



Universidad de Baja California

TESIS DOCTORAL

“SISTEMA DE CARACTERIZACIÓN DEL APRENDIZAJE EN UN ENTORNO CONSTRUCCIONISTA VÍA HOMOLOGÍA-SCAECH- EN LA EDUCACIÓN MEDIA EN COLOMBIA”

QUE PRESENTA

José Ferney Cortés Garnica

PARA OBTENER EL GRADO DE

Doctor en Educación

DIRECTOR DE TESIS DOCTORAL

Dr. Diego Armando Bautista Díaz

Tepic, Nayarit; 31 de marzo de 2022.

VOTO APROBATORIO PARA LA DEFENSA DE TESIS DOCTORAL

Tepic, Nayarit; 8 de septiembre de 2021.

Dr. Antonio Ayón Bañuelos.
Rector de la Universidad de Baja California

El suscrito Dr. **Diego Armando Bautista Díaz**, asignado por la institución como Director de Tesis Doctoral y responsable de dirigir el trabajo de investigación del Candidato al Grado de **Doctor en Educación**, hago constar que

José Ferney Cortés Garnica

Ha culminado la Tesis Doctoral satisfactoriamente bajo las normas establecidas por la Universidad de Baja California para la presentación y defensa, con el tema denominado:

“SISTEMA DE CARACTERIZACIÓN DEL APRENDIZAJE EN UN ENTORNO CONSTRUCCIONISTA VÍA HOMOLOGÍA–SCAECH- EN LA EDUCACIÓN MEDIA EN COLOMBIA”

Por tanto, habiendo sido designada por la institución como su **DIRECTOR (A) DE TESIS DOCTORAL** le doy el **VOTO APROBATORIO** para la defensa, evaluación y obtención del Grado Académico de **DOCTOR**, reconociendo que este trabajo es resultado de un largo proceso de investigación científica, realizada con alto profesionalismo y constituye un tema relevante y de actualidad científica que aportará a la Ciencia, al Estado del Arte y a las diferentes disciplinas científicas que la integran.

Por lo que considero que el trabajo reúne los requisitos reglamentarios y exigidos por la institución para ser defendida ante el tribunal de tesis que la Universidad de Baja California designe para ser evaluado.

DIRECTOR DE TESIS DOCTORAL



Dr. Diego Armando Bautista Díaz, PhD.

DEDICATORIA:

A ella que me vio iniciar esta carrera, pero no estuvo para ver su desenlace; a él que me formó y fue testigo de esta travesía con sumo orgullo, vivió esta pandemia y se fue con ella sin poder vivir el resultado de sus esfuerzos; al homeomorfismo que da cuenta de mi existencia a través de “todos ellos”, a mi gran familia, a ella siempre conmigo.

Para ellos va este homenaje.

AGRADECIMIENTOS:

A mis dos grandes compañeros en esta travesía académica Enrique Araujo y Ricardo Castillo por sus recomendaciones, a los Doctores Diego Armando Bautista y Nelson Enrique Barrios por su tiempo, su asesoría y su apoyo.

RESUMEN

A partir de la implementación de un sistema de caracterización del aprendizaje de los individuos en la educación media vía homología se pretende hacer un acercamiento a las estructuras de pensamiento que se dan en los estudiantes en la interacción en entornos construccionistas. En un entorno construccionista a través de la elaboración de artefactos paralelamente se construyen estructuras de conocimiento, si mediante el uso de software y hardware libre los estudiantes construyen modelos y simulaciones en el aula (vía SCAECH) entonces se puede caracterizar el aprendizaje de estos gracias a la dualidad acción-construcción y estructuras de conocimiento abordado desde la primera componente -acción-construcción-, a través del trabajo con software y hardware libres mediado por el modelamiento y la simulación en el aula se puede obtener la información de la dinámica de trabajo escolar acción-construcción en tiempo real vía homología mediante analíticas del aprendizaje y metodologías de inteligencia artificial previamente implementadas donde la información vía software hardware libres es recopilada, clasificada, discriminada y finalmente caracterizada desde la componente acción-construcción de la dualidad, para finalmente establecer la caracterización del aprendizaje de los individuos hacia la segunda componente de la dualidad -estructuras de conocimiento- lo que conlleva a una caracterización de la dinámica del aprendizaje de los individuos en entornos construccionistas.

PALABRAS CLAVES: construccionismo, caracterización, aprendizaje, modelado, simulación, homología, analíticas del aprendizaje, redes neuronales, plataforma Open Source, SOM.

ABSTRACT

From the implementation of a system of characterization of the learning of individuals in secondary education via homology it is tried to make an approach to the structures of thought that occur in students in the interaction in constructionist environments. In a constructionist environment through the elaboration of parallel artifacts knowledge structures are constructed, if through the use of software and free hardware the students construct models and simulations in the classroom (SCAECH) then it is possible to characterize the learning of these thanks to the action-construction parallelism and knowledge structures approached from the first component -action-construction-, through work with free software and hardware mediated by modeling and simulation in the classroom it is possible to obtain information on the dynamics of school work action-construction in real time homology route through learning analytics and artificial intelligence methodologies previously implemented where information via free hardware software is collected, classified, discriminated and finally characterized from the action-construction component of parallelism, to finally establish the characterization of learning of individuals towards the second component of parallelism - knowledge structures - which leads to the characterization of the dynamics of learning of individuals in constructionist environments.

KEYWORDS: Constructionist environment, characterization, learning, modeling and simulation, homology, complexity theories, learning analytics, neural network, Open Source platform, SOM

ÍNDICE DE GENERAL	
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE TABLAS, GRÁFICAS, CUADROS, ILUSTRACIONES, FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS	VII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	
1.1. El planteamiento del problema.	2
1.1.1 Pregunta de investigación	4
1.1.1.1 Preguntas específicas	4
1.2. Objetivos de la investigación.	5
1.2.1. Objetivo general.	5
1.2.2. Objetivos específicos.	5
1.3. Hipótesis de investigación.	6
1.4. Justificación.	6
1.5. Viabilidad de la Investigación.	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE).	
2.1. Antecedentes	10
2.1.1. Construccionismo y las TIC	11
2.1.2. Analíticas de Aprendizaje y construccionismo	14
2.2. Marco conceptual	23
2.2.1. Algunas ideas constructivistas en el marco psicológico	25
2.2.2. El construccionismo	28
2.2.3. Enfoque epistemológico	31
2.2.4 Modelado simulación y la escuela	34
2.2.5 Plataformas Open Hardware y Open software	36
2.2.5.1 Plataformas Open Hardware y Open software en educación	39

2.2.6. Dinámica constructorista y las teorías de la complejidad	42
2.2.6.1. Teoría del caos y la escuela	43
2.2.7. La inteligencia Artificial	44
2.2.7.1. La inteligencia Artificial en la educación	46
2.2.7.1.1. Sistemas hipermedia adaptativos	46
2.2.7.1.2. Aprendizaje basado en juegos	48
2.2.7.1.3. aprendizaje colaborativo soportado por PC	49
2.2.8. Analíticas de aprendizaje	49
2.2.9. Los mapas autoorganizados	50
2.2.10. Definiciones topológicas	51
2.2.10.1. La homología	52
2.2.10.1.1. n-simplex	53
2.2.10.1.2. Complejo simplicial	54
2.2.10.1.3. Grupos de homología	55
2.2.10.1.3.1. Operador borde	55
2.2.10.1.3.2. Grupo de homología para un complejo simplicial	57
2.2.11. Homología y aprendizaje	58
2.2.11. 1. Ambientes adecuados para el aprendizaje y homología	58
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.	
3.1. Tipo de estudio	60
3.2. Diseño de estudio.	60
3.3. Muestreo.	61
3.3.1. Criterio de exclusión	61
3.4. Definiciones conceptuales	61
3.4.1. Captación de datos	61
3.4.2. La plataforma CAEC	61
3.4.2.1 Kernel matriz de instrumentos	62
3.4.2.2 Kernel análisis	62
3.5. Instrumentos de recolección de datos	63
3.6. Técnicas y métodos	64
3.7. Procesamiento de datos	64
3.7.1. Instrumento I	65
3.7.2. Instrumento II	65
3.7.3. Instrumento III	65
3.7.4. Instrumento IV	65

CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1. Interpretaciones de los mapas de caracterización del aprendizaje	68
4.1.1. "Figure 1"	68
4.1.2. n-Cortaduras "Figure 2", "Figure 3", "Figure 4"	69
4.1.3. Trayectorias de cortaduras 4D	71
4.2. Caracterización del aprendizaje experimentos guiados	72
4.2.1. Test entradas	72
4.2.2. Test salida_digital	76
4.2.2.1. Prueba de verificación del SCAECH: análisis de correlación múltiple	79
4.2.2.2. Prueba de verificación del SCAECH: análisis de vector de coherencia	80
4.2.3. Test salida_análoga	80
4.2.4. Test in_digital_out_digital	83
4.2.5. Test in_analoga_out_servo	87
4.2.6. Test in_2_analog_out_2_digital	89
4.3. Caracterización del aprendizaje modelos autónomos	92
4.3.1. Modelo camaleón	93
4.3.1.1. Prueba de verificación del SCAECH: análisis de correlación múltiple	95
4.3.1.2. Prueba de verificación del SCAECH: análisis de vector de coherencia	96
4.3.2. Modelo girasol	97
4.3.2.1. Prueba de verificación del SCAECH: análisis de correlación múltiple	100
4.3.2.2. Prueba de verificación del SCAECH: análisis de vector de coherencia	101
4.3.3. Modelo planta carnívora	101
4.3.3.1. Prueba de verificación del SCAECH: análisis de correlación múltiple	104
4.3.3.2. Prueba de verificación del SCAECH: análisis de vector de coherencia	106
4.4. Generalización: Interpretación Homológica de los mapas de caracterización del aprendizaje	106
4.5. Discusión de resultados	111
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	
CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES	117
OTROS HALLAZGOS	118
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119

TABLA 1. Variables SCAECH	70
ÍNDICE DE FIGURAS	
Figura 1. Elementos conceptuales de la investigación	25
Figura 2. Plataforma CAECH	62
Figura 3. Análisis de correlación múltiple por filas y columnas	66
Figura 4. SCAECH	67
Figura 5. Asignación de escala del SCAECH	71
Figura 6. Ejemplo test_entradas	73
Figura 7. Monitor serie IDE Arduino	76
Figura 8. Ejemplo salida_digital	76
Figura 9. Análisis de correlación múltiple practica salida_digital	79
Figura 10. Ejemplo salida_analoga	81
Figura 11. Ejemplo In_digital_out_digital	84
Figura 12. Ejemplo In_analoga_out_servo	87
Figura 13. Ejemplo In_2_analog_out_2_digital	90
Figura 14. Correlación múltiple modelo camaleón	95
Figura 15. Análisis de correlación múltiple modelo girasol	100
Figura 16. Análisis de correlación múltiple modelo planta carnívora	105

ÍNDICE DE GRÁFICOS	
GRÁFICO 1. "Figure 1"	69
GRAFICO 2. "Figure 2", "Figure 3", "Figure 4"	70
GRÁFICO 3. "Figure 5" mapa de las trayectorias de cortaduras nodales 4D	72
GRAFICO 4. Configuración inicial test_entradas	73
GRÁFICO 5.1. "Figure 2" práctica test_entradas	74
GRAFICO 5.2. "Figure 3" práctica test_entradas	74
GRÁFICO 5.3. "Figure 4" práctica test_entradas	75
GRÁFICO 5.4. "Figure 5" práctica test_entradas	75
GRAFICO 6.1. "Figure 2" práctica salida_digital	77
GRÁFICO 6.2. "Figure 3" práctica salida_digital	77
GRAFICO 6.3. "Figure 4" práctica salida_digital	78
GRÁFICO 6.4. "Figure 5" práctica salida_digital	78
GRAFICO 7.1. "Figure 2" práctica salida_analoga	81
GRÁFICO 7.2. "Figure 3" práctica salida_analoga	82
GRAFICO 7.3. "Figure 4" práctica salida_analoga	82
GRÁFICO 7.4. "Figure 5" práctica salida_analoga	83
GRAFICO 8.1. "Figure 2" práctica In_digital_out_digital	84
GRÁFICO 8.2. "Figure 3" práctica In_digital_out_digital	85
GRAFICO 8.3. "Figure 4" práctica In_digital_out_digital	85
GRÁFICO 8.4. "Figure 5" práctica In_digital_out_digital	86

GRAFICO 9.1. “Figure 2” práctica in_analoga_out_servo	87
GRÁFICO 9.2. “Figure 3” práctica in_analoga_out_servo	88
GRAFICO 9.3. “Figure 4” práctica in_analoga_out_servo	88
GRÁFICO 9.4. “Figure 5” práctica in_analoga_out_servo	89
GRAFICO 10.1. “Figure 2” práctica in_2_analog_out_2_digital	90
GRÁFICO 10.2. “Figure 3” práctica in_2_analog_out_2_digital	91
GRAFICO 10.3. “Figure 4” práctica in_2_analog_out_2_digital	91
GRÁFICO 10.4. “Figure 5” práctica in_2_analog_out_2_digital	92
GRAFICO 11.1. “Figure 2” Modelo camaleón	93
GRÁFICO 11.2. “Figure 3” Modelo camaleón	93
GRAFICO 11.3. “Figure 4” Modelo camaleón	94
GRÁFICO 11.4. “Figure 5” Modelo camaleón	94
GRAFICO 12.1. “Figure 2” Modelo girasol	97
GRÁFICO 12.2. “Figure 3” Modelo girasol	97
GRAFICO 12.3. “Figure 4” Modelo girasol	98
GRÁFICO 12.4. “Figure 5” Modelo girasol	98
GRAFICO 13.1. “Figure 2” Modelo planta carnívora	102
GRÁFICO 13.2. “Figure 3” Modelo planta carnívora	102
GRAFICO 13.3. “Figure 4” Modelo planta carnívora	103
GRÁFICO 13.4. “Figure 5” Modelo planta carnívora	103
GRÁFICO 14. Clasificación del trabajo de los individuos en un entorno constructorista	107
GRÁFICO 14.1. Clasificación del trabajo de los individuos en la red neuronal	107
GRÁFICO 15. Invariantes practica salida digital	108
GRÁFICO 16. Invariantes modelo girasol	109
GRÁFICO 17. Recursos modelo camaleón	109
GRÁFICO 18. 2-simplex	110
GRÁFICO 19. Complejo simplicial SCAECH	110

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Ficha técnica nodemcu esp 12e	132
ANEXO 2. Base de datos MySQL	134
ANEXO 3. Código kernel análisis Matlab	135
ANEXO 4. Conjuntos CAECH	145
ANEXO 5. Código PHP	146
ANEXO 6. Códigos librería SCAECH 3	147
ANEXO 7. Guía estudiantes, experimentos guiados	155
ANEXO 8. Guía estudiantes, modelos autónomos	179
ANEXO 9. Plataforma CAECH	181
ANEXO 10. Validación experta	193

INTRODUCCIÓN

En la teoría del aprendizaje del construccionismo de Papert la noción de que el niño es constructor de sus propias estructuras intelectuales sucede particularmente, para Solano (2002) cuando el sujeto que aprende se compromete en la elaboración de algo que tenga significado social y que, por tanto, pueda compartir; por ejemplo: un castillo de arena, una máquina o un programa de computación plantean una alternativa de aproximación al aprendizaje del niño; precisamente en este último ejemplo se centran parte de las investigaciones de Papert y su equipo, en su artículo Situar el construccionismo, escrito por Papert y Harel (2002) donde se resalta entre varias experiencias una con Lego y Logo en Proyecto Headlight de la Hennigan School donde a final de su trabajo afirman: *Yo no creo que nadie entienda plenamente qué es lo que le da a estas actividades su calidad de riqueza de aprendizaje. Sin embargo, esto no impide que uno las tome.*

La importancia de caracterizar la riqueza de aprendizaje de estas actividades a partir de la dualidad fundamentado en la construcción que plantea Falbel (1993): *mientras los niños construyen cosas en el mundo externo simultáneamente construyen conocimiento al interior de sus mentes*, presenta una oportunidad de abordar el aprendizaje y se centra en la manera en la cual es posible aproximarse a estas actividades mediante la identificación y caracterización del aprendizaje mediante la acción del individuo dentro de un entorno construccionista.

El Open Software y el Open Hardware en un entorno construccionista escolar constituyen una novedosa alternativa en relación con la acción del individuo en este tipo de entornos, pero también representan una alternativa en la obtención de la información de las actividades relacionadas con el aprendizaje vía homología y junto con herramientas de la inteligencia artificial como los SOM pueden llegar a convertirse en una Plataforma de obtención y análisis automático de información de las actividades en entornos construccionistas, finalmente puede servir de base para todo un sistema de caracterización del aprendizaje de los estudiantes de la educación media en un entorno construccionista vía homología -SCAECH- mediado por el modelado, la simulación, la topología algebraica y la Inteligencia Artificial.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.

El constructivismo en educación según Fernández y Criado (2012) es una corriente pedagógica que se basa en la teoría del conocimiento constructivista, parte de la idea de que en la producción del aprendizaje el conocimiento debe ser construido o reconstruido por el propio sujeto que aprende a través de la acción y que supone la necesidad de ofrecer herramientas al estudiante que le permitan construir sus propias maneras y procedimientos para resolver situaciones problemáticas que le implican continuas auto-adaptaciones para seguir aprendiendo, en el ámbito educativo propone un paradigma en donde el proceso de enseñanza-aprendizaje se percibe y se lleva a cabo como proceso dinámico, participativo e interactivo del sujeto de modo que el conocimiento sea una auténtica construcción operada por la persona que aprende. El constructivismo según Vielma y Salas (2000) es una posición compartida por diferentes tendencias desde la investigación psicológica del desarrollo, entre ellas las teorías de Jean Piaget, Lev Vygotsky, Albert Bandura y Jerome Bruner.

Con el advenimiento de la tecnología del siglo XX surgirían cambios en las teorías sobre el aprendizaje, aparecería el conectivismo, la teoría cuántica de la confianza, la teoría general de sistemas, la teoría de la pedagogía conceptual, el aprendizaje activo, la teoría del aprendizaje invisible, la teoría del modelo operativo entre otras, algunas de ellas influenciadas según Barrios (2017) por la matemática y las tecnologías, algunas de ellas particularmente en el modelamiento y la inteligencia artificial -IA-.

Para Vicario (2009) el aprendizaje mediante la acción de Piaget y el mundo de las nuevas tecnologías se materializa a través del construccionismo de Papert quien adopta las concepciones de Piaget con el uso de la computadora, mediante la acción entre el individuo y la construcción de un artefacto cognitivo se llega a la construcción de estructuras paralelas de conocimiento en los sujetos; en el artículo: Situar el construccionismo, escrito por Papert y Harel (2002), se resalta entre varias experiencias una con Lego y Logo en Proyect Headlight de la Hennigan School en Boston en la cual a partir de la interacción Lego/Logo como medio de expresión los estudiantes usaban las matemáticas para definir la conducta de una serpiente y la física para explicar su estructura, el autor al final de esta experiencia plantea: *¿Cuál método es el que mejor fusiona la ciencia con la fantasía? ¿Qué favorece los sueños y las visiones y desata series de buenas ideas científicas y matemáticas?, después del análisis de una serie de casos Papert y Harel (2002) afirman: Yo no creo que nadie entienda plenamente qué es lo que les da a estas actividades su calidad de riqueza de aprendizaje. Sin embargo, esto no impide que uno las tome.*

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Ante la afirmación Papert y Harel (2002) la problemática se centra en la manera en la cual es posible aproximarse a la riqueza de aprendizaje de estas actividades mediante la identificación y caracterización de éste dentro de un entorno constructorista, en el cual el individuo interactúa con el otro, con elementos de software y hardware y que le permitirían al observador externo modelar la dinámica del aprendizaje y posiblemente optimizar la ruta en la consecución del conocimiento con la ayuda de herramientas propias de la inteligencia artificial, el modelamiento, la simulación y las analíticas de aprendizaje, lo que conlleva a hablar de evaluación en ambientes de aprendizaje constructivistas.

Según Romero et al. (2017) un ambiente de aprendizaje exige replantear la manera de evaluar al estudiante y generar una gran dinámica en producción de criterios y estrategias alterna a los métodos tradicionales de evaluación, incluso a las actuales pruebas masivas de evaluación que se abordan en los procesos de formación, pues estos procesos de producción repetitiva podrían limitar y reducir la riqueza de la experiencia educativa desde el ambiente a simples valoraciones y puntajes individuales. La evaluación en un sentido estrictamente pedagógico lo que debe hacer es visualizar ante el docente la manera de hacer seguimiento para comprender el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje sobre los cuáles está trabajando, debe convertirse en un referente que le permita actuar sobre ese proceso con el ánimo de estar en una cualificación constante y por ende los resultados deben ser diferentes en cada ambiente, justamente porque se encuentran supeditados a los escenarios y propósitos propuestos por la comunidad educativa; por lo tanto no son generalizados ni deben ser estandarizados.

En función de la diferenciación de evaluación de los aprendizajes existen como alternativa estrategias como el aprendizaje adaptativo y las analíticas de aprendizaje, el aprendizaje adaptativo que tiene como objetivo adaptar el proceso educativo a las fortalezas y debilidades de cada estudiante, según el observatorio de innovación educativa del tecnológico de Monterrey (2014): *el aprendizaje adaptativo es la personalización educativa de técnicas de aprendizaje, tras un proceso de diferenciación que identifica las necesidades específicas del estudiante y ofrece diferentes posibilidades.*

Por otro lado, las analíticas de aprendizaje según Durall et al. (2012) consisten en la interpretación de un amplio rango de datos producidos y recogidos acerca de los estudiantes para orientar su progresión académica, predecir actuaciones futuras e identificar elementos problemáticos. El objetivo de la recolección, registro, análisis y presentación de estos datos es posibilitar que los profesores puedan adaptar de manera rápida y eficaz las estrategias educativas al nivel de necesidad y capacidad de cada estudiante.

La diferenciación de los estudiantes mediante estas tecnologías permite una caracterización de los individuos mediante herramientas de la Inteligencia Artificial y el Big Data sugiriendo alternativas dentro de su aprendizaje, sin embargo, se centran en la interacción virtual con cada uno de ellos como lo menciona Kruse y Pongsajapan (2016) respecto de las analíticas del aprendizaje.

En cuanto al aprendizaje adaptativo existe una diversidad de plataformas, algunas de ellas al alcance de cualquier usuario en las cuales cualquier individuo puede crear sus propios cursos y de forma automática se hace la gestión del aprendizaje, sin embargo en el caso de la educación en secundaria se hace necesario que el estudiante interactúe de forma directa mediante la acción –lo mencionaba Papert en su propuesta del construccionismo-, en este caso el hardware y el software son materiales fundamentales en la acción, por tal motivo se sugiere realizar esta construcción física utilizando como estrategia el modelado y la simulación como ya lo han hecho previamente Araujo et al. (2016).

Además, según Falbel (1993) buenos materiales de aprendizaje ciertamente apoyan el aprendizaje construccionista, pero también es importante el ambiente de aprendizaje o el contexto social en el cual la construcción del conocimiento se lleva a cabo, la diversidad es importante, diversidad de destrezas y diversidad de estilos, en conclusión, un ambiente de aprendizaje rico debe incluir procesos colaborativos de aprendizaje.

Precisamente una de las limitantes de los sistemas adaptativos según el observatorio de innovación educativa del tecnológico de Monterrey (2014) es la ausencia de los procesos colaborativos de aprendizaje, sin embargo muchas de las virtudes de estos sistemas como las metodologías de adquisición de datos mediante herramientas de inteligencia artificial como las utilizadas por Zatarin y Barón (2011) y Buendía (2015) en sus investigaciones pueden ser útiles en la caracterización de los aprendizajes en entornos construccionistas escolares.

