

Las tecnologías de la información y las comunicaciones en el fortalecimiento del pensamiento físico matemático.

Information and communication technologies in strengthening physical-mathematical thinking.

Mawency Vergel-Ortega¹, Henry de Jesús Gallardo-Pérez², Reinaldo Portal-Domingo³

^{1,2}Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta - Colombia, ³Universidade Federal do Maranhão, São Luís - Brasil

ORCID: [0000-0001-8285-2968](https://orcid.org/0000-0001-8285-2968), [0000-0003-4377-3903](https://orcid.org/0000-0003-4377-3903), [0000-0001-7596-6684](https://orcid.org/0000-0001-7596-6684)

Recibido: 08 de agosto de 2020.

Aprobado: 11 de noviembre de 2020.

Resumen— El desarrollo del pensamiento físico matemático permite al estudiante desarrollar habilidades para matematizar los fenómenos físicos. La investigación tiene como propósito la identificación de la relación existente entre el desarrollo del pensamiento físico matemático, entendido éste como la capacidad de matematizar los fenómenos físicos, con el uso de las tecnologías de información y comunicación, con variables de control identificadas a partir de las condiciones psicosociales, económicas y sociodemográficas de estudiantes pertenecientes a universidades públicas, ubicadas en el Departamento Norte de Santander. En esta investigación con enfoque multimétodo, se aplican instrumentos para identificar herramientas tecnológicas implementadas por 101 profesores, determinar el desarrollo de pensamiento, conocer las condiciones sociodemográficas y psicosociales de 537 estudiantes de cinco instituciones educativas de nivel superior, y en consecuencia determinar un modelo que asocie y explique el nivel de desarrollo del pensamiento matemático utilizando tecnologías en los estudiantes universitarios. Se realizan estadísticas descriptivas de las diferentes variables; y modelos logit para identificar los factores que influyen. Con un 95% de confiabilidad, los resultados indican que existe relación funcional significativa entre el desarrollo de pensamiento físico matemático y las variables gestión educativa relacionada a planeación profesor, herramienta didáctica, resultado de aprendizaje, acceso a plataforma, competencia de innovación. Se concluye que un modelo de regresión logística ordinal permite identificar factores asociados a la utilización de las TIC para pronosticar incrementos en el nivel de desarrollo del pensamiento físico-matemático.

Palabras Claves: Pensamiento físico-matemático; prácticas pedagógicas; tecnologías; conocimiento.

Abstract— The development of mathematical physical thinking allows the student to develop skills in mathematizing physical phenomena. The purpose of the research is to identify the relationship between the development of mathematical physical thinking, understood as the ability to mathematize physical phenomena, with the use of information and communication technologies, with control variables identified from the psychosocial, economic and socio-demographic conditions of students belonging to public universities, located in the Department of Norte de Santander. In this research with a multi-method approach, instruments are applied to identify technological tools implemented by 101 teachers, determine the development of thinking, know the socio-demographic and psychosocial conditions of 537 students from five higher education institutions, and consequently determine a model that associates and explains the level of development of mathematical thinking using technologies in university students. Descriptive statistics of the different variables are made; and logit models to identify the factors that influence them. With a 95% reliability, the results indicate that there is a significant functional relationship between the development of physical mathematical thinking and the variables educational management related to teacher planning, teaching tool, learning outcome, access to platform, innovation competence. It is concluded that an ordinal logistic regression model allows identifying factors associated with the use of ICT to forecast increases in the level of development of physical-mathematical thinking.

Keywords: Physical-mathematical thinking; pedagogical practices; technologies; knowledge.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mawencyvergel@ufps.edu.co (Mawency Vergel Ortega).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Forma de citar: M. Vergel-Ortega, H. J. Gallardo-Pérez y R. Portal-Domingo, "Las tecnologías de la información y las comunicaciones en el fortalecimiento del pensamiento físico matemático", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 8, no. S1, pp. 83-89, 2020, doi: [10.15649/2346030X.945](https://doi.org/10.15649/2346030X.945)

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del pensamiento físico matemático permite al estudiante desarrollar habilidades para matematizar los fenómenos físicos [1]; es la representación visible de la relación entre la física y las matemáticas. Se fundamenta en el desarrollo de los cinco tipos de pensamiento matemático y conlleva a que el aprendizaje de la física se consolide a partir de la construcción, la interpretación, la abstracción y la consolidación de significados para el docente y para el estudiante sobre los fenómenos físicos [2]. El análisis de los fenómenos físicos y su explicación usando un lenguaje matemático ofrece la posibilidad de formar el pensamiento para la búsqueda de la coherencia argumentativa, en donde los conocimientos que se adquieren son coherentes para el pensamiento, son concepciones inteligibles y expresables por el sujeto conocedor para así tener clara su comprensión [3].

