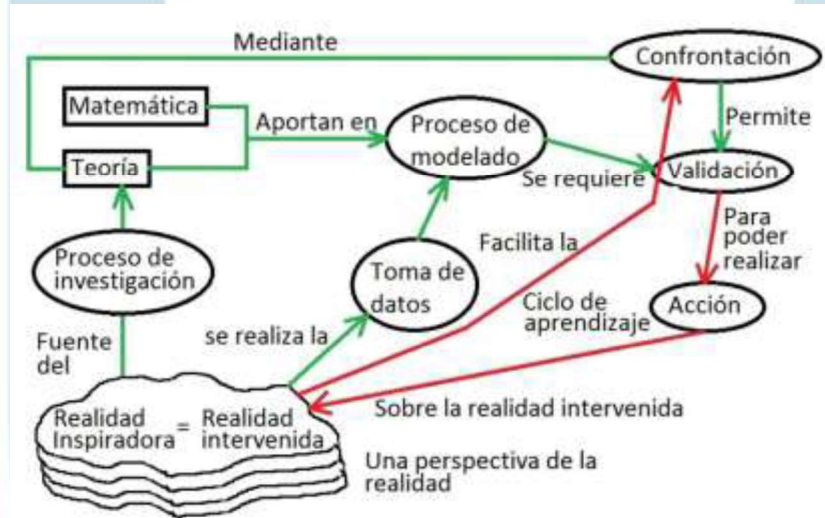


figura 13 Modelado de construcción.

De esta manera se describe el proceso de modelado y la manera en que los modelos pueden ser usados a partir de los intereses que tenga el modelador.

18 El juicio ontológico original del enfoque de sistemas puede ser formulado del siguiente modo: "Las cosas (los fenómenos) son todos que trascienden la mera reunión de sus partes". Dado que el enfoque de sistemas tiene una vocación científica y tecnológica, a esta posición ontológica le sigue un postulado epistemológico, a saber, "Las cosas (los fenómenos) deben ser estudiadas como todos trascendentes y no como meras reuniones de partes". La reunión de ambas proposiciones anuncia lo que se le llama el clamor "ontoepestemológico" del enfoque de sistemas. Ideas tomadas de "Las Raíces del Reduccionismo: Una Contra-Ontoepestemología para el Enfoque de Sistemas" Escrito por Ramses Fuenmayor, Departamento de Sistemología Interpretativa, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Seguidamente se revisará el modelado estructural y el él específicamente el modelado con dinámica de sistemas.