Retomando las palabras de Romero La evaluación debe visualizar ante el docente la manera de hacer seguimiento para comprender el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje sobre los cuáles está trabajando, en el caso particular de los entornos construccionistas en los procesos de aprendizaje diferenciados, específicos e interrelacionados, según la Secretaría de Educación del Distrito (2019): *la evaluación debe observar, valorar y orientar el camino que recorre el niño, niña o joven en formación* por lo tanto, debe realizar el seguimiento y la valoración en función de la optimización de su aprendizaje.

1.1.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Cómo caracterizar el aprendizaje en las actividades que suceden en los entornos construccionistas particularmente en los mediados por el modelado y la simulación escolar?

1.1.1.1 PREGUNTAS ESPECÍFICAS.

¿Qué parámetros considerar en la construcción de las estructuras de conocimiento en un entorno constructorista soportado por software y hardware en el modelamiento y la simulación?

¿Cómo describir el trabajo del estudiante en actividades de modelado y la simulación en el entorno constructorista?

¿Cómo son las actividades relacionadas con el aprendizaje de los estudiantes en un entorno constructorista?

¿Cómo es posible identificar invariantes en estructuras de conocimiento de los estudiantes en el trabajo escolar en el entorno constructorista en actividades de modelamiento y simulación escolar?

¿Cómo identificar rasgos comunes, regularidades, correlaciones y categorías en el aprendizaje de los estudiantes en un entorno constructorista?

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

Caracterizar el aprendizaje de los estudiantes de la educación media en un entorno constructorista vía homología mediado por actividades de modelado y simulación escolar.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Identificar parámetros que intervienen en la construcción de las estructuras de conocimiento en un entorno constructorista soportado por software y hardware en el modelamiento y la simulación escolar.

Describir el trabajo del estudiante en actividades de modelado y la simulación en el entorno constructorista.

Caracterizar las actividades relacionadas con el aprendizaje a partir de un sistema Software–Hardware de caracterización del aprendizaje de los estudiantes en un entorno constructorista.

Identificar rasgos comunes, regularidades, correlaciones o categorías en los datos obtenidos por un sistema de caracterización del aprendizaje de los estudiantes en un entorno constructorista.

1.3 HIPÓTESIS(CONJETURA).

En un entorno construccionista según Falbel (1993) a través de la construcción de artefactos paralelamente se construyen estructuras de conocimiento. Conjetura: si mediante el uso de software y hardware libre se puede construir modelos y simulaciones en el aula, entonces se puede caracterizar el aprendizaje de los estudiantes en entornos construccionistas de forma automática, gracias a la equivalencia existente entre acción-construcción y estructuras de conocimiento planteado por Falbel (1993) y Vicario (2009) con el apoyo de herramientas de análisis propias de la topología algebraica, la inteligencia artificial y las analíticas del aprendizaje.

Desde la primera componente la dualidad, a través del trabajo con software y hardware libres mediado por el modelamiento y la simulación en el aula se puede obtener la información de la dinámica de trabajo escolar acción-construcción en tiempo real, mediante metodologías de inteligencia artificial previamente diseñadas la información vía software hardware libres es recopilada, clasificada, discriminada y finalmente caracterizada desde la componente acción-construcción de la dualidad para finalmente establecer la caracterización del aprendizaje de los individuos hacia la componente estructuras de conocimiento mediante la homología simplicial.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

Según Solano (2002) en el construccionismo de Papert al igual que Piaget parte de la noción de que el niño es constructor de sus propias estructuras intelectuales, esto sucede particularmente cuando el sujeto que aprende se compromete en la elaboración de algo que tenga significado social y que, por tanto, pueda compartir; por ejemplo: un castillo de arena, una máquina, un programa de computación.

Papert toma de Piaget el modelo del niño como constructor de sus propias estructuras intelectuales y afirma que, como tal, necesita materiales para esa construcción y que es la cultura circundante la que provee al niño de esos materiales. En este sentido Papert (1984) señala: *habría entonces diferencias culturales marcadas entre los niños que tienen acceso a ambientes más ricos e interesantes y los que están privados de ellos*. Para mitigar esta distancia en el acceso se hace necesario mejorar las condiciones de los ambientes en los cuales se realiza este proceso, por ello la importancia de software y hardware libre que le permitan al individuo tener mayor acceso a los recursos necesarios para trabajar en un entorno construccionista de tal forma que pueda disfrutar al experimentar con sus ideas, sus razonamientos y hasta sus errores.

Garantizar el ambiente propicio para el aprendizaje y la creatividad requiere del educador la capacidad para reconocer las características propias de cada alumno y de acuerdo con ello poder proponer las situaciones de enseñanza requeridas; una de las estrategias que podrían ayudar con esta situación podría ser la caracterización automática del aprendizaje del sujeto y la determinación de sugerencias de forma automática en cuanto a las situaciones de enseñanza más adecuadas respecto del

estudiante y su trabajo. Por tal motivo la homología simplicial, la inteligencia artificial, las teorías de la complejidad, las analíticas del aprendizaje y los sistemas autoorganizados podrían ser una de las alternativas que permitirían tomar las decisiones más adecuadas al enseñante respecto de las situaciones particulares del aprendizaje en el aula.

Según Romero et al. (2017) un ambiente de aprendizaje exige replantear la manera de evaluar al estudiante y generar una gran dinámica en producción de criterios y estrategias alterna a los métodos tradicionales de evaluación, incluso a las actuales pruebas masivas de evaluación que se abordan en los procesos de formación, pues estos procesos de producción repetitiva podrían limitar y reducir la riqueza de la experiencia educativa desde el ambiente a simples valoraciones y puntajes individuales.

Gracias a las tecnologías en la educación como la inteligencia artificial que como lo afirmaría Gardner (1985): *sería la disciplina central de la ciencia cognitiva*, es posible la implementación de sistemas que simulen aspectos del comportamiento inteligente, así mismo se cuenta con diferentes sistemas para representar aspectos relacionados con el conocimiento como las analíticas del aprendizaje que lleva a cabo un seguimiento del sujeto que aprende de manera particular proporcionando información valiosa respecto de sus propias características en una dinámica del aprendizaje.

Queda un largo camino en la gestión de manera óptima y autónoma del conocimiento del educando, -los inconvenientes expuestos de los sistemas adaptativos- sin embargo estos sistemas en base a la inteligencia artificial pueden analizar la información que se obtiene en base a la interacción con el sujeto y presentarla al enseñante junto con las posibles estrategias para optimizar el conocimiento en el individuo, de esta forma entre el sistema inteligente y el enseñante pueden implementar las dinámicas más adecuadas para desarrollar el conocimiento en el sujeto, este enfoque de las teorías del aprendizaje permite además considerar la ideación de soluciones heurísticas como una herramienta más en la búsqueda del conocimiento y que puede ser una alternativa viable y aplicable en cuanto a la determinación de calidad educativa dentro del aula, lo mencionaba Popham (1999) respecto de la problemática de la determinación de la calidad a través de las pruebas estandarizadas: *lo que los profesores necesitan son instrumentos de evaluación que midan destrezas valiosas o conjuntos significativos de conocimientos*.

La evaluación en el aula en entornos construccionistas en Colombia puede convertirse en el aprendizaje en ambientes ricos en materiales donde la acción del estudiante mediante la dualidad de Falbel (1993) sea la forma de caracterizar y potenciar aquellos conjuntos significativos de conocimientos y *en como los estudiantes se involucran en una conversación –propia o ajena- con artefactos tangibles y cómo estas conversaciones fomentan el aprendizaje autodirigido para facilitar la construcción de nuevos conocimientos (Aparicio y Ostos, 2018)*, el interés fundamental de Papert.

Por otro lado, según Maldonado (2014): *el aula es el laboratorio de la educación una idea que no tiene nada novedoso, sin embargo, de lo que se trata es de entender la manera como sucede la producción de conocimiento en su primera forma*, un acercamiento a la dinámica del aula en un entorno constructorista presenta una oportunidad clave para abordar el conocimiento desde las actividades que suceden en estos entornos desde algunas herramientas de la complejidad.

Diversas instituciones educativas adscritas a la Secretaría de Educación del Distrito plantean dentro de sus proyectos educativos institucionales –PEI- enfoques desde los modelos psicológicos de la corriente constructorista, planteando una gran oportunidad en la aproximación al entendimiento de la dinámica de aprendizaje de los estudiantes a través de una caracterización del aprendizaje desde la acción dentro de sus aulas.

A través de la captación automática de las actuaciones de los sujetos vía Hardware-software en la construcción de modelos y simulaciones y el análisis del accionar con herramientas de la inteligencia artificial en diversos mapeos vía Homología simplicial, perfilan al SCAECH como un sistema de caracterización del aprendizaje que puede contribuir al entendimiento de la dinámica de producción del conocimiento y su posible valoración desde una perspectiva tecnológica aportando un nuevo enfoque a la evaluación en la corriente constructorista en educación.

1.5 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

En el desarrollo de la propuesta la población en la cual se llevará a cabo la investigación corresponde a los Estudiantes ubicados en Bogotá, localidad octava que cursan la educación media y que pertenecen al sistema de educación pública, los individuos que componen las muestras pueden tener fundamentos en programación y robótica, las muestras no incluyen individuos con necesidades educativas especiales, sin embargo esta investigación presenta una oportunidad futura en el estudio de las estructuras de conocimiento presentes en los individuos con estas condiciones.

Actualmente la investigación cuenta con un pequeño grupo de trabajo en software, hardware e inteligencia artificial escolar trabajando de lleno en el ámbito educativo en el sector de la educación pública en la ciudad de Bogotá lo que representa una fortaleza en cuanto a su continuidad y desarrollo.

La propuesta de investigación busca caracterizar el aprendizaje de los estudiantes de educación media del sistema de educación colombiano en un entorno constructorista mediado por el modelado y la simulación haciendo una aproximación a las estructuras de conocimiento que los estudiantes conforman en este tipo de entornos y de esta forma brindar una herramienta para diseñar las estrategias más adecuadas para el aprendizaje de cada uno de los individuos que participan del entorno constructorista.

Esta investigación puede servir de base en el desarrollo de sistemas adaptativos y autónomos en la gestión de aprendizaje dentro de entornos construccionistas convirtiéndose en una herramienta desde el enfoque constructivista para la gestión del aprendizaje, promoviendo la flexibilidad, la interacción, el protagonismo del aprendizaje por parte del estudiante, la diferenciabilidad y la autonomía, cualidades que se pueden potenciar dentro y fuera del aula fortaleciendo los modelos de educación presencial y a distancia desde la perspectiva construccionista de Papert.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

Caracterizar el aprendizaje del estudiante en un entorno constructorista surge de la dualidad fundamentada en la construcción que plantea Falbel (1993): *mientras los niños construyen cosas en el mundo externo simultáneamente construyen conocimiento al interior de sus mentes*, lo que plantea en palabras de Papert (1984) una primera premisa: *el niño como constructor*, esto a raíz del modelo del niño como constructor de sus propias estructuras intelectuales del constructivismo de Piaget.

Lo anterior lleva a plantear la importancia de las ideas constructivistas como la base de los planteamientos constructoristas de Papert a partir de las premisas del niño como constructor y la importancia de los materiales adecuados en la construcción. El software y el hardware en especial libres pueden convertirse en los materiales indicados en esta construcción a través de una estrategia en base al modelamiento y la simulación mediante la cual se expresa la dinámica de trabajo, sin embargo se hace necesario recopilar y analizar gran cantidad de información acerca de la construcción de los individuos por tal motivo algunas herramientas propias de la inteligencia artificial, las teorías de la complejidad y las analíticas del aprendizaje pueden convertirse en la estrategia adecuada para el análisis de la información de la dinámica del aprendizaje de los individuos en entornos constructoristas vía Homología.

2.1 ANTECEDENTES.

El constructivismo en educación considera al conocimiento como un proceso activo de construcción autónoma a partir de la experiencia previa y de las interacciones que establece el individuo con el entorno y sus participantes, a través del constructorismo permitió abordar el modelo de construcción desde el ámbito de la tecnología a través de la computadora, hoy existen nuevas disciplinas como la inteligencia Artificial, las teorías de la complejidad, el modelamiento y la simulación, así como nuevas herramientas y dispositivos tecnológicos como las analíticas del aprendizaje, el software sumado al hardware además del el Open Software y el open hardware que presentan un nuevo panorama en el la dinámica educativa y que puede ser potenciados en favor de *la construcción de conocimiento a través de una conversación entre los sujetos y los artefactos tangibles* en palabras de Papert según Aparicio y Ostos (2018).

Según Noss y Hoyles (2019) Adicionalmente, la teoría del constructorismo ha adquirido más forma y detalle, inspirando a diseñadores a construir otras tecnologías que apoyan sus objetivos fundamentales: Boxer, Scratch,⁵ NetLogo,⁶ ToonTalk,⁷ y más recientemente hardware que finalmente ha llegado a ser omnipresente como el Raspberry Pi y el BBC Micro:bit.

En el caso de Colombia Hardware como el Sistema Multi-Agente RobEd creado por Jimenez y Ramirez (2010) y FEMPRETEC que hace parte de la propuesta modelado y simulación M(H) en la educación media de Araujo et al. (2016) son

algunos ejemplos del desarrollo de material en el marco referencial construccionista, por otro lado Florez y Sarmiento (2014) muestran propuestas que relacionan construccionismo y aprendizaje basado en problemas como directriz en el proceso enseñanza-aprendizaje de la robótica educativa en Colombia particularmente en experiencias en dos instituciones distritales en la educación media y una a nivel universitario en grupos de robótica.

2.1.1. CONTRUCCIONISMO Y LAS TICS

La teoría del aprendizaje construccionista en Colombia se relaciona directamente con los comienzos oficiales del uso de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación colombiana, dentro de un esquema programático formal como lo fue el Plan Nacional de Desarrollo 1983-1986, base de los procesos educativo y productivo del país y que se combinaron en función de las necesidades de desarrollo integral del país y de la sociedad de aquel momento.

Según Benavides (2012) el gobierno se asesoró de expertos reconocidos internacionalmente en el campo educativo sobre la transferencia tecnológica y de la capacitación del recurso humano, personajes de reconocida trayectoria en los campos del software, de hardware y de su aplicación en educación se hicieron presentes en la convocatoria del gobierno, como por ejemplo, Kinya Matzumura, y Hiroyuki Saito del Japón, y particularmente con autoridades como Seymour Papert y Nicholas Negroponte del Instituto Tecnológico de Massachusetts –MIT- de los Estados Unidos junto con otros expertos norteamericanos en el campo de las tecnologías de la información y su aplicación en educación y en la ciencia cognitiva que ya empezaba a destacarse a nivel internacional con la ayuda del nuevo ingrediente tecnológico.

Particularmente es muy ilustrativo el convenio de investigación realizado entre el MIT y el gobierno colombiano de aquel entonces establecido inicialmente como proyecto formal en 1982 y en el cual Benavides (2012) resalta la parte educativa e investigativa:

“1. DECLARACIÓN DE TRABAJO. MIT se compromete a hacer su mejor esfuerzo para desarrollar el programa de investigación denominado “Computación personal para el desarrollo colombiano” como se describe en la propuesta adjunta.

2. INVESTIGADOR PRINCIPAL. La investigación será supervisada por los profesores Nicholas Negroponte y Seymour Papert. Si, por cualquier razón, no pudieran continuar sirviendo como investigadores principales y un sucesor aceptable para ambas partes, MIT y el patrocinador, no está disponible, este convenio se dará por terminado como se prevé en el artículo 6”

Actualmente existe algunos trabajos en el país que retoman las ideas construccionistas de Seymour Papert a partir de novedosas herramientas y dispositivos tecnológicos y que iniciaron en la década del 80 con el uso de la computadora; justamente en función del uso de las tecnologías diseñadas e implementadas por el investigador Papert en el aula Santamaría y Mendoza(2009) de la Universidad de Tunja presentan un trabajo donde analizan la posibilidad de

integrar las ventajas pedagógicas de LOGO propuesto originalmente por Papert en escenarios en dos dimensiones -2D- con una interfaz gráfica en tres dimensiones (3D), esto a partir del aprovechamiento de la tecnología contemplada en los estándares del consorcio Web3D dedicado a fomentar la aplicación de estándares abiertos para servicios y contenidos 3D, considerado según los autores como la organización más representativa para crear lenguajes y plataformas de realidad virtual. La propuesta con enfoque constructivista permite según los autores motivar el aprendizaje en los niños mientras ellos mismos exploran los escenarios tridimensionales, aclaran que los proyectos relacionados con prototipos de LOGO 3D son propuestas investigativas de las que todavía no se conocen evidencias como producto terminado, por tanto los autores plantean el tema como un proyecto investigativo que aproveche el uso de plataformas Web3D como X3D y que se centre en el desarrollo de competencias espaciales específicas como la lateralidad, cálculos matemáticos y trigonométricos para la construcción de escenarios en 3D.

Por su parte Cortés Arbeláez y Mendoza (2009) de la Universidad de Pereira presentan una tesis para la discusión de cómo se debe presentar la robótica utilizando un equipo LEGO Mindstorms -desarrollo de la empresa LEGO con la asesoría de Seymour Papert- con el fin que estudiantes a través de una metodología constructivista adquieran y desarrollen sus primeras aptitudes y conocimientos en el área de la robótica. Al igual que en la propuesta anterior no se tiene resultados de la implementación sin embargo a diferencia de la propuesta anterior esta se plantea en entornos constructivistas enriquecidos tecnológicamente a través de la robótica escolar.

Al respecto García y Gil (2006) indicaban en su momento: *El paradigma educativo de la nueva sociedad de la información se caracterizará por modelos constructivistas de aprendizaje y entornos enriquecidos tecnológicamente.* Particularmente ellos experimentaron con simulaciones informáticas en entornos constructivistas en la enseñanza de la física en el aula donde los estudiantes podían resolver problemas apoyados por el ordenador.

En cuanto a su relación con las propuestas constructivistas citan:

“Las propuestas educativas basadas en el constructivismo proponen un acercamiento a la cultura de la investigación científica, incluyendo en ello la adopción de patrones colaborativos en las tareas desarrolladas. La colaboración entre estudiantes por medio de redes de ordenadores se perfila como una herramienta eficaz para que los estudiantes desarrollen las habilidades necesarias en la nueva sociedad de la información (Lakkala, 2005; Citado por García & Gil, 2006, p. 311)”.

En su artículo García & Gil (2006), expresan: *Las simulaciones interactivas contribuyen al proceso de enseñanza/aprendizaje de diferentes maneras; los estudiantes visualizan fenómenos naturales, se modifica la secuencia habitual de enseñanza y se evitan dificultades al resolver problemas apoyados por el computador,* elemento fundamental en la operacionalización de los planteamientos constructivistas.

En cuanto al protagonismo de la computadora como parte de los materiales para construir que plantea Papert en entornos construccionistas, las técnicas como la simulación escolar y la riqueza de nuevos materiales tecnológicos para construir Araujo et al. (2016) plantean la propuesta *modelado y simulación M(H) en la educación media*, quienes retoman la importancia del aprendizaje en entornos construccionistas en función de lo que ellos denominan la homología a través de un sistema software-hardware propio.

En esta propuesta los autores crean un sistema llamado la plataforma H:

“La propuesta busca evaluar el alcance de la plataforma H que se utiliza como estrategia didáctica en la enseñanza de las ciencias desde la tecnología, que además potencia las funcionalidades en los procesos de estudio, la observación de sistemas y la construcción de modelos en un ambiente de aprendizaje, específicamente en el campo del modelamiento y la simulación con la utilización de entornos de desarrollo, basados en software y hardware libre...está diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios que permitan promover la habilidad cognitiva de Homología (Araujo et al., 2016, p.5)”.

La investigación se aborda desde un enfoque cuantitativo con un diseño de investigación tipo experimental a base de cuasiexperimentos, la población en la cual se aplica esta investigación corresponde al ciclo educativo cinco de educación básica y media en la ciudad de Bogotá en una institución educativa estatal, en la investigación se definen tres variables: la eficacia, la eficiencia y la efectividad que a su vez se relacionan con tres categorías: *reconocimiento de los elementos y funcionamiento; construcción de modelos guiados* y finalmente *construcción de modelos autónomos*.

Para el desarrollo de la propuesta los autores diseñan una serie de actividades relacionadas con la construcción de modelos y el desarrollo de simulaciones por parte de los estudiantes, que se desarrollan gracias a la interacción entre el software libre Scratch -versión de logo de Papert- y el hardware libre llamado Fempretec que es un desarrollo propio de los autores (castillo et al, 2016), esta serie de actividades se sitúan en las diferentes categorías y paralelamente establece un homeomorfismo entre el desarrollo de las actividades con sus respectivas categorías y la homología desde la geometría proyectiva para establecer una definición de la habilidad de homología en el contexto educativo.

Para establecer la relación entre las diferentes variables, actividades y categorías se establece una matriz de caracterización de homología que establece un análisis de correlación que resulta en gráficos de baja dimensionalidad del trabajo de los estudiantes con respecto del nivel de homología.

Al final de su investigación una de las conclusiones a las cuales llegan los autores demarca parte de la importancia del modelamiento la simulación, el software y el hardware libres en el aula:

“Modelado y la simulación M(H) es una propuesta con gran futuro, entre otras razones, por la utilización de hardware y software libre con la plataforma H que modelan y simulan los fenómenos que se estudian en las clases de ciencias. Su fácil incorporación a los entornos de aprendizaje constructivistas hace posible su generalización entre profesores y estudiantes (Araujo et al., 2016, pp.111-112)”.

Lo anterior justifica el interés, por utilizar como estrategia dentro del aula el Modelamiento y la Simulación en una interrelación constante a través de entornos enriquecidos tecnológicamente con el Open Software y el Open hardware para almacenar datos de la interacción en estos entornos y que puedan beneficiar a los estudiantes en función de su aprendizaje.

2.1.2. ANALÍTICAS DE APRENDIZAJE Y COSTRUCIONISMO

En cuanto a analíticas del aprendizaje según Sabulsky (2019) este tema ha sido poco desarrollado en el contexto académico Latinoamericano y no es un tema del todo instalado siendo aún pocas las experiencias que aprovechan la integración de analíticas de aprendizaje como estrategia de seguimiento y mejora, la autora afirma que se debe al desconocimiento de los dispositivos técnicos para su aplicación, también por presuponer que se desprende de una concepción mercantilista de la educación y porque la mayor parte de la producción teórica se encuentra en idioma inglés.

Amo et al. (2018) en su propuesta: *Learning Analytics to Assess Students' Behavior With Scratch Through Clickstream* por su parte utilizan en el aula de clase Scratch como herramienta de interacción con los estudiantes, sin embargo, ellos a diferencia de Araujo et al. (2018) modifican el software Scratch para analizar la conducta de los estudiantes cuando realizan actividades de programación a través de Analíticas de Aprendizaje.

En este trabajo los autores utilizan las analíticas de aprendizaje para asegurar la retroalimentación en tiempo real a través del análisis del comportamiento de los estudiantes en la práctica de programación, proponen una alternativa de categorización y entendimiento del comportamiento de los estudiantes en actividades de programación utilizando el Clickstream.

El Clickstream según los autores es una técnica utilizada en aplicaciones web, normalmente en el comercio electrónico, para saber cómo se comportan los visitantes de un sitio web. A través de la colección de clics en las diferentes partes de las páginas web, una herramienta analítica y una de visualización se puede tener una idea del comportamiento de los visitantes, esta información puede ser muy valiosa para refinar la experiencia del usuario y adaptar las estrategias de negocio para maximizar la conversión de visitas en ventas.

En su trabajo los autores proponen una modificación de la herramienta Scratch para incorporar esta técnica de recolección de clics, las modificaciones realizadas permiten capturar todos los clics realizados en este entorno de programación visual,

según ellos los clics permiten reconstruir de alguna manera todo lo que el alumno ha hecho durante el desarrollo de un determinado trabajo, lo que permite conocer aspectos interesantes como si ha trabajado en clase, qué bloques ha utilizado, si ha aplicado los conceptos aprendidos o si ha utilizado las estructuras trabajadas en el aula; con esta información se puede identificar y clasificar las diferentes formas de abordar la tarea de programación asignada, afirman que la colección de clics puede descubrir aspectos más profundos del comportamiento de los estudiantes tales como diferentes estilos de programación de acuerdo a los clics realizados en zonas de alta concentración de clics.