El estudio del desarrollo del pensamiento físico-matemático es bastante complejo y se suele necesitar más de una variable independiente para analizarlos, con el fin de proponer soluciones a las cuestiones que se plantean. Se analiza para ello aspectos cognitivos, psicosociales y socioeconómicos en procesos de identificación, argumentación, explicación y comprensión de los fenómenos físicos [4].

Las tecnologías de la información y la comunicación, permiten generar estrategias pedagógicas basadas en las TIC [5,6] para fortalecer el desarrollo del pensamiento físico matemático en estudiantes de primeros semestres universitarios a partir de la identificación de las dificultades en el desarrollo del pensamiento físico matemático en los alumnos y los resultados de entrevistas a profesores [7]. Se identificó que el pensamiento físico matemático no está compuesto solamente por la práctica sino por las conceptualizaciones y orientaciones previas proporcionadas por los profesores junto con los presaberes del estudiante y que la didáctica como experiencia educativa apoyada con el uso de las tecnologías constituyen un fundamento educativo y de aplicación de los conocimientos adquiridos desarrollando en los estudiantes procesos de identificación, argumentación, explicación y comprensión de los fenómenos físicos y por ende el desarrollo del pensamiento físico matemático [8-9].

El propósito de la investigación pretende la identificación de variables significativas, relacionadas con la incorporación de las TIC, para el pronóstico del incremento en el nivel de desarrollo del pensamiento físico-matemático. La relación funcional explicativa se aborda mediante la estimación de un modelo de regresión logística binaria multinomial incorpora más variables independientes y facilita la comprensión de la variación de las respuestas entre los distintos individuos [10].

II. MARCO TEÓRICO

La investigación se enmarca en los postulados del enfoque multimétodo con mayor énfasis en la investigación positivista de carácter cuantitativo [11]. La modalidad del estudio en general se ubica como una indagación de campo, cuyo propósito se centra en la creación y validación de un modelo educativo basado en las TIC para la enseñanza en el área de matemática [12,13]. Por su finalidad, se considera una investigación aplicada, porque pretende la mejora de ciertos aspectos de la sociedad, así como, resolver problemas al estudiar realidades concretas, como es el caso de generar el conocimiento necesario para la creación de un modelo educativo para la enseñanza de la física y matemática [14]. Tomando como criterio el alcance temporal, se le puede considerar de carácter seccional o sincrónico, puesto que, su población objeto de estudio la conforma el conglomerado de estudiantes universitarios que cursan física y cálculo en instituciones de educación superior públicas del departamento Norte de Santander, de los cuales se tomará una muestra en un corte único. En cuanto al nivel de profundidad, la investigación es de tipo explicativa y correlacional, por el hecho de que se examina explicativamente las relaciones causales de influencia (dependencia e interdependencia) entre variables para poder conocer y analizar estructuralmente factores intervinientes una dinámica de un fenómeno social [15]. En cuanto a sus análisis estadísticos se valida un modelo de relaciones causales entre el modelo educativo basado en las TIC para la enseñanza de la matemática y sus procesos de planificación, diseño e implementación. Referente con las fuentes que maneja, es posible asegurar que son primarias. En cuanto a su amplitud, se puede considerar como un estudio microsociológico [16].

La hipótesis general de investigación es: existe una relación significativa entre las Tecnologías de la Información y Comunicación y su relación con el desarrollo del pensamiento físico matemático en los estudiantes de universidades públicas del Departamento Norte de Santander-Colombia. Otra hipótesis de la investigación fue: el pensamiento físico y matemático en medio sincrónico, de los estudiantes de las instituciones públicas de educación superior del Norte de Santander, depende del proceso de enseñanza en el área de física y matemática. Específicamente, las hipótesis planteadas fueron Ha: La innovación mostrada por los estudiantes de las instituciones de educación superior del Norte de Santander depende del proceso de enseñanza en el área de matemática. Ha: Los conocimientos adquiridos por los individuos en su formación profesional a partir del modelo educativo creado basado en TIC para la innovación, inciden positivamente en su desarrollo de pensamiento en física y matemática.