En cuanto a la metodología utilizada para su trabajo Amo et al. (2018) desarrollaron una solución soportada por un modelo arquitectónico basado en eventos, un servicio web para enviar y almacenar las interacciones y un modelo predictivo; la colección de clics se desarrolló a partir del código Scratch original modificándolo hasta un contexto de programación y captura de interacción a partir de clics, los autores afirman que la propuesta ha sido probada en diferentes talleres de Scratch celebrados en La Salle Campus Barcelona en España durante los años 2017 y 2018.

Para comprender la interacción de los alumnos en Scratch los autores crearon una imagen con la interfaz de Scratch y el mapa de clics principalmente en función de los botones Bandera verde y Stop donde se buscaba detectar los patrones *Desarrollo bloqueado*, *Desarrollo a un ritmo normal* y *desarrollo rápido* analizando el flujo de clics de estos dos botones.

Paralelamente los autores consideraron que el análisis debería ir acompañado de una evaluación por parte del profesorado para establecer una relación entre calificaciones y comportamientos. Esta relación permitiría los profesores obtener información sobre los posibles riesgos y actuar en consecuencia, por ello se planteó el uso de rúbricas para obtener una calificación y analizar la posible relación con las conductas propuestas.

Se utilizó una aproximación estadística para detectar analíticamente los tres tipos de comportamiento lo que permitió medir el ritmo de desarrollo de los proyectos en relación con el grupo de clase. Las interacciones entre los diferentes grupos fluyen espontáneamente, lo que cambia su forma de desarrollo y los resultados finales, ya que intercambian conocimientos a lo largo del desarrollo. Por lo tanto, en el análisis estadístico se consideraron todos los clics de todos los grupos de cada taller; finalmente para extraer los tipos de comportamiento los autores elaboraron un cálculo estadístico en relación con la mediana de los clics realizados en el botón de bandera verde.

En el análisis de los datos recogidos en el marco de las analíticas de aprendizaje se encontró una relación entre los resultados de las rúbricas y los patrones detectados, una baja calificación en la rúbrica debería reflejarse en un comportamiento de bloqueo. De alguna manera este enfoque sirve como una automatización de la rúbrica a través del comportamiento del estudiante afirman los

autores, además que esta información se puede obtener en tiempo real, permitiendo que el profesor actúe antes de que el alumno entregue la actividad.

Para indagar sobre el estado del arte en las analíticas aprendizaje y su relación con el construccionismo en el aula de clase de manera general se realizó un estudio bibliométrico de la producción científica sobre analíticas del aprendizaje y construccionismo basada en una adaptación al diseño metodológico propuesto por Pineda (2015) y aplicado en la base de datos SCOPUS.

En la primera fase, la ecuación utilizada para la búsqueda en SCOPUS es:

(ALL (learning AND analytics) AND TITLE-ABS-KEY (constructionism))

Se obtuvieron un total de 29 documentos publicados y encontrados en dicha base de datos.

En la segunda fase, se recogen los datos de interés de cada documento seleccionado en proceso anterior para lo cual se consideraron las variables:

1. Año de publicación: relacionada al año en que el documento fue publicado.
2. Tipo de documento: clasifica el documento según tipo de publicación.
3. Autores: identifica a los autores del escrito.
4. Palabras clave: palabra o conjunto de palabras que identifican la temática central del documento.
5. Área temática: tiene relación con el ámbito científico en que se ha publicado el documento.
6. País de autoría: lugar geográfico donde se encuentra la universidad o centro de investigación al que pertenece el autor.

1. Año de publicación: relacionada al año en que el documento fue publicado.

Año	Documentos	Porcentaje
2010	0	0
2011	2	6.8%
2012	1	3.4%
2013	3	10.3%
2014	3	10.3%
2015	4	13.7%
2016	5	17.24%

2018	3	10.3%
2019	2	6.8%
2020	2	6.8%
total	29	100%

Los resultados dan cuenta que las analíticas del aprendizaje y su relación con entornos constructoristas es un tópico nuevo y actualmente en desarrollo, esto se pudo evidenciar en las búsquedas cuyos filtros no tenían en cuenta el año de publicación ni ningún otro filtro, sin embargo, los resultados obtenidos solo muestran un total de 29 publicaciones, todas ellas en la última década.

2. Tipo de documento

	Documentos	porcentaje
Documento de sesión	10	34.4%
Artículos de revista	18	62%
Capítulo de libro	1	3.4%
total	29	100%

La mayoría de los documentos se encuentran entre artículos publicados y documentos de sesión en relación con el área de la educación y las ciencias de la computación

3. Autores: identifica a los autores del escrito.

# de documentos	Frecuencia de autores	de	porcentaje	productividad
8	1		1.5%	Gran productor
5	1		1.5%	Gran productor
3	1		1.5%	Mediano productor
2	2		3%	ocasional
1	58		92.5%	ocasional
Total	63		100%	

El autor con más publicaciones es Paulo Blickstein cuyo invariante en esta bibliometría son las analíticas de aprendizaje multimodal -Blikstein (2015)- en relación directa con la intención del SCAECH, además de estar citado alrededor de 114 veces en artículos relacionados con las analíticas del aprendizaje.

4. Palabras clave: palabra o conjunto de palabras que identifican la temática central del documento.

Palabras clave	Frecuencia	Porcentaje n=29
Constructivismo	27	93.1%
Instrucción asistida por computadora	7	24.1%
Analíticas de aprendizaje	7	24.1%
Estudiantes	7	24.1%
Educación e ingeniería	7	24.1%
Informática educativa	5	17.2%
Procesamiento de datos	4	13.7%
Diseño	4	13.7%
Evaluación	3	10.3%
Big Data	3	10.3%

Como era de esperarse el marco referencial del de la información es el constructivismo en educación sobre la base de las ciencias de la computación como campo de influencia y que también se puede ver en la tabla de área temática.

5. Área temática: tiene relación con el ámbito científico en que se ha publicado el documento.

Área temática	Documentos	Porcentaje
Ciencias de la computación	21	72.4%
Ciencias sociales	19	65.5%
Matemáticas	4	13.7%
Negocios gestión y contabilidad	3	10.3%

6. País de autoría: lugar geográfico donde se encuentra la universidad o centro de investigación al que pertenece el autor.

País	Documentos	porcentaje
Estados unidos	23	79.3%
Reino unido	4	13.7%
Canadá	3	10.3%

Afiliación	Cantidad
Universidad de Stanford	9
Northwestern University	5
Stanford Graduate School of Education	3
Universidad de Columbia	3
Universidad del estado de Utah	3
Universidad de Toronto	2
Universidad de Wisconsin-Madison	2
Universidad de rutgers-nuevo Brunswick	2

Es claro que el foco de la investigación en analíticas del aprendizaje aplicado al constructivismo en educación con enfoque multimodal se encuentra liderada por Estados Unidos, el Reino Unido y Canadá, principalmente en la Universidad de Stanford, en los documentos hallados no se encuentra evidencia de publicaciones de investigaciones lideradas en Latinoamérica lo que apoya la tesis de Sabulsky (2019).

De las pocas experiencias en Latinoamérica particularmente en Colombia Simanca et al. (2019) plantean una investigación en la cual por medio del uso de analíticas de aprendizaje -no multimodal como la que explora Blikstein (2015)- identifican a los estudiantes en riesgo de reprobar una materia en un curso de algoritmos del programa de ingeniería ambiental en la Universidad Cooperativa de Colombia en 2017, esto para definir una futura tutoría personalizada; según los autores este instrumento proporciona al profesor y al alumno la información necesaria para evaluar el rendimiento académico utilizando una matriz de evaluación de riesgos con lo cual el profesor puede entonces personalizar cualquier tutoría para un estudiante que tenga problemas, así como adaptar el contenido del curso.

El sistema fue creado inicialmente según los autores en base a las analíticas de aprendizaje, el objetivo era construir una herramienta de software que, aplicando las cuatro fases de las analíticas del aprendizaje definidas por Amo y Santiago (2017) -Explicar, Diagnosticar, Predecir, y Prescribir-, funcionaría como un sensor lógico permitiendo al profesor de un curso virtual identificar a los estudiantes con dificultades de aprendizaje mediante la revisión de sus calificaciones. Posteriormente, el profesor podría identificar las características del grupo de alumnos, incluyendo el estilo de aprendizaje predominante, con el fin de preparar tutorías personalizadas para alumnos con dificultades, y adaptar el material utilizado en el aula virtual, mejorando así el rendimiento académico y reduciendo así la tasa de abandono de los entornos de aprendizaje virtuales.

Los autores proponen el diseño de un aula virtual y posteriormente el desarrollo de un software que integrara las cuatro fases de las analíticas de aprendizaje para crear una prueba de los estilos de aprendizaje predominantes de los estudiantes. El diseño e implementación del aula virtual se realizó en LMS Sakai trabajando con el motor de base de datos MySQL, la herramienta de desarrollo fue el lenguaje de programación PHP y se utilizó HTML5 y CSS para la maquetación.

Se establecieron las entradas de datos que se tomarían del aula virtual como: Estilo de aprendizaje, informes de inicio de sesión, tiempo total de conexión, rendimiento individual del estudiante en comparación con el grupo; el software tiene dos especificaciones de perfil de usuario -Profesor y Estudiante-, lo que permitiría la validación del sistema en un contexto real, además, permite a los estudiantes ver cómo se están desempeñando y al mismo tiempo comparar sus resultados con los del grupo.

Después procedieron a catalogar los datos de acuerdo a su enfoque, estableciendo así el conjunto de herramientas que se necesitaban para definir y clasificar el requisitos para aplicar las cuatro fases ya mencionadas, identificando qué datos de entrada se considerarían, y establecer la salida que serviría de indicador para las correspondientes alertas del sensor; la información a considerada por los autores abarca: estilo de aprendizaje, informes de inicio de sesión, tiempo de conexión, desempeño individual vs desempeño grupal, promedio de actividades y recursos consumidos.

Esta información es extraída de la actividad del alumno en el aula virtual, en cumplimiento con la primera fase 1 – explicación-, donde al profesor se le muestra la huella de un estudiante en el archivo virtual aula de clase, estos datos son fundamentales para entender el rendimiento académico. Ellos se presentan generalmente en forma de gráficos y tablas, se muestran las medidas del comportamiento de los estudiantes en el aula virtual, incluyendo la frecuencia de conexión, los tiempos totales de conexión y el rendimiento individual contra el promedio del grupo, informes de desempeño individual, informes de actividad, promedios de actividad, y uso por parte de los alumnos de los diferentes recursos del aula.

En la fase siguiente –Diagnosticar- se indica la razón detrás de los datos. El grupo de estudiantes se divide en cuartiles, con cada estudiante localizado e identificado dentro de un cuartil, estas medidas de posición permiten que el estudiante esté ubicado en un lugar específico dentro del grupo, de acuerdo con su promedio en comparación con los promedios de los otros estudiantes.

El promedio matemático se establece como la medida central de una tendencia central sin embargo es el único indicador del proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que depende del número de grados, acumulados y el número de notas que quedan por obtener. Por lo tanto, el nivel de progreso y el número de calificaciones en el módulo o curso también debe tenerse en cuenta.

A medida que avanza el módulo virtual también se realizan actividades y evaluaciones, estos resultados se ubican grados correspondientes. El número de grados que se necesitan para obtener los siguientes resultados puede variar de un curso a otro, o de un módulo a otro, lo que indicaría que las posibilidades de que el promedio individual de cada estudiante mejore o se deteriore dependerán de las calificaciones que se obtienen de las actividades restantes, o de las evaluaciones que están involucradas en el proceso de evaluación.

La tercera fase –predicción- se ocupa de predecir y estimar los resultados de la investigación del estudiante, para ello los autores diseñaron una herramienta de gestión de riesgos para determinar el riesgo de cada estudiante de no alcanzar el promedio mínimo requerido. Esta herramienta se denomina matriz de evaluación de riesgos, aquí se trata de calcular el promedio acumulativo de cada estudiante y la probabilidad de mejorarlo, teniendo en cuenta la tendencia de sus calificaciones acumuladas y la ubicación de sus calificaciones en comparación con las calificaciones obtenidas por el resto de los miembros del grupo.

Por último, en la fase de Prescripción se esbozan las opciones de tutoría personalizadas para aquellos estudiantes que se considera tienen dificultades para obtener el promedio deseado, aquí, el profesor puede analizar el estilo de aprendizaje predominante de un estudiante, ver qué fuentes se han utilizado, enviar correos electrónicos, enviar material de estudio adicional, o enviar recordatorios para actividades que aún están pendientes.

Después de los resultados obtenidos al final de la investigación los autores afirman que las analíticas del aprendizaje correctamente utilizadas es un sistema válido y un medio eficiente para analizar los datos de los estudiantes que se encuentran en las aulas virtuales, ofreciendo al profesor herramientas de toma de decisiones para emplear en los procesos de personalización educativa y tutoría de los estudiantes experimentando dificultades académicas, también debería mejorar el sistema educativo y el entorno de aprendizaje apoyado por las TIC mediante la incorporación de técnicas, recursos y métodos sociológicos, psicológicos y estadísticos en el la gestión y el análisis de los datos de los alumnos, lo que permite a los profesores responder eficazmente a las necesidades específicas de los alumnos, situaciones de comportamiento, preferencias y otros factores.

Finalmente en relación a los recursos TIC en el aula, el análisis de datos en entornos educativos y como alternativa a las analíticas del aprendizaje otros investigadores consideran como alternativa herramientas de la inteligencia artificial como lo son las redes neuronales, lo han mostrado Zatarain y Barrón (2011) en su trabajo sobre la identificación de estilos de aprendizaje utilizando los SOM –Self Organizing Maps, o mapas auto organizados- en dispositivos móviles como una herramienta para los cursos adaptativos en ambientes web 2.0, en este trabajo según los autores: *por medio del uso de inteligencia artificial es posible sortear los inconvenientes que se pueden presentar al utilizar los cuestionarios para la identificación de los estilos de aprendizaje*, lo que lleva a pensar en la utilidad que puede implicar su utilización en entornos constructivistas en el aula.

En el trabajo de Zatarain y Barrón la utilidad de los SOM se dirige a que esta red neuronal provee un método para personalización del material didáctico y permite ser utilizada en un ambiente de aprendizaje electrónico, en la cual los materiales didácticos son seleccionados de acuerdo con el estilo de aprendizaje del estudiante y puedan estar definidos en el contexto de un Sistema Tutor Inteligente o bien en el de un Sistema de Hipermedia Adaptativa.

La metodología para el proceso de identificación de los estilos de aprendizaje la dividieron los autores en dos grandes etapas: una de entrenamiento de la red neuronal y otra de uso-producción de esta. En la primera etapa prepararon a la red neuronal para que ésta fuera capaz de identificar los estilos de aprendizaje de los estudiantes y en la segunda se utilizaron la red neuronal como parte del módulo para dispositivos móviles de EDUCA -sistema informático del Departamento de Educación para la gestión de la información escolar en España-.

El procedimiento experimental de entrenamiento fue dividido en dos pasos. En el primero se elaboró, conjuntamente con profesores de nivel preparatoria el material didáctico para los estudiantes de tres cursos distintos, los alumnos fueron seleccionados de acuerdo con sus capacidades de comprensión, para lo cual se utilizaron diferentes elementos, como textos, figuras, procedimientos, fórmulas, etc. El material de los tres cursos fue elaborado para ocho distintas versiones, cada una de ellas fue modelada utilizando un estilo de aprendizaje distinto. A cada uno de los 47 estudiantes de una preparatoria de la localidad se le asignó aleatoriamente una versión de cada curso, después se le permitió estudiar el material por un determinado tiempo.

Cuando los sujetos de la muestra estudiaron el material que se les proporcionó, procedieron a contestar una evaluación de 20 preguntas relacionadas con el tema del curso. Luego a cada uno de ellos se le proporcionó también el cuestionario del inventario de estilos de aprendizaje de Felder-Soloman, a través de este cuestionario se identificó y registró el estilo de aprendizaje de cada estudiante.

El segundo paso consistió en entrenar la red neuronal con los datos de entrada - exámenes y cuestionario de Felder-Silverman- obtenidos en el paso anterior. Para la etapa de uso-producción de la red neuronal, se procedió a incluir a ésta dentro

de un programa intérprete el cual visualiza los cursos en dispositivos móvil, creados en una computadora PC normal con la herramienta de autor EDUCA.

Los autores al final de la investigación concluyen que el modelo empleado puede ser utilizado para crear Mapas Autoorganizados capaces de identificar estilos de aprendizaje en el contexto de otras teorías pedagógicas diferentes lo que presenta una excelente oportunidad en su posible utilización en la caracterización del aprendizaje en entornos construccionistas.

Por otro lado Buendía (2015) en su tesis doctoral desarrolla una herramienta de código abierto alternativa en el tratamiento de gran cantidad de datos en los entornos académicos tecnológicos e industriales por medio del entrenamiento de Mapas Autoorganizados –SOM- presentándolos como sistema interactivo de visualización de datos, muestra también aportaciones en optimización de procesos de entrenamiento de grupos de mapas para un mismo conjunto de datos que permiten reunir los que tienen las mejores condiciones. Este tipo de herramienta de la inteligencia artificial puede ser propicia en el tratamiento de datos en el ámbito educativo al permitir hacer una aproximación a las relaciones existentes entre diversos conjuntos de datos y las posibles relaciones homologas –definición de Homología de Araujo et al. (2016)- con determinados procesos relacionados con el aprendizaje escolar, planteando una alternativa propicia junto con las analíticas del aprendizaje en entornos construccionistas escolares mediados por el modelado y la simulación en el aula en las instituciones educativas estatales en la ciudad de Bogotá.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Esta sección inicia con el planteamiento del componente psicológico de la investigación a partir de la idea de Piaget cuando afirma que un conocimiento da lugar a otro más elaborado y complejo, fundamentado desde la psicología genética en respuesta al problema de la construcción del conocimiento científico. Esta teoría constituye una de las fuentes del constructivismo pedagógico que determina un cambio educativo, transformando el aula en un proceso activo donde el alumno elabora y construye sus propios conocimientos a partir de su experiencia previa y de las interacciones que establece con el maestro y el entorno.

Por otro lado, el planteamiento del componente pedagógico se establece en la teoría construccionista de Papert en base a las ideas constructivistas donde se plantea que la acción es la condición y garantía del aprendizaje, donde el individuo pasa a ser el elemento fundamental de los procesos educativos y los programas parten desde sus intereses y necesidades.

Cuando se habla de proveer las oportunidades para que los sujetos impulsen este proceso constructivo el constructivismo se materializa en el modelo construccionista teniendo en cuenta el contexto, los medios, materiales y las preferencias individuales en el aprendizaje garantizando la construcción, por tanto se convierte

en el componente pedagógico referencial de la propuesta de investigación a partir del planteamiento de la dualidad acción-construcción y estructuras de conocimiento del modelo constructorista y se establece como base para entender la caracterización del aprendizaje en *un entorno constructorista* a partir de lo que se llamará más adelante como Homología.

Posteriormente se define el enfoque epistemológico para abordar la dualidad en relación teoría y práctica, desde la dimensión gnoseológica se ubica en el empirismo dando el protagonismo a factor experiencial y desde la dimensión ontológica se ubica en el realismo definiendo un enfoque empírico-realista que se aborda desde dos fundamentos, el primero de ellos: *la acción permite la construcción de las estructuras de pensamiento*, por su parte el segundo se centra en: *el sistema que caracteriza la dualidad Acción-Construcción y estructuras de conocimiento*.

Paralelamente en el marco referencial donde ocurre la dualidad y el sistema que la caracteriza denominado *un entorno constructorista* se utiliza el modelado y la simulación como estrategia, reiterando la importancia de los materiales para la construcción que plantea el constructorismo, esta vez a través del software y hardware libres.

Se propone la mirada de la dinámica del entorno constructorista desde las teorías de la complejidad viendo el aula como un sistema dinámico -un corolario de la idea de la escuela como un sistema caótico de Arboleda (2016)-, para ello se detalla la importancia de la inteligencia artificial y las analíticas del aprendizaje como la forma de obtener información del espacio donde sucede la dinámica constructorista.

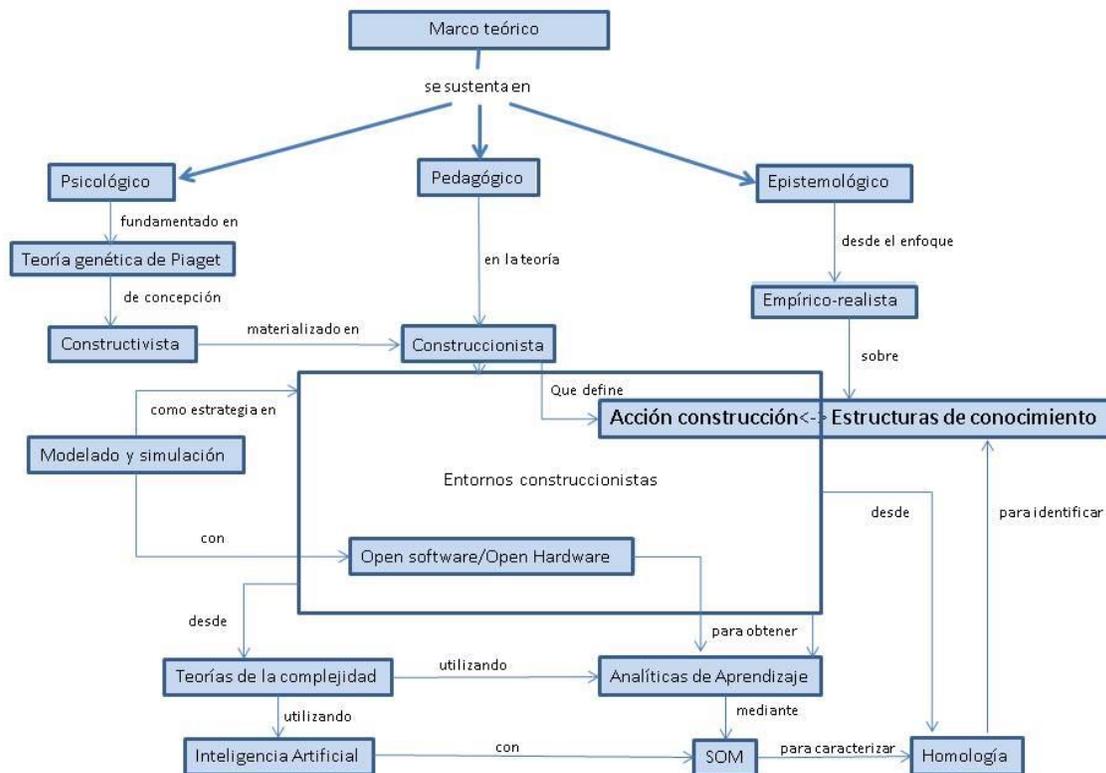
Se presentan los SOM como una herramienta de la inteligencia artificial y se exponen las cualidades topológicas de estas redes neuronales en relación con el tratamiento de información, para finalmente plantear su utilidad en el reconocimiento de invariantes topológicos del espacio de datos en concordancia con las ideas homológicas.

A continuación expone la Homología desde el marco referencial de la topología algebraica en la perspectiva de Macho (2005) sobre la idea de que *la homología es una herramienta algebraica fundamental que puede entenderse como un modo de obtener información sobre espacios topológicos*, se resalta la importancia los grupos de homología como herramienta para describir las propiedades topológicas de un espacio topológico relacionadas con contar agujeros a partir de la obtención de invariantes lineales.

Se presenta la relación entre espacio topológico y aprendizaje dando las primeras aproximaciones entre espacios topológicos y espacios en el aula, posteriormente se plantea la relación topológica entre espacios mediante los SOM para caracterizar el aprendizaje a partir la dualidad acción-construcción y estructuras de conocimiento mediante la captación de invariantes topológicos de las analíticas del aprendizaje en complejos de cadenas en el marco referencial de la Homología simplicial.

Finalmente se resalta la importancia de la investigación en el marco de las políticas educativas nacionales relacionadas con ambientes del aprendizaje en función del fortalecimiento de las habilidades para el desarrollo autónomo, donde la Homología se propone como una oportunidad para conocer la dinámica del aprendizaje en el trabajo autónomo dentro del aula.

Figura1. Elementos conceptuales de la investigación



Fuente: elaboración propia

2.2.1. ALGUNAS IDEAS CONSTRUCTIVISTAS EN EL MARCO PSICOLÓGICO

La teoría genética y las ideas de Piaget han tenido un enorme impacto en la educación siendo una teoría del conocimiento que proporciona una amplia y elaborada respuesta al problema de la construcción del conocimiento científico a través de la idea según Piaget (1979): *de la transición de un estado de menor conocimiento a un estado de mayor conocimiento*, que la hace pertinente desde el punto de vista escolar.

Para Piaget, según Villar (2003) el niño está implicado en una tarea de dar significado al mundo que le rodea, intenta construir conocimiento acerca de él

mismo, de los demás y del mundo de los objetos a través de un proceso de intercambio entre el organismo y el entorno o el sujeto y los objetos que lo rodean, el niño construye poco a poco una comprensión tanto de sus propias acciones como del mundo externo donde juega un papel fundamental la acción del sujeto, para conocer los objetos el sujeto tiene que actuar sobre ellos y transformarlos, desde este punto de vista la acción es el fundamento de toda actividad intelectual desde aquella más simple y ligada a la actividad observable inmediata, del bebé, hasta las operaciones intelectuales más complejas ligadas a la representación interna del mundo, el conocimiento está unido a la acción, a las operaciones, es decir a las transformaciones que el sujeto realiza sobre el mundo que lo rodea.

Así el conocimiento resulta de la interacción entre sujeto y objeto, según Piaget en palabras de Villar (2003): *el origen del conocimiento no radica en los sujetos ni en el objeto, sino en la interacción entre ambos*, la evolución de la inteligencia del niño resulta entonces de un gradual ajuste entre el sujeto y el mundo externo, de un proceso bidireccional de intercambio por el que el niño construye y reconstruye estructuras intelectuales que le permiten dar cuenta de manera cada vez más sofisticada del mundo exterior y sus transformaciones, de esta manera el aprendizaje está determinado por las etapas de desarrollo por las que atraviesa la formación del conocimiento.

Piaget concibe el desarrollo como una construcción del niño a partir de sus acciones lo que va más allá de meras asociaciones entre estímulos que, en último término implican un proceso de copia de la realidad en la mente del sujeto, este no es reactivo ni se limita a recibir estimulaciones y reaccionar, por el contrario, la acción realiza aportaciones sustanciales que contribuyen decisivamente a la adquisición efectiva de lo aprendido:

“Cada vez que se le enseña prematuramente a un niño algo que habría podido descubrir solo, se le impide a este niño inventarlo y en consecuencia entenderlo completamente. Es evidente que eso no significa que el profesor no tenga que diseñar situaciones experimentales para facilitar la invención del niño (Piaget, 1983, p.113)”.

El aprendizaje está subordinado a los niveles de desarrollo previos del sujeto, según Villar (2003) las leyes de aprendizaje están subordinadas a las leyes del desarrollo y a la evolución de las estructuras cognitivas de carácter lógico-matemático y no a la inversa, esta postura de Piaget según Blasco y Giner (2011) ha dado lugar a diversas interpretaciones respecto del papel del estudiante, del profesor, de los adultos o de los compañeros en los procesos de aprendizaje, reconoce la actividad de profesor como elemento que puede favorecer el desarrollo proponiendo entornos de aprendizaje y actividades adaptadas al nivel de desarrollo de los alumnos con los que trata.

Para Saldarriaga et al. (2016) se parte de la idea de que todo conocimiento y desarrollo cognitivo es producto, en último término, de la actividad constructiva del sujeto, una actividad que es tanto física como intelectual llevando a considerar que

la autogestión del aprendizaje, donde el estudiante es capaz de construir su conocimiento a partir de sus experiencias previas, los contenidos impartidos por el profesor y la creación por parte de éste de espacios educativos adecuados, permite el logro de un aprendizaje con comprensión, más fácilmente generalizables a otros contextos, de esta forma los alumnos pueden aumentar el sentido de su propia capacidad para generar conocimientos valiosos por sí mismos potenciando sus posteriores esfuerzos.

La teoría de Piaget se convierte en un marco de referencia de donde extraer los objetivos y parte de los fines de la educación con diversas interpretaciones que se enmarcan en lo que es común denominar la concepción constructivista teniendo en cuenta como fundamentación una práctica docente que tuviera en cuenta las características del desarrollo cognitivo y social del alumno.

El constructivismo en la educación es una de las corrientes más representativas del pensamiento pedagógico se nutre del postmodernismo, el relativismo radical y la teoría del conocimiento de Vico, Kant y Piaget; tienen origen en la revolución cognitiva de los años setenta -1970- para enfrentar la insatisfacción dejada por el paradigma del aprendizaje hasta entonces dominante: la psicología conductista y el asociacionismo, se ajusta como una corriente pedagógica dentro del modelo cognitivista de la educación ya que explica los aprendizajes a partir de los procesos intelectuales activos e internos del sujeto.

Parte implícitamente de la premisa según Rodríguez (2008): *el conocimiento cualquiera que sea el dominio disciplinario no se trasmite, ni es objeto de información, es objeto de elaboración mental, es construcción del pensamiento humano*, es así como la construcción del conocimiento según Rodríguez (2008) implica una acción sobre nociones, juicios, concepciones previas mediada por la interacción con los objetos y fenómenos de la naturaleza.

El constructivismo pedagógico para Coloma y Tafur (1999) se centra en que la adquisición de todo conocimiento nuevo se produce a través de la movilización, por parte del sujeto de un conocimiento antiguo. El hecho de considerar que el conocimiento previo facilita el aprendizaje es un rasgo esencial del constructivismo y que sustenta el aprendizaje significativo. Así el constructivismo pedagógico determina un cambio educativo, transformando éste en un proceso activo donde el alumno elabora y construye sus propios conocimientos a partir de su experiencia previa y de las interacciones que establece con el maestro y con el entorno.

De acuerdo con Serrano y Pons (2011) existen diferentes enfoques constructivistas en educación, algunos desde un constructivismo radical donde se sitúa la construcción del conocimiento en el sujeto individual -endógeno- hasta un constructivismo social que considera el conocimiento social como la única fuente válida de conocimiento, con la consideración del sujeto colectivo como el elemento nuclear negando de esta manera al sujeto individual -constructivismo exógeno-, sin embargo las fuentes del constructivismo son tres: la filosófica, la psicológica y la pedagógica. Desde la filosofía, el movimiento se inicia con Kant, cuando planteó las

preguntas clásicas desde el marco de referencia de la epistemología, psicológicamente se inicia con Piaget cuando asume que un conocimiento da lugar a otro más elaborado y complejo. Pedagógicamente se inicia según Coloma y Tafur (1999) con la pedagogía activa de Montessori, Decroly, Pestalozzi, Freinet y Dewey quienes defienden el papel de la actividad en el proceso de aprendizaje.

Sin embargo, a pesar de los aportes de las teorías constructivistas Coloma y Tafur (1999) afirman que ninguna de ellas por si sola ofrece una explicación de conjunto de los procesos escolares de enseñanza y de aprendizaje suficientemente sólida, por esta razón, más que el constructivismo en educación se habla de un planteamiento constructivista pedagógico, cuyo punto de partida es la naturaleza y funciones de la educación escolar así como las características específicas de las actividades escolares de enseñanza y aprendizaje. Este planteamiento constructivista según estos autores se basa en que los principios que explican los procesos psicológicos implicados en la construcción del conocimiento pueden aplicarse a conceptos tales como: el aprendizaje significativo, la construcción de significados, la atribución de sentido en el aprendizaje escolar y la visión del aprendizaje escolar como un proceso de construcción, modificación y reorganización de conocimientos.

De nuevo la acción es la condición y garantía del aprendizaje, pues manipular es aprender debido a que esta acción directa sobre los objetos es la que permite el conocimiento de estos. Se aprende haciendo, el niño pasa a ser el elemento fundamental de los procesos educativos y los programas parten desde sus intereses y necesidades.

Cuando se habla de proveer las oportunidades para que los niños impulsen este proceso constructivo el constructivismo migra hacia el construccionismo, teniendo en cuenta el contexto, los medios, las preferencias individuales en el aprendizaje garantizando esta construcción, lo diría Ackermann (2011) ahí es donde el construccionismo de Papert resulta útil.

2.2.2. EL CONSTRUCCIONISMO

Para Falbel (1993) la teoría del construccionismo afirma que el aprendizaje es mucho mejor cuando los niños se comprometen en la construcción de un producto significativo, de esta forma el construccionismo involucra dos tipos de construcción: *cuando los niños construyen cosas en el mundo externo, simultáneamente construyen conocimiento al interior de sus mentes*. Este nuevo conocimiento según este autor les permite construir cosas mucho más sofisticadas en el mundo externo, lo que genera más conocimiento, y así sucesivamente en un ciclo auto-reforzante.

El construccionismo se origina de la idea según Papert (1984): *Partiendo del constructivismo de Piaget en el cual se utiliza el modelo del niño como constructor de sus propias estructuras intelectuales*, y lleva a la premisa según él: *del niño como constructor*, fundamentándose en la idea de aprendizaje sin enseñanza de Piaget,

a partir de esta primera premisa Papert establece una segunda: *todo constructor necesita materiales para construir*, allí las ideas del constructivismo y del construccionismo convergen manifestando que la cultura provee los materiales para que ello suceda; mientras que Piaget habla de un desarrollo más lento de un concepto determinado por su mayor complejidad o formalidad, Papert (1984) en *Desafío a la mente: computadoras y educación* argumenta que el factor crítico se encuentra en la pobreza relativa de la cultura en aquellos materiales que tornarían el concepto simple y concreto, para otros casos la cultura suministra los materiales pero bloquea su utilización.

De estas ideas surge toda una escuela de pensamiento en torno al papel y uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación -TIC- en la educación como poderosas herramientas para las construcciones mentales útiles para desarrollar el pensamiento complejo en los estudiantes.

La premisa básica del aprendizaje desde el enfoque construccionista supone la existencia de una habilidad natural en los seres humanos para aprender a través de la experiencia, y para crear estructuras mentales que organicen y sinteticen la información. Según Papert citado por Vicario (2009): *el mejor aprendizaje no derivará de encontrar mejores formas de instrucción, sino de ofrecer al educando mejores oportunidades para construir*, considera a las TIC y, en particular, a la computadora como una portadora de semillas culturales. Según Papert (1984) el trabajo con computadoras puede ejercer una poderosa influencia sobre la manera de pensar de la gente, por lo tanto, dirige su atención a explorar el modo de orientar esta influencia en direcciones positivas.

En los años 70 afirma Falbel (1993) -investigador de Seymour Papert-, Papert y sus colegas diseñaron un lenguaje de programación llamado Logo, que permitía a los niños usar matemática como material de construcción para crear diseños, animaciones, música, juegos y simulaciones en la computadora. A mitades de los 80, miembros de su equipo del Instituto Tecnológico de Massachusetts desarrollaron el LEGO TC Logo con el conocido juguete de construcción Lego, permitiendo a los niños controlar las estructuras que construyen con Lego, los niños programaban la computadora para hacer que sus construcciones interactuaran a través de diversos estímulos.

A través de estas estrategias en el construccionismo el rol del estudiante es activo como lo es en el constructivismo, comprometiéndolo como diseñador de sus propios proyectos, siendo el principal objetivo facultarlo y empoderarlo, de modo que sea posible revertir la pasividad de la educación de corte tradicional donde los estudiantes son, básicamente, receptores de información.

Según Falbel (1993) en su documento: *El programa de informática educativa de Costa Rica*, buenos materiales de aprendizaje ciertamente apoyan el aprendizaje construccionista, pero también es importante el ambiente de aprendizaje o el contexto social en el cual la construcción del conocimiento se lleva a cabo. Buenos

ambientes de aprendizaje tratan de maximizar tres cosas: escogencia, diversidad y afinidad.

De nuevo, la teoría del construccionismo sostiene que el aprendizaje ocurre en forma más poderosa cuando los estudiantes están comprometidos en construir productos que tengan significado personal, pero una persona no puede dictar lo que es personalmente significativo para otra persona, aquí es donde la escogencia entra en escena, entre mayores opciones sobre qué construir o crear, mayor compromiso e inversión personal pondrá en la tarea, según Falbel entre más pueda un estudiante relacionarse o conectarse con la tarea, mayores las probabilidades de que el nuevo conocimiento se conecte con su conocimiento preexistente, esto es lo que Piaget según el autor quiso decir con la frase asimilación de conocimiento. Más aún, estos elementos de conexiones personales y compromiso pueden servir para que la experiencia de aprendizaje sea profunda, significativa y perdurable.

La diversidad dice Falbel (1993) también es importante para un ambiente de aprendizaje en que por lo menos haya dos sentidos: diversidad de destrezas y diversidad de estilos. Un ambiente de aprendizaje rico incluye personas de diversos niveles de destreza, desde novatos hasta expertos, algunas veces esto podría significar que se mezclen diversas edades en un mismo salón de clase. Cuando los estudiantes están al mismo nivel, algunas veces se estancan y carecen de ideas y direcciones en las cuales dirigir su trabajo, en un escenario más diverso, aquellos con menor experiencia pueden obtener conocimiento de una manera más libre al asociarse con otros que ostentan a un nivel más alto de destreza, aquellos con mayor experiencia refinan sus destrezas y conocimientos al ayudar y explicar a otros. Adicionalmente la diversidad de artefactos impulsa la imaginación creadora de todos. Las ideas, dice Falbel, son tomadas prestadas y embellecidas por unos y otros, en un proceso de fertilización cruzado.

Diversidad de estilo significa que no existe una manera única de crear productos significativos, por ejemplo, hay algunos que prefieren planear lo que quieren hacer, cuando ya han pensado ponen manos a la obra, tal vez revisando el plan a lo largo de la tarea, esta es muy a menudo una manera muy eficiente de trabajar, pero no es la única; otras personas prefieren trabajar sin un plan preestablecido y en cambio se embarcan en una especie de diálogo con su construcción, hacen algo, y luego retroceden para mirarlo con perspectiva antes de decidir cuál será el próximo paso, a los primeros se les llama a veces planificadores, a los segundos experimentadores, ambos estilos son igualmente válidos y deben ser aceptados y respetado.

Finalmente, un buen ambiente de aprendizaje según Falbel debe ser afín con el estudiante, debe ser amigable, acogedor y estimulante, sobre todo debe estar tan libre como sea posible de presiones de tiempo. La creatividad no puede estar sujeta al reloj, debe haber tiempo para reflexionar, para hablar, para soñar, para caminar e investigar lo que otras personas hacen, debe haber tiempo para comenzar y recomenzar, para atorarse y desatorarse e incluso, tiempo para no hacer nada; más aún, un buen ambiente de aprendizaje debe proveer a los estudiantes con tiempo y

espacio no solo para hacer cierto tipo de trabajo constructivo, sino también para conocerse y establecer relaciones con otras personas con intereses semejantes, de esta forma, las satisfacciones, e incluso las frustraciones que son parte del aprendizaje constructorista, pueden ser compartidas con otros.

2.2.3 ENFOQUE EPISTEMOLÓGICO DE LA PROPUESTA

En el compromiso por orientar el plan de trabajo de la presente investigación en función de la teoría en relación con la práctica y teniendo como marco referencial el contexto, el entorno y la conjunción entre la teoría y la práctica se exponen las dos dimensiones que permiten esquematizar la orientación epistemológica de la presente propuesta

La primera dimensión hace referencia a la distinción gnoseológica o espacio concretamente epistemológico, que implica resaltar la fuente del conocimiento que da sustento a la presente investigación y está referida a las convicciones acerca de la fuente del conocimiento, allí se encuentra el empirismo y el racionalismo.

El empirismo como la tendencia positivista que considera según De Berrios y Briceño (2009) a la experiencia como criterio o norma de verdad en el conocimiento -del griego Empiria que expresa la no participación personal en situaciones repetibles-, lo quiere decir que la experiencia repetida de ciertas situaciones ofrece un criterio objetivo e impersonal para conocer las cosas o las situaciones. Por otra parte, el racionalismo como la expresión de una razón fuerte encuentra en sí misma el principio de su justificación y considera que la realidad es sometida a un principio perceptible al que la razón accede y que con contundencia, identifica la razón con el pensar.

La segunda dimensión de la orientación epistemológica hace referencia a la distinción ontológica según la cual existen dos subdimensiones en el tratamiento de la relación entre el sujeto que investiga y el objeto investigado o realidad abordada y se concretan en dos valores el idealismo y el realismo, el idealismo aborda la naturaleza del ser como el resultado del pensar; el realismo por su lado condiciona el pensar a la naturaleza del ser.

El encuentro entre las distinciones epistemológicas y las ontológicas conducen a cuatro enfoques epistemológicos, como campos epistémicos desde donde se puede orientar la investigación científica.

El enfoque empírico-idealista, el cual admite trabajo de campo, con acciones investigativas tales como, diseños de convivencia, inducción reflexiva, la etnografía, la investigación-acción participativa, donde domina el sujeto sobre la evidencia o sobre la misma teoría, para convertir la evidencia en imágenes, sensaciones y emociones, como los más importantes contenidos de la conciencia que permitan reforzar o reconstruir constructos teóricos.

El enfoque empírico-realista, el cual también admite el trabajo de campo donde se revelen mediciones, experimentaciones, inducción controlada, entre otros esfuerzos de investigación con orientación funcionalista, o sea, donde domina la evidencia sobre el sujeto que investiga, para conducirse con procesos de adquisición, almacenamiento, organización y valoración de experiencias

El enfoque racional-idealista, el cual no es fundamental el trabajo de campo, permitiendo como fundamento de este enfoque, las expresiones vivencial-interpretativas, reflexivistas, las expresiones de la teoría crítica, así como lo que se oriente bajo la concepción del constructivismo, es decir, el reforzamiento de constructos teóricos o conocimientos que ya se poseen.

Finalmente, el enfoque racional-realista donde el conocimiento se concibe como explicación verosímil y provisional de un mundo al que se accede mediante referencias intersubjetivas, se entiende como método válido la construcción teórica a partir de conjeturas amplias y universales de las que se deducen los casos particulares. Se vincula con la construcción de abstracciones, la expresión de sistemas lógico-matemáticos, la deducción controlada, así como la investigación fundamentada en el falsacionismo o el criterio demarcación científica.

Desde la dimensión que hace referencia a la distinción gnoseológica referente a las convicciones acerca de la fuente del conocimiento, la investigación centra sus esfuerzos en la dimensión empirista considerando la experiencia como criterio de verdad en el conocimiento; en cuanto a la dimensión que refiere a la distinción ontológica donde las convicciones acerca de las relaciones del sujeto-investigador con la realidad –objeto observable– se concretan entre el idealismo y el realismo; la investigación aborda un enfoque realista debido al protagonismo de la evidencia.

Lo anterior define el enfoque empírico-realista de la propuesta, el cual admite el trabajo de campo donde se revelen mediciones, experimentaciones, inducción controlada, entre otros esfuerzos de investigación, donde domina la evidencia sobre el sujeto que investiga, para conducirse con procesos de adquisición, almacenamiento, organización y valoración de experiencias para su posterior tratamiento.

Epistemológicamente hablando la investigación se aborda desde dos fundamentos, el primero de ellos: *la acción permite la construcción de las estructuras de pensamiento*; el segundo se centra en: *el sistema que caracteriza la dualidad Acción-Construcción y estructuras de conocimiento*.

Respecto del primer fundamento - mencionado también por Noss y Hoyles (2019) - , Papert destaca la importancia de la acción, es decir del proceder activo en el proceso de aprendizaje que se origina de la idea según el mismo Papert (1984): *Partiendo del constructivismo de Piaget en el cual se utiliza el modelo del niño como constructor de sus propias estructuras intelectuales*, que lleva a la primera premisa según él: *del niño como constructor*, fundamentándose en la idea de aprendizaje sin enseñanza de Piaget, a partir de esta Papert establece una segunda: *todo*

constructor necesita materiales para construir. En palabras de Villar (2003) el origen del conocimiento no radica en los sujetos ni en el objeto, sino en la interacción entre ambos.

Lo anterior enmarca la importancia de los materiales y la acción sobre dos premisas, resaltando el protagonismo del sujeto en la dinámica del aprendizaje a través de la construcción de sus propias estructuras intelectuales y con ellas estableciendo una convergencia entre el constructivismo y el construccionismo que menciona Solano (2002).

Según Falbel (1993) de esta forma el construccionismo involucra dos tipos de construcción: *cuando los niños construyen cosas en el mundo externo, simultáneamente construyen conocimiento al interior de sus mentes.* Para Vicario (2009) el aprendizaje mediante la acción de Piaget y el mundo de las nuevas tecnologías se materializa a través del construccionismo de Papert quien adopta las concepciones de Piaget con el uso de la computadora, mediante la acción entre el individuo y la construcción de un artefacto cognitivo se llega a la construcción de estructuras paralelas de conocimiento en los sujetos.

La dualidad acción-construcción y estructuras de conocimiento define el primer fundamento para abordar la caracterización del aprendizaje a partir de las estructuras de conocimiento, así el segundo fundamento se centra en el sistema de caracterización de aprendizaje desde las estructuras entre acción-construcción con estructuras de conocimiento; gracias a que la dualidad existe se puede abordar la problemática de la caracterización desde el extremo acción-construcción.

Papert a partir del modelo del niño como constructor de Piaget afirma que, como tal, necesita materiales para esa construcción y que es la cultura circundante la que provee al niño de esos materiales, con ello la segunda premisa de la importancia de los materiales adecuados en la construcción se materializan a través del trabajo con software y hardware libres que pueden convertirse en los materiales indicados en esta construcción, la premisa del niño como constructor se puede inducir mediante una estrategia de modelamiento y simulación escolar mediante la cual se expresa la dinámica de trabajo.

Araujo Cortés y Peña (2016) exponen este tipo de estrategia en su trabajo: *Modelado y simulación M(H)*, mostrando una caracterización de la dinámica de trabajo en el aula de los estudiantes en Colombia utilizando el modelamiento y la simulación a través del open Hardware y el Open software, en el marco de la habilidad de homología que definen los autores, la estrategia utilizada por Araujo y otros se centra en identificar la habilidad de homología a partir de la información obtenida de la dinámica de trabajo de los estudiantes con el modelamiento y la simulación en un entorno construccionista.

La dualidad desde el extremo acción-construcción de la propuesta sistema de caracterización del aprendizaje de los estudiantes de la educación media en un entorno construccionista puede de igual forma ser mediado por el modelado y la

simulación en el aula, sin embargo se hace necesaria una manera óptima de recopilación de información por tal razón el desarrollo de una plataforma Open Source similar a Fempretec -Araujo et al. (2016)- con acceso a la información en tiempo real se plantea como la alternativa óptima.

Finalmente recopilar y analizar gran cantidad de información acerca de la construcción y la acción de los individuos puede requerir de algunas herramientas como las analíticas del aprendizaje y otras propias de la inteligencia artificial como los mapas Auto organizados que pueden convertirse en la estrategia adecuada para el análisis de la información de la dinámica acción-construcción de los individuos en entornos construccionistas y con ello establecer la caracterización desde una de las dos componentes de la dualidad que permite caracterizar el aprendizaje de los individuos hacia la otra componente del dual.