La población está conformada por los docentes y estudiantes de cálculo y física de los diferentes programas académicos en las cinco instituciones de educación superior públicas del departamento Norte de Santander: Universidad Francisco de Paula Santander, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Universidad de Pamplona, Instituto Superior de Educación Rural y Escuela Superior de Administración Pública. La muestra se conformó por 537 estudiantes y 101 profesores de estas instituciones, seleccionados mediante muestreo estratificado con afijación proporcional [17, 18].

Variables inmersas en la investigación fueron gestión pertinencia, habilidades, competencias, creatividad, resultados de aprendizaje, conocimiento del modelo educativo institucional (Tabla 1). Como variables dependientes se tiene a las competencias logradas con el modelo educativo creado y el conocimiento adquirido con el modelo educativo creado, ambas de naturaleza cuantitativa medidas a un nivel de razón, por lo tanto, son variables métricas, ninguna de ellas será controlada, ambas se analizan mediante técnicas estadísticas multivariantes [19-20]. Por su parte, las variables que se mencionan a continuación intervendrán como variables independientes: gestión educativa, observable a través de las variables (dimensiones) planificación, ejecución y evaluación; al igual que la variable modelo educativo, la que se podrá observar por sus dimensiones formación, capacitación e innovación [21-22].

Tabla 1: Variables que Intervienen en el Estudio.

VARIABLES	Dimensiones	Naturaleza	Rol	Escala
Gestión Educativa	Planificación	Cualitativa	Independiente	No métrica
	Ejecución	Cualitativa	Independiente	No métrica
	Evaluación	Cualitativa	Independiente	No métrica
Pertinencia Educativa	Compromiso	Cualitativa	Independiente	No métrica
	Desempeño	Cualitativa	Independiente	No métrica
Estrategia didáctica	Tipo	Cualitativa	Independiente	No métrica
Habilidades matemáticas y físicas	Intelectuales	Cualitativa	Independiente	No métrica
	Prácticas	Cualitativa	Independiente	No métrica
Competencias matemáticas Resultados de aprendizaje	Básicas	Cualitativa	Independiente	No métrica
	Específicas	Cualitativa	Independiente	No métrica
Creatividad	Innovaciones	Cualitativa	Independiente	No métrica
	Aplicación	Cualitativa	Independiente	No métrica
Conocimiento adquirido con el modelo educativo creado	Pruebas Pedagógicas	Cuantitativa	Dependiente	Métrica
	Otras estrategias (lúdicas, comic)	Cuantitativa	Dependiente	Métrica
Competencias de innovación desarrolladas con el modelo educativo creado	Pensamiento creativo	Cuantitativa	Dependiente	Métrica
	Investigación	Cuantitativa	Dependiente	Métrica
	Innovación	Cuantitativa	Dependiente	Métrica

Fuente: Elaboración Propia.

La información se recolectó mediante la aplicación de diferentes métodos e instrumentos, se realizó encuesta y entrevista y se construyeron pruebas pedagógicas para la determinación y cuantificación de las variables dependientes correspondientes a las competencias desarrolladas y conocimientos adquiridos mediante el modelo educativo basado en TIC [11]. La validación del cuestionario se realizó mediante análisis estadísticos, se utilizarán los datos obtenidos con la prueba piloto, a los mismos se les aplicó un Análisis Factorial Exploratorio (AFE) y Confirmatorio (AFC), para la fiabilidad el coeficiente alfa de Crombach ($\alpha=0.78$) y la unidimensionalidad. También se aplicó la técnica estadística multivariante del MANOVA, en función de que se procuró comprobar que los conocimientos adquiridos por los estudiantes universitarios que cursan asignatura o módulos del área de matemática y física en su formación profesional mediante el modelo educativo creado basado en TIC para la innovación, inciden positivamente en su desempeño académico [15,23].

Se planteó un modelo provisional donde no se tuvieron en cuenta las posibles interacciones entre las variables y la función de enlace utilizada fue la logit, en lugar de la función log-log negativa acumulada $f(x)=-\log(-\log(x))$ recomendado para variables ordinales cuando se constata la acumulación de los casos en los rangos más bajos. El modelo de regresión ordinal, implementa el modelo universal politómico (abreviado PLUM o Polytomous Universal Model en inglés), que es una variante del modelo multinomial, con $\pi(Y \leq j) / x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$ probabilidad de encontrarse dentro o por debajo del nivel j ($j=1,2,3, \dots, j-1$) dados los diferentes predictores ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$), y, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ x_1, x_2, \dots, x_p son los coeficientes de variables independientes; el denominador, en el caso de probabilidades, es igual a la unidad (probabilidad total) y, en el caso de venir medido en frecuencias, es la suma de todas las frecuencias (total de casos) como se expresa en la ecuación.

$$\text{logit} [\pi(Y \leq j) / x_1, x_2, x_3, \dots, x_p] = \left(\frac{\pi(Y \leq j / x_1, x_2, x_3, \dots, x_p)}{\pi(Y / x_1, x_2, x_3, \dots, x_p)} \right) = \alpha_j + (-\beta_1 x_1 - \beta_2 x_2 - \dots - \beta_p x_p) \quad (1)$$

Con la transformación de los valores logits acumulados, se obtienen las probabilidades acumuladas de pertenecer a una determinada categoría, o encontrarse por debajo de dicha categoría.

De esta forma, se combina la transformación mediante función logarítmica y se modela como una función lineal, se llega a la denominada función logística, se reduce cualquier cantidad a un valor entre los límites 0 y 1 e indica una probabilidad de ocurrencia de la variable dependiente, en este caso, desarrollo del pensamiento [24,25]. La función representa, en una escala logarítmica, la relación entre las probabilidades de pertenecer a una de las dos poblaciones de ocurrencia/no ocurrencia del evento incrementar o no el nivel de desarrollo del pensamiento. Como es una función lineal de las variables explicativas (resultado), facilita la estimación e interpretación del modelo resultante. Una ventaja adicional de este modelo es que cuando las variables se distribuyen bajo la condición de normalidad se verifica el modelo logit, pero también se verifica en situaciones distintas a la condición de normalidad. Es decir, el ajuste de los datos a la normalidad no es una condición necesaria para la aplicación del modelo, lo cual subsana la variabilidad causada por institución y ubicación del estudiante [23].

III. RESULTADOS

Tomando como base el índice de desarrollo TIC como parte de la gestión educativa, se observan (Figura 1) bajo acceso a banda, bajo porcentaje de acceso a internet, además que los factores para el acceso y su uso están relacionados con los bajos niveles de suscripciones a banda ancha fija [21]. Las conexiones se realizan a través de datos de celulares en su mayoría o conexión por ayuda de vecinos o wifi de instituciones cercanas.



Figura 1: Análisis previo índice de acceso TIC población objeto.
Fuente: Elaboración propia.

Se observa un comportamiento centralizador, excluyente, dada las condiciones de estrato 1 y 2 de los estudiantes de estas instituciones de educación superior públicas y el lugar en el cual habitan, en particular para quienes viven en zona rural o lugar diferente a Cúcuta, quienes manifiestan baja calidad en conexión. donde los beneficios se han localizado sólo en algunas regiones, países o sectores productivos, lo cual ha generado o ampliado las desigualdades estructurales.

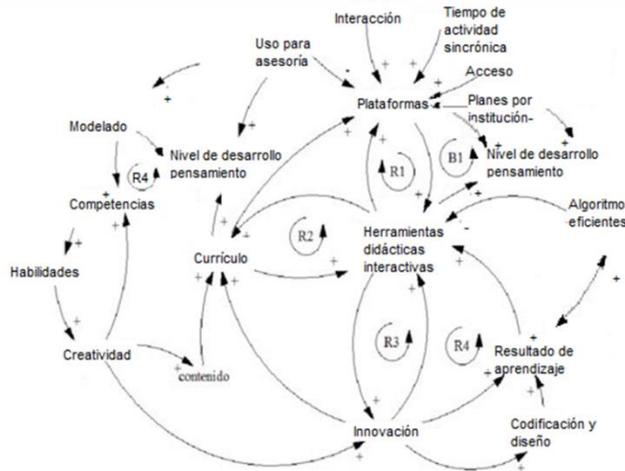


Figura 2: Diagrama causal usabilidad plataformas.
Fuente: Elaboración propia.