Muchas de las virtudes de estos sistemas como las metodologías de adquisición de datos mediante herramientas de inteligencia artificial como las utilizadas por Zatarin y Barón (2011) y Buendía (2015) pueden ser útiles en la caracterización de los aprendizajes en entornos construccionistas escolares, en su trabajo sobre la identificación de estilos de aprendizaje utilizando los SOM en dispositivos móviles como una herramienta para los cursos adaptativos en ambientes web 2.0 Zatarin y Barón (2011) afirman: *por medio del uso de inteligencia artificial es posible sortear los inconvenientes que se pueden presentar al utilizar los cuestionarios para la identificación de los estilos de aprendizaje*, esta conclusión induce a pensar en la utilidad que puede implicar su utilización en entornos construccionistas en el aula.

Con todo lo anterior se puede establecer la dualidad con las estructuras de conocimiento y su caracterización vía acción-construcción y con ello finalmente garantizar el segundo fundamento: *sistema que caracteriza la dualidad Acción-Construcción y estructuras de conocimiento* para así finalmente establecer una aproximación a las estructuras de conocimiento del sujeto en estos entornos.

2.2.4. MODELADO, SIMULACIÓN Y LA ESCUELA

De acuerdo con García et al. (2012): *un modelo es una simplificación de la realidad, como resultado de un proceso de abstracción, y ayuda a comprender y razonar sobre esa realidad*, esto permite al nivel de la teoría acercar el formalismo científico a su interpretación, con el fin de lograr una mejor comprensión, explicación y descripción de los sistemas que se están estudiando.

Por otra parte, se define simulación como:

“Imitar una operación de un proceso del mundo real o de un sistema con respecto al tiempo. Ya sea que se realice en forma manual o en una computadora, la simulación involucra la generación de una historia artificial de un sistema, y observar esa historia artificial para realizar inferencias relacionadas con las características operativas del sistema real (Martínez, 2017, p.1)”.

La interrelación entre modelado y simulación se define como:

“La simulación la entendemos como el modelamiento de elementos y procesos mediante sistemas abstractos de signos, números, símbolos, expresiones y similares con el fin de facilitar su investigación por el camino de la experimentación con estos modelos así creados, especialmente mediante el empleo de ordenadores (Barbosa, 2011, p.2)”.

Enmarcando el modelado y la simulación a través de un dispositivo: la computadora, una herramienta que permite llevar a cabo el modelamiento y la simulación a través de la llamada simulación digital, *entendida como una técnica que permite imitar en un ordenador el comportamiento de un sistema real o hipotético según ciertas condiciones peculiares de operación (Guasch, Piera y Casanovas 2009)*, estas simulaciones digitales utilizan modelos de sistemas donde se permiten modificar sus parámetros y variables logrando obtener resultados observables que pueden ofrecer una ventaja en los entornos educativos al contemplar la posibilidad de interacción y el aprendizaje.

El modelamiento y la simulación son formas de representación que se ha venido implementando en la biología, la química, la física, las ciencias ambientales, la ingeniería, la nanotecnología entre otras, pero que también ha incursionado en áreas más complejas las ciencias sociales y humanas, en el análisis de sistemas sociales como lo expone Tejada (2003) en su estudio del comportamiento organizacional.

La aproximación a la dinámica social por medio de modelos de naturaleza artificial puede ser una de las poderosas alternativas al abordar las dinámicas sociales, hoy se plantean nuevas formas de modelar la dinámica social a partir de modelos matemáticos e inteligencia artificial, Lozares (2004) quien presenta una extensa variedad de modelos de inteligencia artificial social y sus aplicaciones, tanto a partir de la simulación clásica como en sus nuevas manifestaciones brinda algunas reflexiones de carácter más metodológico sobre la simulación social y que pueden servir de base para continuar en el desarrollo de modelos en otros entornos sociales como el de la educación tanto de forma externa como interna al aula.

En el marco de referencia de la educación el modelamiento y la simulación se ha venido implementando como una de las maneras de entender la escuela tanto dentro como fuera del aula, Iregui et al. (2006) en su trabajo de análisis de eficiencia de la educación en Colombia, plantea una estrategia de modelar la dinámica de la calidad educativa desde un modelo a nivel macro que mide el impacto de diversos factores asociados al colegio y su entorno socioeconómico determinando niveles de eficiencia en el sistema educativo del país a través de algunos modelos matemáticos desarrollados.

A nivel de aula la simulación y el modelado se han venido implementando de diferentes formas como estrategia en la enseñanza de diversas temáticas escolares en las diferentes áreas en la educación básica y media en Colombia sin embargo pocas de estas propuestas plantean el modelado y la simulación de manera integral; Andrade et al. (2014) dentro de la escuela colombiana plantean la pregunta ¿Cómo

comprender, recrear, aprender a construir y reconstruir explicaciones científicas en la escuela desde los primeros grados y cómo apoyarnos en la TI con este propósito? Al respecto proponen el proceso de modelado como la construcción de explicaciones científicas y la simulación como el medio para, mediante el modelo, responder preguntas en el aula sobre un fenómeno determinado; la propuesta va dirigida principalmente a los profesores que están en búsqueda de alternativas innovadoras para la educación en el contexto de la Tecnología y la informática y en contra de la fragmentación del conocimiento. Los autores plantean que la escuela colombiana y latinoamericana en general, no son ajenas al problema de la fragmentación del conocimiento y sus limitaciones desde la disposición de recursos, hasta la escasa formación de los docentes atareados en prácticas a menudo asiladas del contexto nacional e internacional.

Por otro lado, Araujo y et al. (2016) proponen a partir de su trabajo: *Modelado y simulación M(H)* una caracterización de la dinámica de trabajo en el aula de los estudiantes en Colombia utilizando como estrategia el modelamiento y la simulación a través del open Hardware y el Open software, esto a través de diferentes formas de recolección de datos relacionados con la dinámica de trabajo de los estudiantes en el marco de la habilidad de homología que definen los autores.

Fijar la atención en este tipo de propuestas en aula es permitir centrar la atención en el aprendizaje del aprendiz como lo dirían Andrade et al. (2014) justificando de primera mano la implementación de la teoría constructorista de Papert en educación en las aulas de clase en Latinoamérica, particularmente en Colombia.

2.2.5. PLATAFORMAS OPEN HARDWARE Y OPEN SOFTWARE.

Para el Centro Internacional de desarrollo Tecnológico y Software Libre (2011), el Open Software o Software Libre es todo software que se puede utilizar, copiar, modificar y distribuir libremente. Este posee licencias que explícitamente otorgan al usuario las libertades citadas donde el código fuente del programa que debe estar disponible para que los desarrolladores, o cualquier persona con los conocimientos necesarios pueda reutilizarlo, modificarlo, mejorarlo y/o redistribuirlo, brindando paralelamente a los usuarios acceso a la tecnología, al conocimiento, fomentando la solidaridad y el compartir entre los usuarios de software.

Afirma esta entidad que la idea surge en los años 70 del siglo pasado, una época en que los programadores de computadoras tenían como norma el intercambiar, compartir y mejorar el software que producían -similar a la dinámica de la investigación científica, construir sobre ideas previas-, sin embargo para la década de los ochenta la idea casi se extinguió debido a la popularidad del software comercial que sería protegida por el copyright y las patentes, sin embargo en 1984 Richard Stallman -programador del Instituto Tecnológico de Massachusetts- se dio a la tarea de impulsar la idea a través del proyecto GNU que pretendía crear un sistema operativo completo de software libre e instauraría la Fundación para el

Software Libre para ocuparse de los aspectos administrativos, organizativos y legales del proyecto GNU.

Al final según el Centro Internacional de Desarrollo Tecnológico y Software Libre (2011) se definiría como Software Libre aquel que cumple con cuatro libertades básicas:

Libertad 0: Libertad de ejecutar el programa para cualquier propósito.

Libertad 1: Libertad de estudiar cómo trabaja el programa, y cambiarlo para que haga lo que usted quiera. El acceso al código fuente es una condición necesaria para ello.

Libertad 2: La libertad de redistribuir copias.

Libertad 3: La libertad de distribuir copias de sus versiones modificadas a terceros.

El software libre además permitiría el avance en el conocimiento:

“El software libre, tiene como objetivo principal compartir la información, trabajando de manera cooperativa. Este es principalmente el modelo sobre el que la humanidad ha innovado y avanzado. La ideología de los defensores del software libre es que el conocimiento le pertenece a la humanidad, sin hacer distinciones (Culebro et al. 2006, p.50)”.

En cuanto al hardware la asociación de Hardware de Código Abierto -OSHWA- presenta una definición del Hardware de Fuentes Abiertas -OSHW-, según OSHWA (2012) es aquel hardware cuyo diseño se hace disponible públicamente para que cualquier persona lo pueda estudiar, modificar, distribuir, materializar y vender, tanto el original como otros objetos basados en ese diseño.

Para el OSHW las fuentes del hardware -entendidas como los ficheros fuente- habrán de estar disponibles en un formato apropiado para poder realizar las modificaciones sobre ellas, utiliza componentes y materiales de alta disponibilidad, procesos estandarizados, infraestructuras abiertas, contenidos sin restricciones, y herramientas de fuentes abiertas de cara a maximizar la habilidad de los individuos para materializar y usar el hardware, Según la OSHWA el hardware de fuentes abiertas da libertad de controlar la tecnología y al mismo tiempo compartir conocimientos y estimular la comercialización por medio del intercambio abierto de diseños en base a la Definición de Código Abierto para el software.

Los términos de distribución del Hardware de fuentes abiertas contemplan los siguientes criterios:

- Documentación. El hardware libre ha de incluir documentación en la forma de ficheros de diseño y deberá permitir la modificación y redistribución de los mismos.
- Alcance. La documentación del hardware deberá especificar claramente que parte del diseño, sino todo, se libera bajo la licencia.
- Programas informáticos necesarios. Si el diseño bajo licencia necesita de un paquete de informático, los interfaces habrán de estar documentados o que el paquete informático necesario venga liberado bajo una licencia de código abierto.
- La licencia deberá permitir modificaciones y obras derivadas, y permitirá que éstas se distribuyan bajo los mismos términos que la licencia de la obra original.
- Libre redistribución. La licencia no podrá restringir a nadie de la venta o distribución de la documentación del proyecto ni podrá requerir el pago de derechos de autor por la mencionada venta, además no podrá requerir ningún derecho de autor o tasa relacionada a la venta de obras derivadas.
- Atribución. La licencia podría requerir que los documentos derivados y notificaciones de derechos de copia –copyright- asociadas con los dispositivos atribuyan la autoría del/los autor/es licenciante/s a la hora de distribuir ficheros de diseño, bienes manufacturados y/o productos derivados de los mismos.
- Discriminación a personas. La licencia no puede discriminar a personas o grupos de ellas.
- Discriminación a campos de aplicación. La licencia no puede restringir a nadie de hacer uso del trabajo -incluyendo el objeto manufacturado- en un campo específico de aplicación.
- Distribución de la licencia. Los derechos proporcionados por la licencia deberán ser aplicados a todos aquellos a los que sea redistribuido el trabajo sin la necesidad de ejecutar una licencia adicional.
- La licencia no será específica para un producto. Si una parte de una obra licenciada se usa y distribuye bajo los términos de la licencia, todos aquellos a los que se les redistribuya la obra deberán tener los mismos derechos que proporcione la obra original.
- La licencia no deberá restringir otro hardware o software. La licencia no deberá colocar restricciones a elementos añadidos a la obra con el trabajo licenciado, pero no derivados de él.
- La licencia será neutra en términos tecnológicos. Ninguna de las cláusulas de la licencia dependerá de una tecnología específica, componente, material o estilo de interfaz o uso de la misma.

Las características del Open Hardware y el Open Software hacen posible un ambiente propicio para la creación y el desarrollo a un público más amplio que no requiere ser el más especializado para acceder de manera activa al mundo de la tecnología:

“También llamado Open Source que comparte muchos de los principios y metodologías del software libre; el Hardware libre permite que la gente pueda estudiarlo para entender su funcionamiento, como modificarlo, reutilizarlo, mejorarlo y compartir dichos cambios...el objetivo del hardware libre es por lo tanto facilitar y acercar la electrónica, la robótica y en definitiva la tecnología actual a la gente, no de una manera pasiva consumista sino involucrando al usuario final para que entienda y obtenga más valor de la tecnología actual e incluso ofreciéndole la posibilidad de participar en la creación de futuras tecnologías (Torrente, 2013, p.68)”.

Acercar y facilitar la tecnología al común de la sociedad son las cualidades que hacen posible la creación en los individuos a partir de la participación activa, por tanto, permiten que entornos sociales como el de la educación utilicen esta serie de elementos en conjunto para desarrollar en los individuos a través de la tecnología las habilidades y destrezas necesarias para abordar el conocimiento de manera más efectiva a partir de la participación en la tecnología y la ciencia como sujetos activos.

2.2.5.1. PLATAFORMAS OPEN HARDWARE Y SOFTWARE EN EDUCACIÓN.

Los avances tecnológicos plantean nuevos retos que cumplir, nuevas estrategias que diseñar y nuevos medios que utilizar de manera general desde manejar equipos de cómputo, dominar programas informáticos, hasta herramientas de las TIC para ser competitivos en diversos campos, de manera particular en el campo de la educación ha obligado a los profesores a utilizar nuevas estrategias didácticas que incluyan el uso de estos dispositivos y herramientas TIC para apoyar las actividades que se llevan a cabo en la escuela, lo menciona Colombia Digital (2012) en su publicación Aprender y educar con las tecnologías del siglo XXI.

El software y el hardware han permitido que la práctica de aula sea potenciada por la didáctica a través de estos medios que pretenden: la interactividad con los estudiantes, la facilidad del trabajo diferenciado, permiten optimizar el tiempo en impartir temáticas que de lo contrario requerirían de gran cantidad de tiempo para entrar en detalle, permiten también simular procesos complejos además de fortalecer los procesos de evaluación, entre otras características y que pueden ser utilizados en el contexto del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El software y el Hardware pueden ser del tipo libre o propietario, sin embargo:

“Desde el punto de vista social y estratégico consideramos necesario el uso de software libre, como manera más factible de garantizar la democratización del acceso a la información y los sistemas del Estado, es decir, coadyuvaría a garantizar la educación de los individuos... (Culebro et al., 2006, p 54)”.

En el caso del software libre según Centro Internacional de Desarrollo Tecnológico y Software Libre (2011) las ventajas se encuentran en: permitir que cualquier programador o empresa con el conocimiento necesario pueda modificar, adaptar adecuar o cambiar el software de acuerdo a sus necesidades; no existen restricciones en cuanto a la cantidad de copias que se pueden instalar de un programa específico por tanto se pueden instalar tanto en los ordenadores del colegio así como en cualquier ordenador externo o particular sin costo alguno para

docentes o estudiantes; induce al debate sobre las implicaciones sociales de las Tecnologías de Información y Comunicación -TIC-; evidencia del ahorro estimado que supone la utilización de Software Libre en términos de licencias, siendo el caso de Extremadura en España uno de los que más ha llamado la atención a nivel internacional, esta región de escasos recursos con apenas un millón de habitantes, logró un ahorro estimado de 30 millones de euros al implementar una política de uso de tecnologías libres a nivel de gobierno y dedicando este dinero a la creación de capacidades locales y el desarrollo de software a la medida para uso de colegios e instituciones del gobierno.

Existen muchas aplicaciones de Software Libre disponibles hoy en día, incluyendo muchos de los más comunes programas de edición de texto, imágenes, presentaciones y otros, por lo cual es muy probable que exista una aplicación para cada necesidad educativa, lo muestra el Centro Internacional de Desarrollo Tecnológico y Software Libre (2011), al preferir el uso de Software Libre -según este autor- se brinda la oportunidad a la institución de tener acceso al código fuente de todas las aplicaciones que utiliza. Esto a su vez brinda la oportunidad de abrir el abanico de proveedores de servicios y soporte alrededor de estas aplicaciones, ya que el código fuente del software es de acceso público, de igual manera se evita depender de una sola empresa para realizar adaptaciones o mejoras al software, además, cualquier empresa con la capacidad técnica puede modificar el software para los fines particulares de la institución, con lo cual también se incrementa la competencia y calidad del servicio.

Por el lado del Hardware libre en complemento con el software en educación:

“Son una opción económica, eficiente y flexible para implementar y desarrollar tecnología en el aula permitiendo la construcción de sistemas complejos haciendo uso de software y hardware diseñado por terceros, ofreciendo un gran flexibilidad gracias a la disponibilidad del código y circuitos esquemáticos, de esta manera ajustar el comportamiento de las aplicaciones obteniendo algunos beneficios como: reducción de tiempo de desarrollo, expansión de aplicaciones, modularidad y corrección de problemas de una manera práctica (Arango et al., 2014, p.1)”.

Involucrando al estudiante en la cultura del open Source tanto de software como de Open Hardware a través de proyectos en el aula, Según los autores estos sistemas son de extrema utilidad para el caso en el cual sea necesario reducir costos o en ambientes que cuentan con recursos muy limitados.

En cuanto a iniciativas que promueven el uso de software en Latinoamérica se encuentra Gleducar que es una organización sin fines de lucro creada en argentina en 2002 conformada por docentes, estudiantes y activistas de la educación con el fin de trabajar en el campo de la educación libre en torno a recursos educativos abiertos, propiedad intelectual, tecnologías libres, políticas educativas, acceso abierto redes distribuidas e innovación pedagógica; y espacios como Edusol donde se promueven experiencias educativas con Software Libre.

En cuanto a software en educación el Centro Internacional de Desarrollo Tecnológico y Software Libre (2011) muestra parte de los desarrollos en el campo

del software libre en base a categorías como los sistemas operativos, los aplicativos y los proyectos que impulsan el software libre. En cuanto a la primera categoría se encuentran sistemas operativos como: Debian Edu o Skoleliux, este último es un proyecto creado en Noruega por un conjunto de docentes, activistas y entusiastas del Software Libre con el objetivo de proveer una solución completa de software para la educación basado en Software Libre; Fedora Education Spin, una edición de Linux Fedora para la educación que tiene como objetivo principal facilitar a docentes y estudiantes el acceso a una gran variedad de herramientas; Qimo4kids un sistema operativo basado en Ubuntu con un escritorio diseñado exclusivamente para niños pequeños; OpenSUSE: Education-Li-f-e y Tuquito.

En cuanto a aplicativos existen cientos de aplicaciones desde juegos interactivos como Potato guy -juego de dibujo para niños-, TuxMath -entrenamiento matemático-, KwordQuiz, Kalcin, Celestia, Tuxpaint, Blinken, Kletters, Jclic entre otros, dedicados a la educación preescolar y primaria, pasando por GeoGebra – Geometría dinámica- hasta lenguajes de programación como Scratch –versión actualizada del Logo de Papert-, software de simulación y programas científicos de gran complejidad como Scilab.

Según esta entidad existen algunos proyectos que impulsan el hardware libre y que utilizan las licencias de software libre: Open Cores es una comunidad de hardware libre que utiliza las licencias LGPL, licencia de software libre permisiva en contraste con las licencias copyleft, que tienen de reciprocidad requisitos de compartir igual o modificadas de hardware para distribuir sus diseños y producto; FreeCores que es una comunidad derivada de Open Cores que utiliza licencias GPL -licencia que garantiza a los usuarios finales la libertad de usar, estudiar, compartir, copiar y modificar el software-; La Open Hardware Foundation que promueve la licencia copyleft -una práctica que propicia el libre uso y distribución de una obra, exigiendo que los concesionarios preserven las mismas libertades al distribuir sus copias y derivados- y otras licencias permisivas en la creación de hardware.

En la educación se utilizan plataformas Open Source como la Raspberry Pi que es una computadora incrustada sobre una placa de hardware que utiliza la licencia BSD para distribuir diferentes partes del diseño; la plataforma pingüino, la cual, posee un IDE -Infraestructura de datos especiales- hecho en Python -lenguaje de programación- dando un soporte multiplataforma -Windows, OSX, GNU/Linux-, que está registrado bajo la licencia pública general GNU GPLv2; Arduino, que es una placa de hardware diseñada principalmente para crear prototipos electrónicos, es uno de los ejemplos más relevantes del Hardware Libre además de utilizar la licencia Creative Commons -permite a otros distribuir, mezclar, ajustar y construir a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre que le sea reconocida la autoría de la creación original-para distribuir y compartir su diseño; NodeMCU que es una plataforma IoT -Internet of Things o internet de las cosas, un concepto que se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos con internet- de código abierto que no ha sido utilizada ampliamente en el ámbito educativo pero que hace parte de la presente investigación, la plataforma FEMPRETEC, -en detalle en <http://fempretec.blogspot.com.co/>- una placa basada en los microcontroladores

PICAXE de microchip que se utiliza en el modelamiento y la simulación en el aula de clase en Colombia en educación media por parte de algunos maestros; la placa TICS que es una versión mejorada de Arduino y que funciona de forma inalámbrica, al igual que la FEMPRETEC utilizada en el modelamiento y la simulación escolar. Las plataformas Fempretec y TICS son utilizadas por Araujo et al. (2016) en su investigación *Modelado y simulación M (H) en la educación media*, como estrategia para la obtención de datos en la determinación de los niveles de Homología de los estudiantes.

Particularmente en la propuesta de los autores se utilizan dispositivos Open-Source para permitir el dialogo entre el mundo físico y el entorno virtual, igualmente se utilizan entornos de desarrollo como Scratch -versión reciente del antiguo LOGO de Papert- que es capaz de interpretar los datos enviados por la sensórica, ejecutar las tareas en el ordenador y en el mundo físico a través de actuadores.

También está acompañado por herramientas de modelización computacional en la escuela para favorecer el estudio y la observación de sistemas, se acude a la construcción de modelos mediante la utilización de plataformas de hardware libre y la utilización de entornos de desarrollo basados en software libre que benefician el aprendizaje; según Odorico et al.(2009)): *la presencia de tecnologías en el aula de clase busca proveer ambientes de aprendizaje interdisciplinarios donde los estudiantes adquieran habilidades para estructurar investigaciones y resolver problemas concretos.*

2.2.6. LA DINAMICA CONSTRUCCIONISTA Y LAS TEORIAS DE LA COMPLEJIDAD

Las relaciones o interacciones dentro de la dinámica construccionista en la escuela puede verse desde la perspectiva de un sistema dinámico, -un corolario de la idea de la escuela como un sistema caótico de Arboleda (2016)- desde esta perspectiva el trabajo en aula en la escuela puede abordarse desde las teorías de la complejidad; como lo diría Maldonado (2014): *el aula es el laboratorio de la educación una idea que no tiene nada novedoso, sin embargo de lo que se trata es de entender la manera como sucede la producción de conocimiento en su primera forma*, un acercamiento a la dinámica del aula en un entorno construccionista presenta una oportunidad para abordar el conocimiento desde las actividades que suceden en estos entornos desde la complejidad, donde se resalta la importancia de las interacciones entre individuos –vecinos- como lo indican Davis y Sumara (2008) pero que igualmente como ellos lo indican ofrece pocos consejos generalizables sobre los medios para lograr la reunión y la combinación de ideas, sin embargo pueden complementarse y evidenciarse a partir de la interacción con las herramientas pueden utilizarse en los entornos construccionistas como el software y el Hardware libres en actividades de modelado y simulación en el aula como los medios para la combinación y monitorización de los resultados de las ideas que surgen, lo que conlleva a la posibilidad de caracterizar desde una primera aproximación a la manera como sucede la producción de conocimiento en estos

entornos a través de la complejidad o como lo diría Maldonado: el interés por el aprendizaje de estos sistemas.

El estudio de la complejidad según Maldonado (2008) consiste en la descripción, comprensión y explicación de sistemas dinámicos, caracterizados por la no-linealidad, sinergias, bucles de retroalimentación positiva y negativa, transiciones de fase, bifurcaciones, autoorganización y emergencias, en los que lo importante no son los elementos que componen un sistema determinado, sino las relaciones entre los componentes del sistema de que se trate, así como el hecho, fundamental, de que se trata de un sistema abierto, o sensible al entorno o medio ambiente. Para Maldonado el problema fundamental de la complejidad consiste en comprender el orden, que no es precisamente estático o regular, sino, más exactamente, aperiódico, marcado por inestabilidades, turbulencias, fluctuaciones y bifurcaciones. Según este autor las ciencias de la complejidad simulan la realidad y la simulación es una forma de comprender mejor, lo que en el contexto de la escuela presenta una oportunidad dentro del aula en relación con la producción del conocimiento.