El bloque de construcción más importante en torno a la dinámica de tecnología en el desarrollo del pensamiento físico matemático se centra en el bucle R4 y B1 (Figura 2), Las variables en R4 se centran en el modelado y el desarrollo de competencias asociadas a habilidades, currículo establecido, así como innovación y resultados de aprendizaje, en B1 plataforma de acceso, planes institucionales, y herramientas didácticas repercuten en el fortalecimiento del desarrollo del pensamiento. (R1) Las variables herramientas didácticas presenta interrelación positiva, reflejando dinámica al indicar que su utilización mejora percepción asociado al nivel de desarrollo del pensamiento en matemática y física; de la plataforma utilizada. (R2) En este bucle se observa alta relación y positiva frente a currículo y la estrategia utilizada en Tic. (R3) Este bucle muestra como la variable herramientas se asocia a generación de procesos relacionados con la innovación existiendo influencia de cada una sobre la otra acorde a tipo de herramienta y tipo de innovación que se genere, percibidas entonces por estudiantes y profesores como útiles para lograr objetivos y los resultados de aprendizaje esperados (R4), además asociados a procesos que permiten llevar el aprendizaje a códigos y generación de diseños; en (R4) se observa incidencia negativa desde la efectividad de los algoritmos, dadas preconcepciones en lógica, o uso de tecnologías no dominadas por todos los estudiantes [22]. En los diferentes bucles intervienen otras variables que refuerzan positivamente en el desarrollo del pensamiento físico matemática en modelos híbridos o sincrónicos relacionados con la interacción que se percibe y ejecuta desde el uso de plataformas en la relación profesor-estudiante, en el tiempo de interacción, así como en el acceso en los planes establecidos en actividades que propenden por el desarrollo de competencias, habilidades desde el modelado matemático y físico, relacionados con el desarrollo de la creatividad y esta a su vez permeada por el contenido curricular. De igual manera causa de incidencia negativas frente a asesorías, pero relacionadas con la plataforma utilizada.

En torno al modelo estructural para análisis del pensamiento físico matemático, se observa que el peso de regresión β entre las variables moderlo educativo basado en TIC y pensamiento físico matemático es significativo al nivel del 0.05, donde el peso de regresión β entre las variables moderlo educativo basado en TIC y las competencias en matemáticas y física es estadísticamente significativo al nivel de 0.001, pero, no con creatividad donde no es significativo para el modelo en torno a uso de TIC relacionado con el nivel de desarrollo del pensamiento en física (Tabla 2). La fiabilidad (0.69, 0.50) y la varianza extractada (0.5, 0.3) de las variables latentes fue establecida y los resultados permiten

señalar que constructos que subyacen en el moderlo educativo basado en TIC y el pensamiento físico matemático están constituidos de manera apropiada. Los índices de ajuste absoluto del modelo con $X^2 = 4.8$, (gl) $p = 0.57$, indicando un ajuste bueno, índices de ajuste de parsimonia, $GFI = 0.97$, $AGFI = 0.98$, el $RMSEA = 0.01$ evidencian un ajuste apropiado [19].

Tabla 2: Pesos de regresión estandarizados entre las variables e indicador de variable latente.

	Peso de regresión estandarizado	Error estándar	p valor
Creatividad	0,47	0,21	,100 ^f
Moderlo educativo basado en TIC	0,75	0,56	,010 ^f
Competencias en matemáticas y física	0,65	0,22	,000 ^f