2.2.6.1. LA TEORÍA DEL CAOS Y LA ESCUELA

Históricamente, el caos primero teoría, luego ciencia, fue desarrollada por E. Lorenz en los años 1962-64 Según Maldonado y Gomez (2019), según Crutchfield (1987) el marco general del que emerge el caos es la llamada teoría de los sistemas dinámicos. Un sistema dinámico consta de dos partes: la noción de estado –la información esencial sobre un sistema- y una dinámica –una regla que describe cómo evoluciona el estado en el tiempo-, la evolución puede representarse en un espacio de configuraciones, construcción abstracta cuyas coordenadas son las componentes del estado. La evolución temporal de un sistema dinámico puede desarrollarse de manera continua o discreta en el tiempo, el primer caso se habla de un flujo; en el segundo de una aplicación.

Para saber cómo evoluciona un sistema desde un estado inicial dado, se puede recurrir a la dinámica –las ecuaciones del movimiento- que explica el movimiento por incrementos a lo largo de la órbita. En el caso de sistemas simples como por ejemplo un péndulo sin rozamiento puede ocurrir que las ecuaciones admitan una solución explícita, o sea, una fórmula que exprese cualquier estado futuro en función de la inicial.

Los éxitos en la obtención de soluciones explícitas en el caso de muchos sistemas simples suscitaron la esperanza de que tales soluciones existieran para cualquier sistema mecánico, ahora se sabe que no es así en general, el comportamiento impredecible de los sistemas dinámicos caóticos no puede expresarse mediante una solución explícita, consecuentemente no hay atajos para predecir su comportamiento; esta es su característica.

Las trayectorias de los sistemas caóticos en el espacio de estados son complicadas. En contraposición los sistemas lineales describen trayectorias simples bucles, por

ejemplo. Pero la trayectoria de un sistema caótico no es aleatoria pasa por ciertas regiones del espacio, al tiempo que elude el paso por otras. La trayectoria se ve arrastrada hacia una región conocida por atractor caótico, éste es la manifestación de los parámetros fijos y de las ecuaciones que determinan los valores de las variables dinámicas.

Por tanto, si se mide la trayectoria de un sistema caótico no será posible medir en qué lugar el atractor se encontrará en el futuro lejano. Sin embargo, el atractor caótico es siempre el mismo no importa cuánto se mida. Según Ditto y Pecora (1993) en cuanto los investigadores disponen de información acerca del atractor caótico de un sistema pueden empezar a servirse del caos.

Desde la perspectiva del aula como sistema dinámico Según Arboleda (2016):

“Un aprendizaje bajo la mirada de la Teoría del Caos permite entender que los sujetos impactan lo observado y el medio del que se aprende, realizando a la vez una transformación sobre este; por tanto, el conocimiento y su construcción es un atractor de características fractales al que la escuela y los escolares tienden en el tiempo, con bifurcaciones azarosas que aparecen en el camino de manera incierta”.

Un enfoque desde las teorías de la complejidad acorde con los planteamientos constructivistas en relación con el aprendizaje, la acción y la interacción, esta vez a través de artilugios como el espacio de estados, los diagramas de fase, los atractores y la fractalidad para el análisis de sistemas dinámicos en la teoría del caos, representa una oportunidad idónea para abordar el aprendizaje en el aula de clase y en una poderosa herramienta en palabras de Arboleda para el desarrollo y el entendimiento de las dinámicas impredecibles de la construcción de conocimiento en la escuela.

2.2.7. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Según Pajares (2006): *La inteligencia Artificial es el estudio de las facultades mentales a través del uso de modelos computacionales*, según este autor este término data de los años 50s del siglo XX y se debe a un grupo de científicos - McCarthy, Minsky, Newell y Simon- que estudiaron el cerebro humano como modelo natural integrando la cibernética y los computadores; otra definición muy extendida según Pajares es la de Hayes que considero que: *la inteligencia artificial es la implementación de razonamientos inteligentes mediante técnicas propias de la computación*, establece un lazo de unión entre la máquina, la inteligencia y la actividad del ser humano.

La Inteligencia Artificial empezaría hacia 1960 según García (2012) cuando en el Instituto Tecnológico de Massachusetts -MIT-, John McCarthy creó el LISP, -el primer lenguaje de investigación dentro de la Inteligencia Artificial-, sin embargo, el término Inteligencia Artificial se le atribuiría a Marvin Minsky, también del MIT quien en 1961 escribió un artículo titulado Hacia la Inteligencia Artificial.

El problema que abordaría la Inteligencia Artificial en las siguientes décadas sería uno de los más complejos ya que se relacionaría con la dinámica del conocimiento humano y se puede resumir en la pregunta que enuncia Ponce (2010): *¿cómo es posible que un diminuto cerebro tenga la capacidad para percibir, comprender, predecir y manipular un mundo que en tamaño y complejidad lo excede?*

La Inteligencia artificial hoy está compuesta de diversos elementos dentro de los cuales se puede mencionar tres grandes ramas en palabras de Ponce (2010): la lógica Difusa; las redes neuronales y por último los algoritmos genéticos.

La lógica difusa afirma Almache (2013) es un conjunto de principios matemáticos basados en grados de membresía o pertenencia, cuya función es modelar información, actualmente se considera como una rama de la Inteligencia Artificial que le permite a una computadora analizar información del mundo real en una escala entre lo falso y verdadero, sería una alternativa a las nociones de pertenencia y lógica que se iniciaron en la Grecia antigua y que continuaron con los desarrollos del lógico Jan Lukasiewicz quien logró establecer los principios de la lógica multivaluada donde las proposiciones pueden tomar valores verdaderos fraccionales entre los unos -1- y los ceros -0- de la lógica clásica. Posteriormente Lotfi Zadeh -matemático de origen iraní- aplicaría estos principios a cada objeto en un conjunto creando de esta manera el álgebra de conjuntos difusos y la publicaría con el nombre de *Fuzzy Sets*, esta teoría considera -entre los valores de falso y verdadero [0.0, 1.0]- ciertas funciones denominadas funciones de pertenencia, la intención inicial de Zadeh fue la de establecer juiciosamente el manejo del razonamiento humano expresado de forma lingüística.

Las redes neuronales artificiales en palabras de Campanario (2004) son un paradigma computacional conexionista en psicología cognitiva cuya estructura emula el proceso biológico del aprendizaje humano, son sistemas compuestos por muchos elementos de procesamiento no lineales llamados neuronas y conectadas entre sí por sinapsis adaptativas que actúan como sistemas de conexión entre neuronas formando una red, las redes neuronales artificiales se basan en el alto grado de paralelismo de la arquitectura cerebral y que permiten resolver con gran eficiencia problemas de clasificación identificación, predicción y pueden aprender, para lo que son entrenadas, variando los pesos que ponderan sus conexiones mediante estrategias de aprendizaje.

Los algoritmos genéticos por su parte según Ponce (2010) son un procedimiento de búsqueda y optimización combinados con heurísticas específicas en base a modelados de mecanismos genéticos de selección natural de los seres vivos; su principal ventaja es que permiten explorar un amplio espacio de estados, sin embargo no es óptimo; se utilizan cuando lo que se persigue es una solución aceptablemente buena en un tiempo razonablemente corto y en problemas complejos de optimización por su paralelismo implícito y su habilidad para mantener múltiples soluciones concurrentemente.

Actualmente la Inteligencia Artificial ha incursionado en diversos campos de la actividad humana en especial en la psicología cognitiva y en la educación -Campanario (2004)-, en palabras de Purdy y Daugherty (2017) se vislumbra como un nuevo factor de producción que puede transformar las bases de crecimiento en todos los países del mundo, lo que mostraría la importancia de abordar esta desde los diversos campos del conocimiento.

2.2.7.1. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN.

En muchos centros de enseñanza es creciente la utilización de las tecnologías de la información y las comunicaciones en los procesos de enseñanza-aprendizaje, desde la década de los 80s con la implementación de los sistemas de enseñanza asistidos por ordenador -Papert (1984)- y la implementación de los primeros tutores inteligentes -Gross (1992)- potenciaron las tecnologías basadas en inteligencia artificial y el uso de las computadoras, hoy se cuentan con tecnologías como los sistemas de aprendizaje adaptativo -Observatorio de innovación tecnológica de Monterrey (2014)-, el Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computador -cabrera (2018)- y los *serious games* -Wouters et al. (2013)-; la investigación en estos campos es muy activa y plantea en prospectiva la construcción de sistemas que puedan conocer y gestionar las dinámica del aprendizaje.

2.2.7.1.1. SISTEMAS DE HIPERMEDIA ADAPTATIVOS.

El aprendizaje adaptativo es un de las tecnologías en educación populares de siglo XX, para el Observatorio de innovación tecnológica de Monterrey (2014) tendrá un alto potencial de crecimiento durante los siguientes años donde se comenzará a observar cada vez más implementaciones en el ámbito educativo, este organismo define aprendizaje adaptativo como *un método de instrucción que utiliza un sistema computacional para crear una experiencia personalizada de aprendizaje*, su premisa básica es adaptar el proceso educativo a las fortalezas y debilidades de cada estudiante y ofrecerle diferentes posibilidades.

El aprendizaje adaptativo para esta organización no es algo nuevo y su origen estaría relacionado a la máquina de enseñanza de B. F. Skinner y a la Teoría del Aprendizaje Programado que surgieron en la década de 1950 y continuó con el movimiento de la Inteligencia Artificial en la década de 1970; con la evolución de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación -TIC- y la miniaturización de las computadoras, cada más potentes y menos costosas se darían las condiciones necesarias para que evolucionaran los Sistemas de Hipermedia Adaptativos -SHA- y se aplicaran finalmente a la enseñanza en el aula, a distancia y en diversos escenarios de tutoría.

Los SHA afirma Grimón (2008) adaptan la información presentada a los usuarios según sus preferencias, conocimientos e intereses, el proceso de personalización permite mostrar la información que es apropiada para el grado de conocimiento de

cada usuario, además pueden adaptar las ayudas, los mensajes de error, las tareas que ofrece al usuario, los contenidos, etc.

En cuanto a trabajos en base a SHA menciona este autor que existen investigaciones en base a propuestas como motores de búsqueda de páginas Web para dispositivos móviles con tecnología adaptativa, aplicaciones con adaptación para el usuario en educación a distancia basada en Web, investigaciones sobre un marco para combinar técnicas hipermedia adaptativa y lenguaje natural, desarrollo de sistemas de evaluaciones adaptativas basadas en ordenador, investigaciones sobre comunidad adaptativa basada en sistemas hipermedia que permite navegación social y la retroalimentación, entre otros.

En cuanto al estado del arte de los sistemas SHA Brusilovsky, Chavan, y Farzan, (2004) presenta tres generaciones, la primera data de principios de los años noventa del siglo pasado borda sobre diversas formas de adaptar comportamiento del hipertexto e hipermedia a los usuarios individuales donde se propusieron ideas para técnicas en la navegación adaptativa como la guía directa, ordenamiento, ocultamiento, anotaciones y la presentación de adaptación.

Entre los proyectos desarrollados para esta generación se tienen: ITEM/PG e ISIS-Tutor que personalizaron las características del estudiante para el acceso a los contenidos educativos.

La segunda generación que mencionan los autores está comprendida entre los años 1996 y 2002 cuando las investigaciones hasta 1996 y el rápido crecimiento y uso de la World Wide Web –WWW- proporcionaron una buena base para esta generación, en esta época la motivación fue producir sistemas que pudiesen ser utilizados en los procesos de enseñanza.

En el contexto educativo los investigadores de hipermedia adaptativa se vieron en la necesidad de abordar audiencias heterogéneas para cursos basados en Web. Se desarrollaron los sistemas AST, AHM, AHA!, Hy-SOM, TANGOW, KBS-Hyperbook y Multibook .

La tercera generación se inicia a partir del año 2002 se utilizan conjuntos de estos sistemas desarrollados en la segunda generación para desarrollar cursos reales y al mismo tiempo surgen los sistemas de gestión del aprendizaje –LMS- que apoyan las necesidades de los profesores y los estudiantes.

En lo que respecta a los esfuerzos de investigación que se realizan se puede comenzar citando los desafíos en Área de Interfaces Adaptativas -AUI- para diferentes dominios de aplicaciones, Álvarez et al. (2007) presentan tres enfoques en las AUI: la Inteligencia Artificial que se enfoca al desarrollo de inferencias y algoritmos con el fin de monitorear las acciones del usuario, permitiendo explorar nuevos patrones y mecanismos de asistencia para el usuario. El Modelo de Usuario -UM- que se basa en personalización e investiga sobre las características y comportamientos del usuario como componente principal para realizar la

adaptación. Por último, la Interacción Humano Computador -HCI- que propone la adaptación mediante la integración de diferentes modalidades para la comunicación entre el sistema y el usuario.

Con todas las herramientas la tecnología de los sistemas adaptativos ha logrado incursionar en el campo educativo al diferenciar a los individuos respecto de sus procesos de aprendizaje, lo muestra Paredes (2008) en su propuesta de incorporación de los estilos de aprendizaje a los modelos de usuario en sistemas de enseñanza adaptativos.

Sin embargo desde una mirada más crítica el Observatorio de Innovación Tecnológica de Monterrey (2014) plantea que aún hace falta demostrar que las plataformas de aprendizaje adaptativo funcionan con cualquier tema, no únicamente en aquellos que son relativamente estructurados, además, puede dejar de lado los procesos sociales de aprendizaje que surgen de la interacción entre estudiantes, interacciones que no pueden ser individualizadas o autogestionada y que son necesarias para el aprendizaje desde la teoría constructivista.

Dentro de los desafíos de los sistemas adaptativos el Observatorio de Innovación Tecnológica de Monterrey (2014) encuentra todavía algunas cuestiones como la inclusión de procesos colaborativos de aprendizaje necesarios en la escuela, en especial en el entorno constructivista. De acuerdo con Falbel (1993) buenos materiales de aprendizaje ciertamente apoyan el aprendizaje constructivista, pero también es importante el ambiente de aprendizaje o el contexto social en el cual la construcción del conocimiento se lleva a cabo. La diversidad es importante para un ambiente de aprendizaje, diversidad de destrezas y diversidad de estilos, un ambiente de aprendizaje rico incluye personas de diversos niveles de destreza, la diversidad de artefactos impulsa la imaginación creadora de todos donde las ideas son tomadas prestadas y embellecidas por unos y otros, en un proceso de fertilización cruzado.

Cuestiones como las limitaciones del sustento pedagógico conductista dentro de estos sistemas hoy sólo permiten una relación vertical del tutor inteligente hacia el estudiante limitando la dinámica de aprendizaje debido a la estructura propia de los sistemas inteligentes. Existen también algunas limitaciones de orden técnico que no permiten que se puedan extender su uso a temas que no solo sean de forma estructurada lo que implica también que la forma de la evaluación pueda verse limitada debido precisamente a estas estructuras, sin embargo posiblemente estas cuestiones puedan ser cubiertas en un futuro cercano gracias a los avances tecnológicos que se vayan dando en el camino y que en algún momento permitieron avanzar de las máquinas de Skinner a los sistemas adaptativos.

2.2.7.1.2. APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS.

El aprendizaje basado en juegos, denominados: *juegos serios* trata de utilizar el poder de los juegos de ordenador y utilizarlo en el campo de la educación para

atraer y motivar a los estudiantes para conseguir que estos desarrollen nuevos conocimientos y habilidades modificando los procesos cognitivos que influyen en el aprendizaje, evidencia de su efectividad lo muestran Wouters et al. (2013) en comparación con los métodos de instrucción convencionales.

Hoy en día se está avanzando en desarrollos en el ámbito del *aprendizaje basado en el juego*, tanto en la educación formal -en el aprendizaje de las ciencias, la literatura, la historia y diversos contenidos transversales-, como en la informal -en la educación comunitaria, salud y el uso del tiempo libre-, como lo expone Del Moral et al. (2014) en el estudio de determinados Serious Games en el desarrollo de las inteligencias múltiples en la educación primaria; también este tipo de juegos se utilizan en la capacitación y educación continua de profesionales con la utilización de simuladores, juegos de rol y otro tipo de juegos serios digitales enfocados al aprendizaje de competencias profesionales como lo muestran Guenaga et al. (2013).

2.2.7.1.3. APRENDIZAJE COLABORATIVO SOPORTADO POR COMPUTADOR.

Los entornos de aprendizaje colaborativo basado en computador están diseñados para facilitar el proceso del aprendizaje proporcionando a los estudiantes la oportunidad y las herramientas para interactuar y trabajar en grupo, en aquellos con tecnología en inteligencia artificial la colaboración se realiza con la ayuda de un agente software encargado de mediar y facilitar la interacción para alcanzar unos objetivos iniciales; un ejemplo de este tipo de sistemas, lo exponen Barros y Verdejo (2000) quienes describen del sistema DEGREE que permite caracterizar el comportamiento de un grupo y de los individuos a través de un conjunto de atributos o etiquetas previamente ingresados por los individuos ofreciendo sugerencias y consejos con el objetivo de mejorar la interacción de grupo.

En el ámbito comercial Sánchez y Lama (2007) presentan el sistema DEBBIE - DePauw Electronic Blackboard for Interactive Education- como uno de los entornos de aprendizaje colaborativo basados en computador más conocidos el cual permite a los profesores y a los estudiantes compartir instantáneamente información e ideas, el objetivo final es la comprensión, el análisis y la discusión y los conceptos presentados en una determinada clase.

2.2.8 ANLÍTICAS DE APRENDIZAJE

Según Sabulsky (2019) las analíticas de aprendizaje son dispositivos tecnológicos que se incorporan a las plataformas educativas o redes sociales con el fin de registrar la actividad de los estudiantes, creando grandes bases de datos. Por su parte La Society for Learning Analytics Research lo define como un campo de estudio y lo describe según Long y Siemens (2011) como: *la medición, recolección,*

análisis y presentación de datos sobre los alumnos y sus contextos, con el propósito de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce.

Suthers y Verbert (2013) por su parte, lo definen como un campo que se sitúa a medio camino entre las ciencias del aprendizaje, la investigación educativa y el uso de técnicas computacionales para capturar y analizar datos. Las analíticas de aprendizaje se convierten entonces en un recurso clave actual para analizar, visualizar, entender y mejorar los procesos de aprendizaje.

“La diferencia entre el seguimiento de un docente y las analíticas del aprendizaje es que estas últimas dotan de capacidad para observar y dar soporte a nivel global en una clase. En cambio, la capacidad observar del profesor solo le permite centrarse en un alumno a la vez” (Amo y Santiago 2017)

La recopilación de datos de los alumnos, cuando están en un contexto de aprendizaje, abre la puerta a nuevas interpretaciones acerca de lo que sucede durante la ejecución de los procesos de aprendizaje. Así lo afirma Stewart (2017) al enfocarse en realizar Analíticas de Aprendizaje con el fin de emplear una técnica para modelar y generar perfiles de alumnos, así como la de abrir el medio para formular un aprendizaje personalizado y adaptable.

Esos conjuntos de datos huellas digitales según Tseng et al. (2014; Citado por Corina et al., 2019) permiten formular las analíticas de los aprendizajes, proporcionando nuevas perspectivas para la mejora del aprendizaje y de la enseñanza a través de recursos tecnológicos.

Existen tres razones adicionales según Banihashem et al. (2018), por las cuales el tamaño y la variedad de datos son la base de la verdadera analítica del aprendizaje. La primera de ellas es, que cuanto mayor sea el número de estudiantes, se podrá proponer una forma verdadera de generalización de hallazgos. La segunda razón, es referente a la variedad de datos, ya que cuanto más diverso sea el origen de los datos, aumenta exponencialmente el número de variables incluidas en el análisis y esto lleva a un mayor número de posibles relaciones entre ellas. Finalmente, en tercer lugar, los grandes conjuntos de datos dan pie a identificar eventos anómalos, ya que estos se alejan de los comportamientos regulares, los cuales se dan solo de forma esporádica o en pequeñas muestras de estudiantes.

2.2.9. LOS MAPAS AUTOORGANIZADOS.

Los mapas autoorganizados -SOM- son un tipo de red neuronal artificial de aprendizaje no supervisado, éste último término quiere decir:

“Redes cuya finalidad es descubrir rangos comunes, regularidades, correlaciones o patrones según y de esta forma incorporarlas a su estructura interna de conexiones... por tanto que las neuronas deben autoorganizarse en función de los estímulos procedentes del exterior de la red (Alarcón, 2014, p.13)”.

Con la anterior definición el concepto de Mapas Autoorganizados se puede definir como:

“El SOM es un gráfico que refleja las semejanzas existentes entre los datos de entrada. Convierte las relaciones estadísticas existentes entre datos de alta dimensionalidad en relaciones geométricas proyectadas sobre puntos de una pantalla de baja dimensionalidad, habitualmente una rejilla de nodos de dos dimensiones facilitando la exploración visual de estas relacionestambién se produce una cierta abstracción dado que se produce una comprensión de información preservando las relaciones de vecindad de los datos....se describe como un mapeo no lineal ordenado y suavizado de los conjuntos de datos de entrada, en los elementos de una matriz de bajas dimensiones (Buendía, 2015, p.8)”.

Según Kohonen (1995) el creador de los SOM, es posible crear redes SOM estructuradas arbitrariamente que coinciden automáticamente con las distribuciones de datos, demostrando que existe un fenómeno de auto ordenación que describe en la sección tres de su trabajo: *Preliminary Demonstrations of Topology-Preserving Mappings*.

Según Kohonen:

“There are two opposing tendencies in the self-organizing process. First, the set of weight vectors tends to describe the density function of the input vectors. Second, local interactions between processing units tend to preserve continuity in the double (two-dimensional) sequences of weight vectors. A result of these opposing “forces” is that the reference vector distribution, tending to approximate a smooth hypersurface, also seeks an optimal orientation and form in the pattern space that best imitates the overall structure of the input vector density”.

Muestra que la distribución vectorial de referencia tiende a aproximarse a una hipersuperficie lisa, también busca una orientación y forma óptimas en el espacio del patrón que mejor imite la estructura general de la densidad vectorial de entrada. Muestra como en dos y tres dimensiones sucede el comportamiento y adaptación de los SOM, lo que conlleva a mostrar el fenómeno de la conservación de la topología para finalmente presentar las demostraciones matemáticas de la invariancia topológica de los SOM.

Los SOM debido a su gran capacidad de clasificación, discriminación y predicción dinámica se utilizan como herramienta dentro del conjunto de técnicas encaminadas al descubrimiento de la información contenida en grandes conjuntos de datos, El SOM como lo indica Kohonen (1995) es un método de agrupamiento visualización y abstracción, lo que plantea una gran oportunidad en el análisis de información que en el caso de esta investigación se hace vía analíticas del aprendizaje.

2.2.10. DEFINICIONES TOPOLÓGICAS

Se define un espacio topológico a partir de la definición 1:

“sea X un conjunto no vacío. Una colección τ de subconjuntos de X se dice que es una topología sobre X si:

- i) X y el conjunto vacío, \emptyset , pertenecen a τ
- ii) La unión de cualquier número – finito o infinito- de conjuntos en τ pertenece a τ
- iii) La intersección de dos conjuntos cualesquiera de τ pertenece a τ

El par (X, τ) se llama espacio topológico (Morris, 2010)”.

Por otro lado, se define que la topología discreta de un conjunto X es la topología dada por el conjunto potencia de X - $P(X)$ -, lo que conlleva a la definición 2:

“Sea X cualquier conjunto no vacío, y τ la colección de todos los subconjuntos de X . entonces τ es llamada la topología discreta sobre el conjunto X . el espacio topológico (X, τ) se llama espacio discreto. (Morris, 2010)”.

Cualquier biyección entre este tipo espacios es un homeomorfismo.