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo como referente variables causales mencionadas y variables establecidas para generación del modelo, al calcular las probabilidades de respuesta para unidad de incremento en los niveles de desarrollo del pensamiento, tomando solamente como ejemplo los tres primeros, que son: Prob (valor 0 univel) = $470 / 537 = 0.8752$. Prob (valor ≤ 1 univel) = $501 / 537 = 0.9329$. Prob (valor ≤ 2 univel) = $520 / 537 = 0.968$, se obtienen así mismos valores de umbral de los interceptos (α_j) o de cada una de las categorías ordenadas de la variable dependiente, a saber, 2.03, 2.84, 3.45, 4.12. Valores esperados Logit (valor 0) = $1/(1+e^{-2.03}) = 0.88391$, Logit (valor 1) = $1/(1+e^{-2.84}) = 0.94479$ diferencia 0.06088, Logit (valor 2) = $1/(1+e^{-3.45}) = 0.9692$ diferencia 0.02441; Logit (valor 3) = $1/(1+e^{-4.12}) = 0.98401$, diferencia 0.01481, obteniéndose frecuencias esperadas frecuencia (o incremento) = 474.65, frecuencia (1 nivel de incremento) = 5.735; frecuencia (2 niveles de incremento) = 520.4604; frecuencia (3 niveles de incremento) = 528.41, ... Del mismo modo, se podría proceder a calcular los valores esperados en probabilidad y en frecuencias para reportado por profesores. Test de razón de verosimilitud, se observa que ambas diferencias son significativas, pero la diferencia entre el modelo nulo y el modelo según perspectiva de profesores es ligeramente mayor en el caso de la función Log-log negativo. Se produce una desviación ligeramente mayor en el caso de la función Logit en la prueba de la desviación del modelo, para el primer caso $\chi^2 = 8,267$; $p = 0.712$ y para la función Logit, $\chi^2 = 9.011$; $p = 0.74$; test de razón $p = 0$. De otra parte, la probabilidad de reincidencia en cada una de las categorías es 2.057 veces más probable en el caso de quien ha incrementado en menor valor su nivel, por término medio. El estadístico z contra la hipótesis nula ($H_0: \beta = 0$) es $-0.7/0.17 = -4.2$ y el estadístico de Wald es 18.06; el cual para 1 gl (el número de grados de libertad es igual al n° de incrementos) con $p = 0.00$ indicando que existe diferencia significativa y, por tanto, el efecto del uso de tic en procesos de enseñanza aprendizaje del cálculo y la física sobre el incremento en torno al nivel de desarrollo del pensamiento físico-matemático es estadísticamente significativo [20].

Tabla 3: Valores de los parámetros del modelo de regresión para la variable dependiente nivel de desarrollo del pensamiento recategorizada, en función de variables independientes del modelo propuesto.

Unidad de Incremento	estimación	Error estándar	Wald	gl	sig
Competencias en Matemáticas, X_1	1.969	0.89	4.72	1	0.02
Competencias en Física, X_2	3.85	0.87	11.1	1	0.01
Creatividad, X_3	4.51	0.87	21.9	1	0.01
Gestión Educativa, X_4	1.50	0.22	43.2	1	0.00
Herramienta didáctica basada en TIC, X_5	1.04	0.19	29.2	1	0.00
Resultado de aprendizaje, X_6	3.7	0.55	44.9	1	0.00
Plataforma, X_7	-1	0.23	17.8	1	0.00
Competencias de innovación, X_8	1.5	0.23	44.9	1	0.00
Cognición, X_9	1.04	0.18	29.1	1	0.00
Experimentación y Comprensión de fenómeos físicos, X_{10}	1.91	0.89	4.72	1	0.02
Psicosociales, X_{11}	1.5	0.23	44.2	1	0.00

Fuente: Elaboración propia.

El test de la razón de verosimilitud también resulta significativo con el mismo valor, prácticamente, que para el modelo de la Tabla 4.17, ($\chi^2 = 1036,49$; $gl = 8$; $p < ,000$), indicando ganancia respecto al modelo nulo. El test de la desviación del modelo no resulta significativo ($\chi^2 = 920,5$; $p = 0.99$) por lo cual se obtiene buen ajuste del modelo, compactando categorías de la variable dependiente.

El modelo propuesto que relaciona el nivel de desarrollo de pensamiento físico-matemático en función de las variables relacionadas en la tabla 3, se puede esquematizar en la ecuación (2).

$$\text{logit}(DPFM) = 1,969X_1 + 3,85X_2 + 4,51X_3 + 1,50X_4 + 1,04X_5 + 3,7X_6 - X_7 + 1,5X_8 + 1,04X_9 + 1,91X_{10} + 1,50X_{11} \quad (2)$$

IV. DISCUSIÓN

El pensamiento físico matemático permite que el estudiante exprese en forma matemática diferentes fenómenos físicos que encuentra continuamente en su diario vivir y en la solución de problemas propios de su campo de formación. Es por ello que se requiere profundizar en su fortalecimiento y desarrollo puesto que de esta manera se realiza un aporte significativo en su proceso de formación.