Herrero (2001) recuerda que la topología discreta sobre cualquier conjunto X , es metrizable y la distancia asociada es la distancia discreta o trivial, esta métrica discreta está definida por:

$$d(a, b) = \begin{cases} 0 & a = b \\ 1 & a \neq b \end{cases}$$

Por la definición 3:

“una métrica sobre un conjunto E es una función que a cada pareja de elementos $x, y \in E$ hace corresponder un número real positivo $d(x,y)$, y que tiene las propiedades siguientes:

- i) $d(x,y) = 0$ si, y solo si, $x=y$
- ii) para cada pareja $x, y \in E$, se tiene $d(x,y) = d(y,x)$
- iii) para toda terna $x,y,z \in E$, se tiene $d(x,z) \leq d(x,y) + d(y,z)$

Un conjunto provisto de una métrica se llama espacio métrico, sus elementos se llaman puntos y el valor $d(x,y)$ se llama la distancia de los puntos x e y (Horváth, 1969)”.

En topología un espacio topológico (X, τ) es metrizable si existe una distancia d definida sobre X , tal que τ coincide con τ_d .

De manera más general, todo espacio métrico (X, d) tiene asociado un espacio topológico asociado (X, τ_d) donde τ_d es la familia de los conjuntos abiertos de X para la distancia d .

2.2.10.1 LA HOMOLOGÍA

Según Macho (2005) la teoría de homología empieza tradicionalmente como una rama de la topología – la topología es a su vez una rama de la matemática-, siendo Poincaré el primero en dar una definición de este concepto en su “Analysis Situs” en 1895. Tiene que ver con la siguiente situación: se dispone de un espacio topológico complicado y se desea obtener información sencilla relacionada con el proceso de contar agujeros de cualquier dimensión, obteniendo ciertos invariantes

lineales. Según el autor se puede pensar en la homología como en una construcción de invariantes lineales asociados a una situación no lineal.

La homología más utilizada es la homología simplicial, que asocia una malla de n-simplices a una n-hipersuperficie, de manera particular es más conocida por su versión a una malla triangular a una superficie, parte del teorema de la característica de Euler. En tres dimensiones, para una superficie con dos dimensiones, la característica de Euler-Poincaré es un invariante topológico que se calcula mediante $\chi = C - A + V$ donde C, A y V son los números de caras, de aristas y de vértices, respectivamente de la triangulación.

Si el poliedro no tiene agujeros, es decir, es topológicamente equivalente – homeomorfo- a una esfera, se tiene que $\chi(S^2) = C - A + V = 2$ -fórmula de Euler-, por ejemplo, para un cubo se tiene $6 - 12 + 8 = 2$, o para un tetraedro se tiene $4 - 6 + 4 = 2$, la característica llamada de Euler-Poincaré es aplicable a cualquier triangulación de una superficie y permite simplemente contando caras, aristas, y vértices determinar si dos superficies son equivalentes entre sí o no.

Los elementos de una triangulación de una superficie antes mencionados están relacionados entre sí por la operación *ser borde de*, de tal forma que los bordes de las caras son aristas y los bordes de las aristas son vértices. El procedimiento define un complejo de cadenas donde el conjunto vacío es borde del espacio de todos los vértices, que son borde del espacio de todas las aristas, que son borde del espacio de todas las caras.

De manera general los grupos de homología se definen a partir de estos complejos de cadena, asociando un grupo a cada operación *ser borde de* y gracias a la propiedad de que el borde de un borde es el conjunto vacío, según Vargas (2017) una superficie se caracteriza homológicamente describiendo la sucesión de los grupos de homología de sus triangulaciones, los grupos de homología no dependen de la triangulación concreta utilizada para calcularlos sino de las propiedades topológicas de la superficie misma. En este sentido los grupos de homologías se convierten en una herramienta muy poderosa para describir las propiedades topológicas de un espacio topológico relacionadas con contar agujeros a partir de la obtención de invariantes lineales en palabras de Poincaré, desde la perspectiva de Macho (2005) *la homología es una herramienta algebraica fundamental que puede entenderse como un modo de obtener información sobre espacios topológicos.*

2.2.10.1.1. n-SÍMPLEX

Definición4. Dado el conjunto $\{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ de puntos en R^N , ($1 \leq n \leq N$), se dicen geoméricamente independientes si para cualquier escalares t_i las ecuaciones:

$$\sum_{i=0}^n t_i = 1 \text{ y } \sum_{i=0}^n t_i * a_i = 0 \text{ implican que } t_i = 0 \text{ para todo } i = 0, \dots, n.$$

Teorema1: el conjunto $\{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ en \mathbb{R}^N es geoméricamente independiente si y solo si los vectores $\{a_1 - a_0, \dots, a_n - a_0\}$ son linealmente independientes.

Definición5. Sea $\{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ un conjunto geoméricamente independiente en \mathbb{R}^N se define el n -plano P generado por a_0, a_1, \dots, a_n como el conjunto de todos los puntos $x \in \mathbb{R}^N$ para los cuales existen números reales t_0, \dots, t_n tales que:

$$x = \sum_{i=0}^n t_i * a_i = 0, \text{ donde } \sum_{i=0}^n t_i = 1$$

Definición6. Se define el n -símplex σ generado por a_0, a_1, \dots, a_n como el n -plano de \mathbb{R}^N donde los escalares t_0, \dots, t_n son reales no negativos. Los números t_i están únicamente determinados por x y son llamados coordenadas baricéntricas del punto x de σ con respecto a a_0, a_1, \dots, a_n .

Teorema2. Sea $\{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ un conjunto geoméricamente independiente en \mathbb{R}^N y σ el n -símplex generado por estos puntos, entonces se tienen las siguientes propiedades:

- i) σ es la unión de todos los segmentos de recta que unen a_0 con los puntos del símplex σ_0 generado por a_1, \dots, a_n .
- ii) σ es un conjunto compacto y convexo en \mathbb{R}^N y es igual a la intersección de todos los conjuntos convexos en \mathbb{R}^N que contienen a a_0, \dots, a_n .
- iii) existe un único conjunto geoméricamente independiente que genera a σ .

Definición7. Los puntos a_0, \dots, a_n que generan un n -símplex σ se llama n -vértices de σ y el número n recibe el nombre de la dimensión de σ .

Definición8. Un n -símplex generado por un subconjunto de $\{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ recibe el nombre de cara de σ ; las caras generadas por un subconjunto propio de $\{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ se llaman caras propias de σ .

Definición9. La unión de las caras propias del símplex σ recibe el nombre de la frontera de σ , que se denota por $Bd \sigma$.

Definición10. El interior de σ y denotado por $Int \sigma$ es el obtenido de σ al quitar su borde, en ocasiones se le llama el símplex abierto.

2.2.10.1.2. COMPLEJO SIMPLICIAL

Definición11. Un complejo simplicial K en \mathbb{R}^N es una colección de simplices de \mathbb{R}^N tales que:

- i) Si σ' es una cara del símplex $\sigma \in K$ entonces $\sigma_0 \in K$.
- ii) Sean σ y σ' dos simplices de K , entonces $\sigma \cap \sigma'$ es una cara de cada uno de ellos.

Lema 1. Una colección K de simplices es un complejo simplicial si y solo si se cumple lo siguiente:

- i) Si σ' es una cara del simplex $\sigma \in K$ entonces $\sigma' \in K$.
- ii) Sean σ y σ' dos simplices de K , tal que $\sigma \neq \sigma'$, entonces $\text{Int}\sigma \neq \text{Int}\sigma'$.

2.2.10.1.3. GRUPO DE HOMOLOGÍA

Los conceptos topológicos de simplex y complejo simplicial se llevarán a un contexto algebraico, por lo cual es necesario orientar los n -simplices y definir el operador borde; para el desarrollo de esta idea se toma como referencia la sección 5 y 6 del capítulo 1 de Munkres (1984) y el capítulo 3 de Vargas (2017).

2.2.10.1.3.1 OPERADOR BORDE

Definición12. Sea σ un simplex generado por $\{a_0, a_1, \dots, a_n\}$, se define un orden para el conjunto $\{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ como una permutación de este. Además, se dice que dos órdenes son equivalentes si estos difieren de una permutación par, con esto se genera las clases de equivalencia de órdenes para el conjunto de vértices.

Si $\dim \sigma > 0$, los ordenamientos se dividen en dos clases de equivalencia y cada una de ellas se llamará una orientación de σ y si dos órdenes pertenecen a clases de equivalencia distintas simplemente se dirá que estos son opuestos. Si σ es un 0-simplex entonces solo hay una clase de equivalencia de sus órdenes y una única orientación para σ . Un simplex orientado es un simplex σ junto con una de sus orientaciones.

Si σ es generado por los vértices a_0, a_1, \dots, a_n , usamos el símbolo $[a_0, a_1, \dots, a_n]$ para denotar el simplex σ junto con la clase de equivalencia a la que pertenece el orden particular (a_0, a_1, \dots, a_n) , lo que resulta ser un simplex orientado.

Dado que $(a_0, \dots, a_j, a_{j+1}, \dots, a_n)$ y $(a_0, \dots, a_{j+1}, a_j, \dots, a_n)$ son representantes de distintas clases de equivalencia es decir son opuestos, podremos decir que

$$-[a_0, \dots, a_j, a_{j+1}, \dots, a_n] = [a_0, \dots, a_{j+1}, a_j, \dots, a_n]$$

Finalmente, cuando no se especifica el conjunto de vértices que genera a σ , se puede denotar a σ junto con una clase de equivalencia por $[\sigma]$ y al opuesto por $[-\sigma]$, donde $[\sigma]$ y $[-\sigma]$ resultan ser los dos simplices orientados que genera σ . Decir que $[\sigma]$ y $[-\sigma]$ son generados por orientaciones opuestas será equivalente a denotar $[-\sigma] = -[\sigma]$.

Definición13. Sea K un complejo simplicial, denotemos por K_p al conjunto de los p -simplices de K orientados. Decimos que c es una p -cadena sobre K si c es una función de K_p a Z que satisface:

- i) $c([\sigma]) = -c([-σ])$ donde $[\sigma], [-σ] \in K_p$
- ii) $c([\sigma]) = 0$ salvo en un numero finito de p-simplices orientados $[\sigma]$.

Definición14. Sea $[\sigma] \in K_p$ se define la p-cadena elemental de $[\sigma]$ y se denota por $[\sigma]_c$ como la función que satisface:

- i) $[\sigma]_c([\sigma]) = 1$
- ii) $[\sigma]_c([-σ]) = -1$
- iii) $[\sigma]_c([\varphi]) = 0$ para todo p-simplice orientado $[\varphi]$ tal que $[\varphi] \neq [\sigma], [-σ]$

Como anteriormente se mencionó para un símplex σ se satisface $-\sigma = [-\sigma]$, y teniendo además que $[\sigma]_c([-σ]) = -[\sigma]_c([\sigma])$ entonces también se tendrá que $[-\sigma]_c([\sigma]) = -[-\sigma]_c([-σ])$ con esto se tiene que $[-\sigma]_c = -[\sigma]_c$.

Definición15. Se define $C_p(K)$ como el grupo de las p-cadenas en K con la suma usual de funciones.

Lema 2. $C_p(K)$ es un grupo abeliano libre.

Corolario 1. Cualquier función $f : K_p \rightarrow G$, donde G es un grupo abeliano, se extiende de manera única a un homomorfismo $f_{\sim} : C_p(K) \rightarrow G$, dado que $f(-[\sigma]) = -f([\sigma])$ para todo $[\sigma] \in K_p$.

$$\begin{array}{ll}
 f : K_p \rightarrow G & f_{\sim} : C_p(K) \rightarrow G \\
 [\sigma] \rightarrow f([\sigma]) & c = \sum n_i [\sigma]_c \rightarrow f(c) = \sum n_i f([\sigma]_c)
 \end{array}$$

Se define una función $\partial'_p : K_p \rightarrow C_{p-1}(K)$ y haciendo uso del corolario 1 se extiende a un homomorfismo $\partial_{\sim}'_p : C_p(K) \rightarrow C_{p-1}(K)$

Definición16. Sea $[\sigma] = [a_0, a_1, \dots, a_p] \in K_p$, con $p > 0$ se define el operador ∂'_p como sigue:

$$\begin{aligned}
 \partial'_p : K_p &\rightarrow C_{p-1} \\
 [\sigma] = [a_0, a_1, \dots, a_p] &\rightarrow \partial'([\sigma]) = \partial'([a_0, a_1, \dots, a_p]) \\
 &= \sum_{i=0}^n (-1)^i [a_0, \dots, \hat{a}_i, \dots, a_p]_c
 \end{aligned}$$

Donde el símbolo \hat{a}_i significa que el vértice a_i es eliminado. Para $p = 0$ tenemos que ∂'_p es el homomorfismo trivial.

Con lo anterior queda definido el homomorfismo $\partial_{\sim}'_p : C_p(K) \rightarrow C_{p-1}(K)$, que de manera más precisa es:

$$\begin{array}{ll}
 \partial_{\sim}'_p : C_p(K) &\rightarrow C_{p-1} \\
 c = \sum n_i [\sigma]_c &\rightarrow e \partial_{\sim}'_p(c) = \partial_{\sim}'_p(\sum n_i [\sigma]_c)
 \end{array}$$

$$= \sum n_i \partial'_p([\sigma_i]).$$

Pero por simplicidad en la notación de ahora en adelante se referirá a los operadores ∂'_p y $\partial\sim'_p$ como ∂_p esperando que se haga claro según el contexto cuando este es aplicado a un p -simplex ordenado o a una p -cadena. Además, para una p -cadena c diremos que $\partial_p(c)$ es el borde de c .

Lema 3. Sea $c \in C_p(K)$ entonces $\partial_{p-1}(\partial_p(c)) = 0$.

2.2.10.1.3.2 GRUPO DE HOMOLOGÍA PARA UN COMPLEJO SIMPLICIAL

Definición17. Llamamos al kernel del operador $\partial_p: C_p(K) \rightarrow C_{p-1}(K)$ el grupo de los p -ciclos y lo denotamos por $Z_p(K)$. La imagen del operador $\partial_{p+1}: C_{p+1}(K) \rightarrow C_p(K)$ la llamamos grupo de p -fronteras y lo denotamos por $B_p(K)$.

Con ello se define el p -ésimo grupo de homología de K que se denotará por $H_p(K)$ como sigue

$$H_p(K) = Z_p(K) / B_p(K)$$

Si $c \in C_p(K)$ tal que $c \in B_p(K)$ entonces $c = \partial_{p+1}(d)$ para alguna $(p+1)$ -cadena d , por el lema 3 $\partial_p(c) = 0$, por lo tanto $B_p(K) \subseteq Z_p(K)$ y además los grupos $C_p(K)$ y $C_{p+1}(K)$ son abelianos, por lo que tiene sentido la definición de $H_p(K)$.

Hay una estrecha relación entre el n -ésimo grupo de homología y los agujeros del espacio subyacente al complejo, esto se puede ver en el ejemplo 20 de Vargas (2017), cuando se considera el complejo K relleno -sin agujeros- el primer grupo de homología resulta ser el trivial, mientras que cuando se considera el complejo K después de haber eliminado el 2-simplex y en donde quedaba un agujero resulta que el primer grupo de homología era \mathbb{Z} , este último es un grupo abeliano libre con un generador. Es de resaltar también que el cálculo del grupo de homología es invariante bajo orientación.

Teorema 3. Sea K un complejo simplicial con dos orientaciones, denotemos por K_1 y K_2 a los complejos simpliciales ordenados. Entonces $H_p(K_1) \cong H_p(K_2)$, para todo $p \geq 0$.

Definición18. Sea K un complejo simplicial $c \in C_p(K)$ y L un subcomplejo de K . Decimos que la cadena c es llevada por L si $c([\sigma]) = 0$ para todo $[\sigma] \in L$.

Definición19. Sean K un complejo simplicial y sean $c, c' \in C_p(K)$ se dice que c y c' son homólogas y lo denotamos por $c \sim c'$ si $c - c' = \partial_{p+1}(d)$ para alguna $(p + 1)$ -cadena d . En el caso en que $c = \partial_{p+1}(d)$ diremos que c es homologa a cero, o que c acota.

La relación de homología en los p -ciclos es una relación de equivalencia y particiona a $Z_p(K)$ en las clases de homología

$$[z_p] = \{w_p \in Z_p(K) | z_p \sim w_p\}.$$

En realidad $[z_p] = z_p + B_p(K)$, así que las clases de homología son elementos de $H_p(K)$, por lo que se hace equivalente trabajar con ciclos homólogos en el momento de encontrar el grupo de los p-ciclos.

2.2.11. HOMOLOGÍA Y EL APRENDIZAJE

En su obra *La representación del espacio en el niño (La représentation de l'espace chez l'enfant, puf, 1948)*, J. Piaget y B. Inhelder defienden:

[...] el análisis geométrico abstracto tiende a mostrar que los conceptos fundamentales del espacio no son de manera alguna euclidianos, sino 'topológicos'. Es decir, basados enteramente en correspondencias cualitativas o 'bicontinuas' que involucran conceptos como proximidad y separación, orden y encerramiento.² Y, ciertamente, encontraremos que el espacio del niño, que es esencialmente de carácter activo y operacional, invariablemente comienza con ese tipo simple de relaciones topológicas mucho antes que se haga proyectivo o euclidiano.

Desde el ámbito matemático, particularmente desde la topología como se mencionó uno de los principales objetivos es la clasificación de los espacios y para esto es necesario determinar cuándo dos espacios son o no homeomorfos.

En este contexto según Vargas (2017) nace la importancia de la topología algebraica, pues esta genera nuevos instrumentos que permiten convertir un problema de topología en un problema de álgebra y uno de esos instrumentos es la homología simplicial, que busca hacer distinción entre espacios topológicos determinando el número de agujeros que estos contienen a partir de invariantes en función de la conclusión de Vargas (2017) al final de su trabajo: *"Por tanto para cada entero $n \geq 0$ y para cada espacio topológico X , el n -ésimo grupo de homología $H_n(X)$ es un invariante topológico"*.

En el marco referencial topológico la investigación propuesta busca captar los invariantes en determinados espacios con complejos de cadenas equivalentes estableciendo grupos de homología y de esta forma lograr una caracterización de la dinámica en entornos construccionistas en función de la topología del comportamiento de las variables relacionadas con el aprendizaje y captadas a partir de analíticas del aprendizaje con los SOM de Kohonen (1995), aprovechando los criterios de invariancia de la topología de los datos en estructuras n-dimensionales – Self Organizing Maps capítulo 3-.

2.2.11.1 AMBIENTES ADECUADOS PARA EL APRENDIZAJE Y HOMOLOGÍA

Según Gonzalez y Flores (1999):

“el ambiente de aprendizaje es el lugar o espacio, donde el estudiante utiliza herramientas y artefactos para recoger e interpretar información en interacción con los otros, buscar recursos para dar sentido a las ideas y construir soluciones significativas para los problemas”

Desde los lineamientos construidos y emitidos por la Secretaría de Educación del Distrito (2011) como parte de la política distrital se concibe por su parte que los ambientes de aprendizaje:

“... son ámbitos escolares de desarrollo humano; por esto, potencian el desarrollo en los tres aspectos: socioafectivo, cognitivo y físico-creativo. Además, este desarrollo ocurre a partir de unas experiencias que han sido determinadas por una intención formativa, lo que significa que no han ocurrido de manera casual siguiendo las circunstancias, sino que apuntan a los propósitos de maestros que buscan el desarrollo deseable del sujeto. Los ambientes de aprendizaje, entonces, ocurren siempre en el marco escolar y buscan brindar a los estudiantes las herramientas para que logren fortalecer habilidades para el desarrollo autónomo”.

En función del fortalecimiento de las habilidades para el desarrollo autónomo, un entorno en un ambiente rico en recursos donde se pueda materializar las ideas a partir de la acción–construcción presenta una oportunidad invaluable para aproximarse a las dinámicas del aprendizaje en los estudiantes en función de los tres aspectos. Por ello Lograr caracterizar el aprendizaje vía Homología de alguna manera presenta una oportunidad en el conocimiento y el fortalecimiento de las habilidades para el desarrollo autónomo, es allí donde la Homología se presenta como oportunidad para conocer la dinámica del aprendizaje en el trabajo autónomo dentro del aula.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO.

3.1. TIPO DE ESTUDIO.

La investigación SCAECH es de tipo exploratorio, tiene un enfoque cualitativo y es de carácter observacional, pretendió explorar una nueva perspectiva de la caracterización del aprendizaje de los estudiantes de la educación media en un entorno constructorista a partir de la interacción con herramientas tecnológicas Open Software y Open Hardware utilizando analíticas de aprendizaje obteniendo la información de la dinámica de aprendizaje del estudiante en un contexto de modelamiento y simulación en el aula; la propuesta implicó un trabajo y un diseño únicos y se aclara que las proposiciones teóricas surgieron en función principalmente de la dinámica de los datos de la investigación -Diseños de teoría fundamentada- y de su posterior análisis que pretendió ser de carácter automatizado en su mayoría . El desarrollo de SCAECH en prospectiva permite contar con una herramienta que por inducción puede establecer una nueva forma de caracterización autónoma del aprendizaje de los estudiantes en diferentes entornos constructoristas.

Los instrumentos, técnicas y métodos que se utilizan dentro del desarrollo de la propuesta de esta investigación deben ser novedosos y estar pensados para dar cuenta de manera autónoma de diferentes caracterizaciones de la dinámica aprendizaje en un entorno constructorista en aula con grupos preestablecidos, por ello se aclara que el componente cualitativo se evalúa y redefine constantemente en función de la información que se obtiene de los diferentes instrumentos y del posterior análisis de ésta información dentro del estudio.

3.2. DISEÑO DEL ESTUDIO.

La dualidad que expone Falbel (1993) en entornos constructoristas revela una oportunidad para abordar el aprendizaje en los estudiantes inmersos en este tipo entornos, las analíticas de aprendizaje hizo parte de la estrategia de captación de la acción de los sujetos a pesar de que integración de este tipo de estrategias han sido vagamente desarrolladas en el contexto educativo latinoamericano según Sabulsky (2019), en el sistema de educación pública en Colombia no es diferente.

Presentar esta estrategia desde el extremo acción-construcción de la dualidad en entornos mediados por el modelamiento y la simulación en la escuela colombiana utilizando Open Software y Open Hardware, representó una única y novedosa perspectiva de la caracterización del aprendizaje en entornos constructoristas vía Homología a través del SCAECH, por tal motivo el tipo de investigación que se propuso fue de carácter exploratorio bajo el diseño de investigación preexperimental.

3.3. MUESTREO.

La población son Estudiantes de la educación media del sistema de la educación pública de Colombia, específicamente en Bogotá en la localidad octava, con o sin conocimientos en programación con Open Software; originalmente participan para el desarrollo del sistema de caracterización del aprendizaje los estudiantes de undécimo -educación media- del Colegio Manuel Cepeda Vargas, institución educativa que hace parte del sistema de la educación pública de Colombia y que actúa como fuente de muestras iniciales, sin embargo durante el desarrollo de la propuesta pueden utilizarse diferentes muestras -otras instituciones del sistema escolar-.

3.3.1. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

Como se mencionó el desarrollo de la propuesta la población en la cual se llevará a cabo la investigación corresponde a los estudiantes ubicados en Bogotá que cursan la educación media y que pertenecen al sistema de educación pública, los individuos que componen las diferentes muestras pueden tener fundamentos en programación y robótica, las muestras no incluyen individuos con necesidades educativas especiales, sin embargo esta investigación presenta una oportunidad futura en el estudio de las estructuras de conocimiento presentes en los individuos con condiciones particulares por ello se plantea en el aparte de sugerencias de esta investigación.