Un modelo diseñado a partir de estrategias basadas en el uso e implementación de las nuevas tecnologías de información y comunicación conlleva a fortalecer este desarrollo. Se aprecia a partir del modelo propuesto que la importancia de desarrollar competencias tanto en matemáticas como en física [26] que conllevan a una resignificación del conocimiento utilizando el potencial transformador que ofrece el uso de las TIC [27] permitiendo al estudiante avanzar en forma individual y personal en su propio conocimiento estimulando simultáneamente los procesos innovadores y la creatividad [28-29]. Sin embargo, el modelo propuesto es también innovador puesto que involucra la vinculación de otras variables que inciden en el desarrollo de ese pensamiento físico matemático en los estudiantes, partiendo desde la gestión educativa e involucrando la didáctica, el uso de la plataforma, la cognición y la creatividad del estudiante, sus aspectos psicosociales y la comprensión de los fenómenos físicos.

El modelo permite identificar que en el desarrollo del pensamiento físico matemático de los estudiantes hay mayor influencia de los factores cognitivos y psicosociales y de estrategias didácticas basadas en el uso de tecnologías de información y comunicación, que de los factores socioeconómicos. También se identifica una dependencia similar en los procesos de identificación, argumentación, explicación y comprensión de los fenómenos físicos, pero en este caso se identifica también un aporte relevante de la gestión educativa y la utilización de los resultados de aprendizaje.

V. CONCLUSIONES

El modelo integrado sustentado por la regresión logística ordinal responde a la hipótesis planteada de encontrar las variables más significativas de pronóstico del incremento en el nivel de desarrollo del pensamiento físico-matemático, incluye un conjunto de variables independientes que, desde un punto de vista metodológico, pueden clasificarse en variable de situación: desarrollo del pensamiento físico matemático, variable de sujeto y transitorio unidad de incremento en el nivel de desarrollo del pensamiento, variables incluidas que mejoran ajuste del modelo gestión educativa relacionada a planeación profesor, estrategia pero centrada en la herramienta didáctica implementada, resultado de aprendizaje, plataforma asociada al acceso, competencia de innovación.

Se observa un comportamiento centralizador, excluyente, dada las condiciones de estrato 1 y 2 de los estudiantes de estas universidades públicas y el lugar en el cual habitan, en particular para quienes viven en zona rural o lugar diferente a Cúcuta, Pamplona y Ocaña quienes manifiestan baja calidad en conexión.

Las variables causales se centran en el modelado y el desarrollo de competencias asociadas a habilidades, currículo establecido, así como innovación y resultados de aprendizaje, plataforma de acceso, planes institucionales, y herramientas didácticas repercuten en el fortalecimiento del desarrollo del pensamiento, asociadas a generación de procesos relacionados con la innovación existiendo influencia de cada una sobre la otra acorde a tipo de herramienta y tipo de innovación que se genere, se observa alta relación y positiva frente a currículo y la estrategia utilizada en Tic.

A partir de los resultados obtenidos desde la estimación del modelo se identifica que el compromiso en el desarrollo del pensamiento físico matemático del estudiante no sólo es responsabilidad del docente y del estudiante, sino que también involucra el trabajo relacionado con la gestión educativa, diferentes aspectos psicosociales, las herramientas TIC utilizadas y el desarrollo en el estudiante de competencias en física y en matemáticas junto con la capacidad para la comprensión de fenómenos físicos, aspectos que deben ser abordados desde la institución, el aula de clase, la implementación de las TIC y el trabajo docente.

VI. REFERENCIAS

- [1] D. Viscaíno y O. Castiblanco, Imágenes permisibles, correctas y pertinentes en el pensamiento físico-matemático. *Ingenio Libre*, 1, 57-64, 2009.
- [2] O. Castiblanco y D. Viscaíno, La didáctica de la física desde la formación de imágenes en el pensamiento. *Journal of Science Education*, 10, 75-81, 2009.
- [3] M. Moreira, Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. *Revista de Enseñanza de la Física*. 26(1), 45-52, 2014
- [4] M. Campos y A. Torres, Necesidad de un marco de referencia para caracterizar el pensamiento físico: algunas reflexiones. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 8(15), 31-37, 2020.
- [5] E. Domínguez, Las TIC como apoyo al desarrollo de los procesos de pensamiento y la construcción activa de conocimientos. *Zona Próxima*, 10, 146-155, 2009
- [6] A. Grisales, Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas. *Entramado*. 14(2), 198-214, 2018
- [7] J. Rodríguez, J. Romero y G. Vergara, Importancia de las Tic en la enseñanza de las matemáticas. *Revista MUTUA*. 4(2), 1-9, 2017
- [8] J. Cabrera, F. Medina, I. Sánchez y M. Arias, El grado de manejo de las TIC para el aprendizaje de la física en ingeniería. *Espacios*. 38(45), 8-17, 2017
- [9] S. Sussman and J. J. Arnett, Emerging Adulthood: Developmental Period Facilitative of the Addictions. *Eval Health Prof*. 37(2), 147-155, 2014
- [10] P. Haro-Gordillo, Evaluando la innovación educativa con TIC en centros educativos. Estudio de un caso. Tesis doctoral Universidad de Málaga. España: Universidad de Málaga. 2015.
- [11] H. Gallardo, M. Vergel y F. Villamizar, Investigación intervención y enfoque multimétodo en ciencias humanas y educación matemática. *Logos Ciencia y Tecnología*. 9(2), 84-96, 2018.
- [12] V. Nuñez, Modelos educativos: inscripción y efectos. Tesis doctoral de la universidad Central de Barcelona. 1988.
- [13] S. Arias y M. Peñaloza, Muestreo. Enfoque ilustrado para investigar. Mérida – Venezuela. Grupo de investigación EVMERGI. Universidad de Los Andes. 2013.
- [14] S. Lohr, Muestreo: Diseño y Análisis. México, International Thomson Editores. 2000.
- [15] J. Hair, R. Anderson, R. Tatham y W. Black, Análisis multivariante. Quinta Edición. Madrid – España, Prentice Hall Iberia. 1999.
- [16] R. Lucio, El constructivismo y la práctica pedagógica. *Educación y cultura*. 34, 168-174, 1994.
- [17] E. Martín, Construir los aprendizajes. *Cuadernos de pedagogía*. 221, 17-19, 1991.
- [18] J. Mateo y F. Martínez, Medición y Evaluación Educativa. Editorial La Muralla S.A. Colección Manuales de Metodología de Investigación Educativa. Madrid. 2008.
- [19] H. Goldstein, *Multilevel statistical models* Londres: Institute of Education. Multilevel Models Project; 1999.
- [20] H. Quené and H. Van Den Bergh, On multi-level modeling of data from repeated measured designs: a tutorial. *Speech Communication*. 43, 103-121, 2004.
- [21] Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal]. Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe (LC/W.710/Rev.1). Santiago de Chile: Cepal. 2016.
- [22] C. Gómez y C. Coll, De qué hablamos cuando hablamos de Constructivismo. *Cuadernos de Pedagogía*. 221, 8-10, 1994.

- [23] C. Pérez, *Técnicas de Análisis Multivariante de Datos*. Madrid, Pearson Prentice Hall, 2008
- [24] C. Can, The Relationship between Materialism and Self-Transcendence in University Students Sample. *New/Yeni Symposium J.* 13(51), 13-22, 2013.
- [25] K. Suk-Sun, R. D. Hayward and P. Reed, Self-transcendence, spiritual perspective, and sense of purpose in family caregiving relationships: a mediated model of depression symptoms in Korean older adults. *Aging Mental Health.* 18, 905-913, 2014.
- [26] C. Camargo, B. Rodríguez y S. Atrio, Entornos virtuales de aprendizajes: Una estrategia pedagógica para el desarrollo de competencias fisicomatemáticas. *Hekademos: revista educativa digital.* 22, 36-45, 2017
- [27] A. Page y C. Rubio, P. Candelas y F. Belmar, Desarrollo de competencias genéricas en las asignaturas de Física. *I Jornadas In-Red*, 1, 1089-1102, 2014
- [28] F. Pérez y M. Sánchez, Proceso de enseñanza aprendizaje en las ciencias básicas con tecnologías innovadoras para la apropiación del conocimiento en la facultad de ingeniería Universidad Libre. *Ingenio Libre*, 7(17), 1-12, 2020
- [29] H. Gallardo y D. Villamizar and E. Maldonado, Project based pedagogy in the development of physical mathematical thinking. *Journal of Physics: Conference Series.* 1674(012013), 1-8, 2020.