3.4. DEFINICIONES CONCEPTUALES.

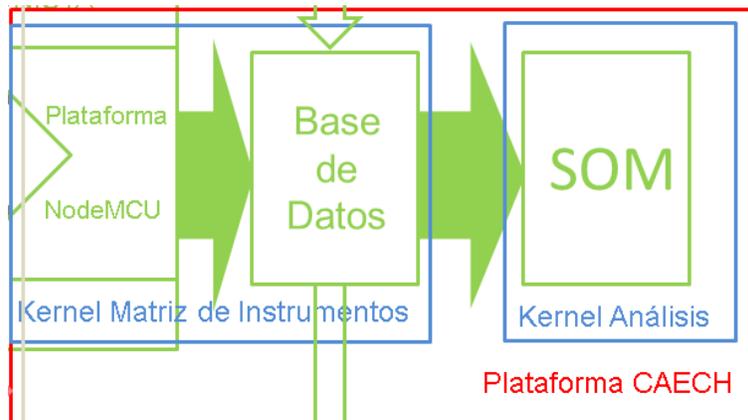
3.4.1. CAPTACIÓN DE DATOS.

La captación de datos resulta fundamental en esta investigación, principalmente busca obtener datos en tiempo real que se convertirán en información útil para establecer a través de un análisis automático la caracterización de las actividades de los estudiantes en un entorno constructor, natural y cotidiano de los participantes, por tal razón la mayor parte de la investigación se centra en obtener datos de la mejor calidad posible a través del desarrollo de una plataforma en base a un sistema interface Open software-Open Hardware en interacción con una base de datos, un servidor y un sistema de análisis de inteligencia artificial, el conjunto de estos elementos se denomina plataforma CAECH.

3.4.2 LA PLATAFORMA CAECH.

La plataforma CAECH (anexo 9) está compuesta por dos bloques -Figura 2-, un bloque de adquisición de datos llamado *Kernel matriz de instrumentos* y un segundo bloque llamado *Kernel Análisis*, los dos bloques y su interacción conforman la plataforma CAECH base del SCAECH.

Figura 2: Plataforma CAECH



Fuente: elaboración propia

3.4.2.1. KERNEL MATRIZ DE INSTRUMENTOS.

El *Kernel matriz de instrumentos* es un sistema de programación y adquisición de datos software-Hardware en base a los conjuntos CAECH (anexo 4) con plataforma NodeMCU (anexo 1) que es una plataforma IoT -Internet of Things que se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos con internet- de código abierto. El Kernel de la matriz de instrumentos permite mediante los conjuntos CAECH obtener y enviar datos de forma permanente de la interacción software-Hardware de los individuos mediante PHP a un servidor WAMP -Windows Apache MySQL PHP- con la NodeMCU y enviarla a una base de datos MySQL (anexo 2) previamente establecida.

Con el *Kernel matriz de instrumentos* se logra contar con una matriz donde se recolectan los datos de interacción de los sujetos en el entorno de manera vectorial y un arreglo matricial que posteriormente utilizará el *Kernel análisis* para el tratamiento y análisis de la información en función del desarrollo y adecuación de la plataforma CAECH.

3.4.2.2. KERNEL ANÁLISIS.

El subsistema de análisis de información de la plataforma CAECH es el bloque *Kernel análisis* que consiste en una herramienta en base a redes neuronales SOM desarrollada en MATLAB (anexo 3) que hace parte de la inteligencia artificial en base a Mapas Autoorganizados -SOM- en concordancia con Buendía (2015), el bloque obtiene la información de la dinámica del estudiante en el entorno constructorista n-dimensional de la base de datos del bloque *Kernel matriz de instrumentos*, las capta mediante matrices hiper-dimensionales, la guarda en tensores -Raschka y Mirjalili (2017)- y presenta un análisis 2-dimensional

conservando la topología de los datos captados de la dinámica del entorno constructorista.

Según Buendía (2015):

“El SOM es un gráfico para el análisis visual de datos que refleja las semejanzas existentes entre los datos de entrada. Convierte las relaciones estadísticas existentes entre datos de alta dimensionalidad en relaciones geométricas proyectadas sobre puntos de una pantalla de baja dimensionalidad, habitualmente, una rejilla de nodos de dos dimensiones, facilitando la exploración visual de estas relaciones. Además del aspecto de visualización, también se produce una cierta abstracción, dado que se produce una compresión de información, preservando las relaciones de vecindad de los datos”.

El SOM se perfila como una herramienta excelente para el análisis de datos a través de su capacidad de ordenación general de la información, según Hofmann et al. (2012):

“Facilita encontrar elementos discordantes...permite una valoración efectiva de la heterogeneidad de la información, así como de la numeración y discriminación de las posibles categorías...el SOM se presenta como un modelo gráfico estándar capaz de mostrar gráficamente datos procedentes de distintas vertientes por medio de vectorización unificada (Bourennani et al., 2009b). De hecho, se pueden encontrar trabajos sobre integración de datos numéricos con datos textuales (Bourennani et al. (2009a)), e integración de datos desde distintas bases de datos empleando como base el SOM (Li y Clifton, 2000)”.

El *Kernel análisis* en base a los SOM se constituye en un sistema de análisis de datos de procedencia vectorial con matrices hiper-dimensionales que preserve las propiedades topológicas del espacio de entrada *Kernel Matriz de Instrumentos*, lo que representa una cualidad a través de relaciones de equivalencia entre información de la dinámica de interacción en un entorno y sus representaciones n dimensionales.

3.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

El instrumento de recolección de datos de interacción en el entorno constructorista son los conjuntos CAECH un desarrollo propio con la tecnología IoT (anexo4), contruidos en base a la placa de desarrollo NodeMCU que a su vez se basa en el micro ESP8266 (anexo 1); estos conjuntos están compuestos por dispositivos electrónicos de entrada, salida y una tarjeta CAECH que a través de un equipo de cómputo con software libre (Arduino) permiten al usuario construir modelos y simulaciones en áreas STEM (ciencia tecnología, ingeniería y matemáticas) y de forma paralela recopilan información del usuario y la envía vía WIFI mediante PHP(anexo 5) a una base de datos MySQL (anexo 2) mediante una librería creada en Arduino por el autor de la investigación (anexo 6).

3.6. TÉCNICAS Y MÉTODOS.

Es de gran importancia la calidad de los datos que se obtenga del entorno constructorista en el cual se hace el estudio, por ello se requiere un sistema óptimo de captación de datos de calidad que permita captar una gran cantidad de estos en tiempo real para un posterior análisis.

Con este objetivo se diseñó un sistema automatizado basado en tecnología IoT, llamado *Kernel Matriz de instrumentos* de la plataforma CAECH, compuesto por los conjuntos CAECH, un servidor WAMP -Windows Apache MySQL PHP- y una base de datos MySQL para garantizar una captación de calidad y con cantidad suficiente para albergar vectores de 12 dimensiones en tiempo real en intervalos muy cortos de tiempo.

Para la auditoría del *Kernel Matriz de instrumentos* de la plataforma CAECH se establece un protocolo de verificación de datos mediante una matriz en Excel proveniente de la base de datos MySQL mediante MATLAB en tiempo real que permite verificar los datos por parte de un observador externo y permite validar la recopilación de la información necesaria para caracterizar la dinámica del aprendizaje de los sujetos en el entorno constructorista en cualquier momento.

3.7. PROCESAMIENTO DE DATOS.

La propuesta también utiliza tres instrumentos –I, II y III- de procesamiento de la información que puede ser verificada por parte de un observador especializado en cualquier momento. Finalmente, el instrumento IV determinará un coeficiente de convergencia del SCAECH, utilizado en machine Learning y que puede ser contrastado con los resultados obtenidos de los instrumentos I II y III de procesamiento en el SCAECH.

3.7.1. INSTRUMENTO I

Análisis parcial de correlación múltiple por filas y por columnas en tiempo real de **la Matriz de cortadura n** del localhost en Excel (figura 3) a partir de la matriz de la base de datos de MySQL mediante MATLAB en un momento n (puede hacerse la verificación aleatoria por filas o columnas de la matriz de cortadura n por el observador en base a su observación).

El análisis de correlación múltiple por filas debe encontrar las coincidencias totales entre los diferentes ChipID en base a las m variables del vector de interacción del sujeto, se tomarán en cuenta únicamente coeficientes de correlación 1, para determinar nivel de coincidencia perfecto entre dinámicas de los ChipID.

El análisis de correlación múltiple por columnas debe encontrar coincidencias totales entre las diferentes variables de interacción del sujeto, se tomarán en cuenta

únicamente coeficientes de correlación 1, para determinar nivel de coincidencia perfecto entre variables. Las variables con coeficientes de correlación 1 indican vectores de variables que no se utilizan en ningún experimento o también configuraciones análogas en variables en la construcción de modelos por parte de los sujetos inmersos en entornos constructoristas.

3.7.2. INSTRUMENTO II

Cada fila ChipID (vector 12 dimensional) que proviene de la base de datos MYSQL se expone a un análisis previo de detección de coherencia de entradas software/hardware en MATLAB, el resultado de ese análisis se suma a la fila de cada ChipID como la variable M, igualmente durante todo el proceso de análisis de la plataforma CAECH se conserva el resultado M a través de su correspondiente etiqueta para cada vector ChipID en la ubicación dentro de la red neuronal. El conjunto de etiquetas se comparará con el vector columna M que arroje la matriz de cortaduras n (instrumento III).

Al conjunto de etiquetas M se le llamará M_f , por otro lado, a la columna M de la matriz de cortaduras n se le llamará conjunto V_m . La coherencia de entradas software/hardware de modelos se verifica si:

$$M_f \subset V_m$$

La contención se determina fácilmente verificando que los elementos de M_f que se encuentran en una neurona, coincidan con una posición del conjunto V_m no nula.

Definición 3.7.2: una posición de un subconjunto de elementos V_m se considera nula cuando su valor es cero (coloración negra).

3.7.3. INSTRUMENTO III

Se implementa a partir de la **Matriz de cortadura n** y de la detección de dispositivos hardware y recursos software de modelos en base al *Kernel Análisis* (puede verificarse por observación directa por parte del observador en la matriz de Excel figura 3), una clasificación que consiste en la consignación de información de la captación de los recursos de hardware en los modelos de cada uno de los ChipID junto con los recursos software. La matriz permitirá establecer coincidencias de implementación de recursos de hardware y software entre los diferentes sujetos a través de los modelos en los ChipID.

3.7.4. INSTRUMENTO IV MEDICIÓN/CONVERGENCIA.

El instrumento IV es la aplicación de un coeficiente de convergencia que permite establecer un comparativo manual entre los resultados de los instrumentos I y II de medición y con los resultados obtenidos por el instrumento III permitiendo establecer

un parámetro de *precisión* opcional por variable del SCAECH en base a la medición de calidad de modelos en Machine Learning mostrado por Bobadilla (2021):

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$F1 = 2 \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

verdadero positivo (TP) falso positivo (FP) falso negativo (FN)

El instrumento IV no requiere de validación sino una verificación de confiabilidad pues los datos proceden de instrumentos previamente validados. Dentro SCAECH el instrumento IV es un instrumento de verificación de convergencia de información que sirve de contraste para la plataforma CAECH a través del SOM.

Criterios para la medida:

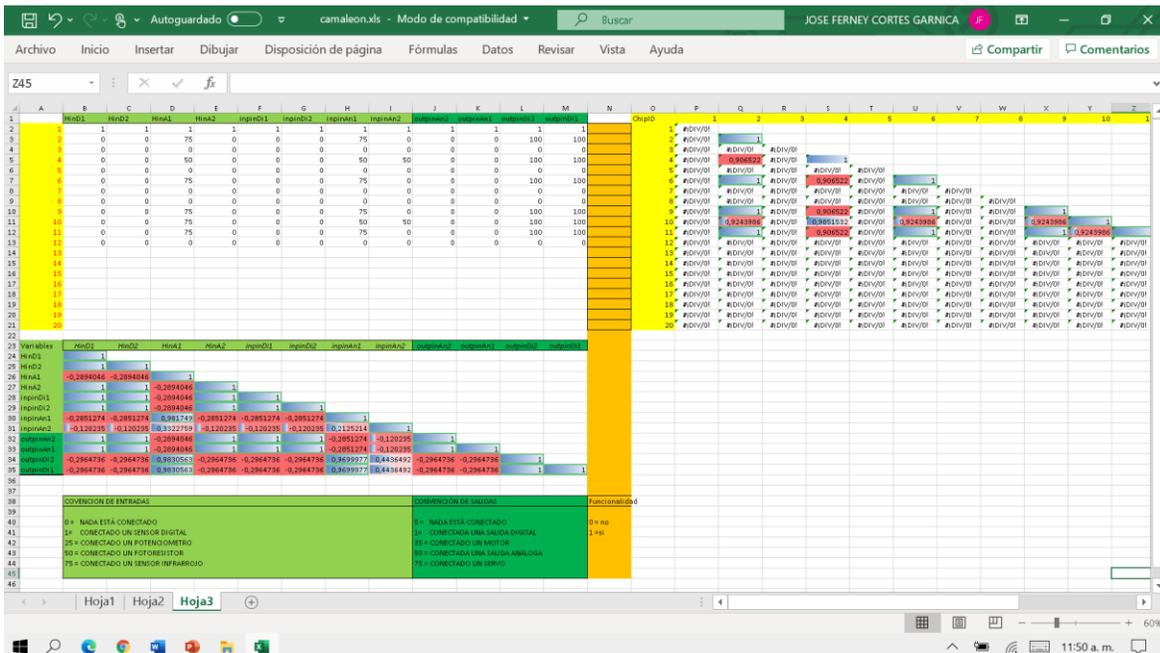
Coeficientes de correlación por filas

Coeficientes de correlación por columnas

Condición: $M_f \subseteq V_m$

Índice de coincidencias en variables de la matriz de Excel

Figura 3. Análisis de correlación múltiple por filas y columnas en tiempo real

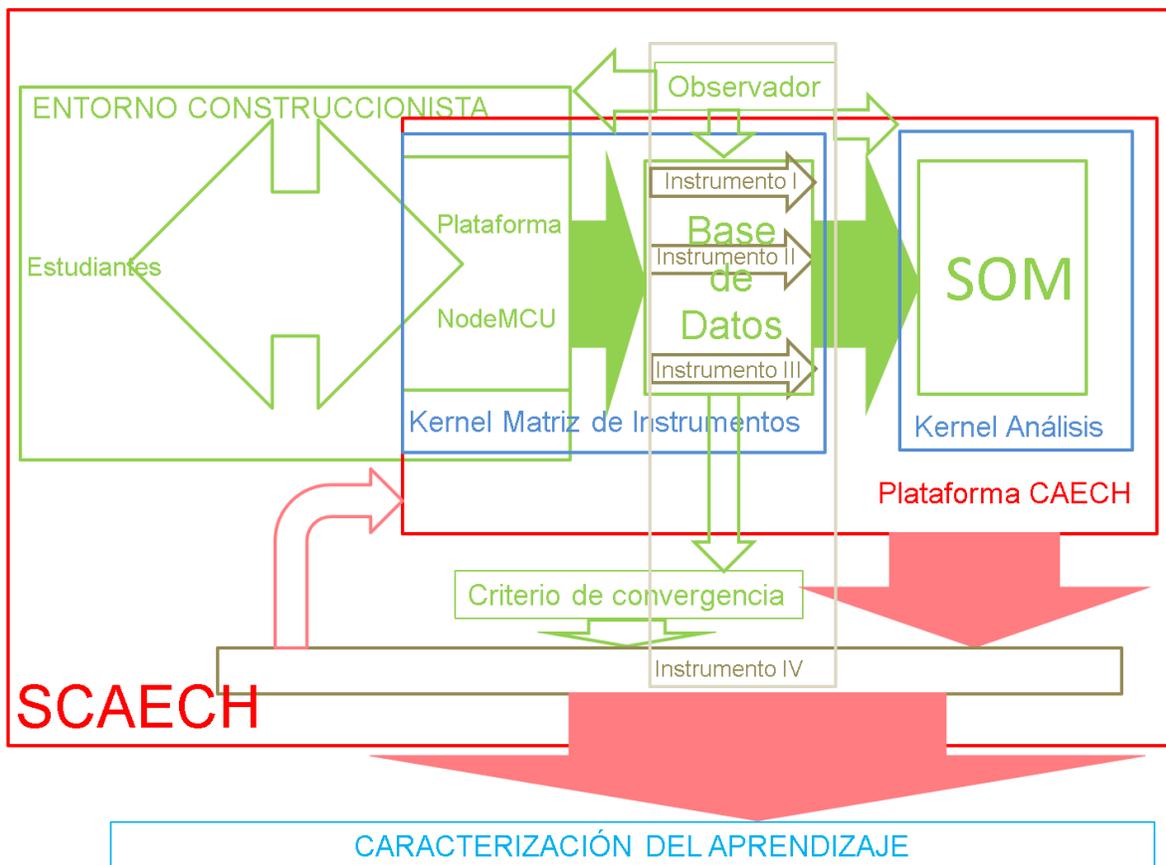


Fuente: elaboración propia

La propuesta de investigación utiliza el instrumento I de forma paralela con el instrumento II y el instrumento III de medición de datos a través del *Kernel Matriz de Instrumentos* para hacer un comparativo de medidas de datos que sirve como insumo para el desarrollo y adecuación de la plataforma SCAECH y que junto al Instrumento IV representa el parámetro de precisión y adecuación del SCAECH.

La técnica de comparación de medidas de los Instrumentos I, II y III es paralela a la optimización del bloque *Kernel análisis* de la plataforma CAECH y se compara continuamente con esta última a través del Instrumento IV para encontrar los niveles de precisión necesarios para garantizar un modelo de caracterización adecuado del aprendizaje de los estudiantes en SCAECH -ver gráfico3-.

Figura 4. SCAECH



Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS SCAECH.

En este capítulo se presentan los resultados de la caracterización homológica del aprendizaje en diferentes entornos constructoristas, en principio se explica cómo operar e interpretar los mapas de caracterización del aprendizaje, seguidamente se muestran parte de las caracterizaciones obtenidas por el SCAECH después de su implementación en entornos constructoristas en educación media; los resultados de la caracterización se expondrán para dos tipos de interacción: una interacción de construcción de prototipos con los recursos que ofrece el SCAECH de forma guiada (anexo 7) y una segunda interacción que corresponde al modelamiento autónomo por parte de los sujetos a partir de una guía de modelamiento (anexo 8) propuesta por el autor de la investigación a los sujetos y que se desarrolló a partir de los recursos que ofrece el SCAECH; finalmente, se hará la generalización a partir de la explicación de la interpretación homológica de los mapas de caracterización del aprendizaje que se obtienen del SCAECH para establecer un marco de discusión de resultados que permite mostrar la importancia del SCAECH en el trabajo en entornos constructoristas mediado por el modelado y la simulación.

4.1 INTERPRETACIONES DE LOS MAPAS DE CARACTERIZACIÓN DEL APRENDIZAJE

Los mapas de caracterización del aprendizaje en entornos constructoristas se obtienen gracias a la recopilación de datos por parte del *Kernel matriz de instrumentos* de la plataforma CAECH, el tratamiento de las analíticas del aprendizaje se lleva al *Kernel Análisis* de la plataforma CAECH por parte de investigador o el docente de aula al teclear la tecla espacio del equipo de cómputo donde ese encuentra alojado el servidor WAMP y el *Kernel Análisis* de la plataforma CAECH.

4.1.1 “Figure 1”

Cuando se inicia el *Kernel Análisis* lo primero que aparece en pantalla del servidor es una ventana (grafico 1) llamada “Figure 1” en Matlab con 5 gráficos, el primero de ellos de izquierda a derecha y de arriba abajo consiste en un gráfico en donde se presenta el vector 13-dimensional, el eje “x” del gráfico representa la coordenada n del vector y el eje “y” representa la magnitud de la coordenada n que se le presenta al SOM.

El segundo gráfico presenta la neurona y su correspondiente radio de vecindad topológico que está utilizando el SOM para clasificar la información, el eje “x” presenta las 12 dimensiones del vector de entrada y el eje “y” la neurona activada, en este caso el color blanco representa el radio topológico -vecindad- utilizado por la neurona para analizar los vectores de entrada.

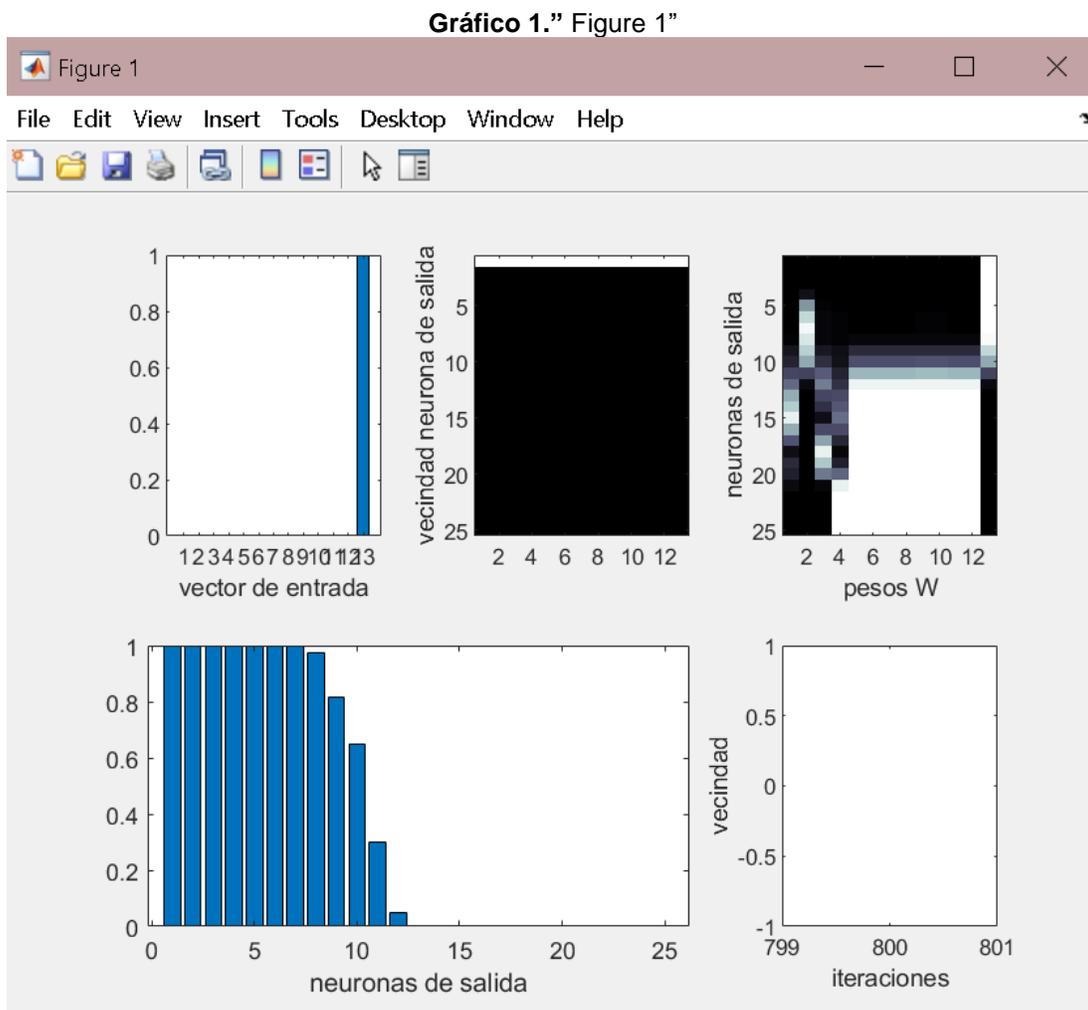
Un tercer gráfico nos muestra la variación de los valores de aprendizaje en tiempo real en función de las iteraciones de la red neuronal, el eje “x” presenta cada uno de

los valores del aprendizaje de las 13 dendritas de la neurona, el eje “y” presenta cada una de las neuronas del SOM.

El cuarto grafico presenta en tiempo real los valores de salida de los axones de las neuronas de salida, el eje “x” presenta las 25 neuronas de salida y el eje “y” el valor de salida del axón.

El quinto grafico de la ventana muestra el número de iteraciones de la red en función del radio de vecindad, el eje “x” presenta las iteraciones y el eje “y” el radio de vecindad.

La “figure 1” aparece siempre que se activa la tecla espacio en cada una de las 3 cortaduras de análisis de la dinámica de aprendizaje.



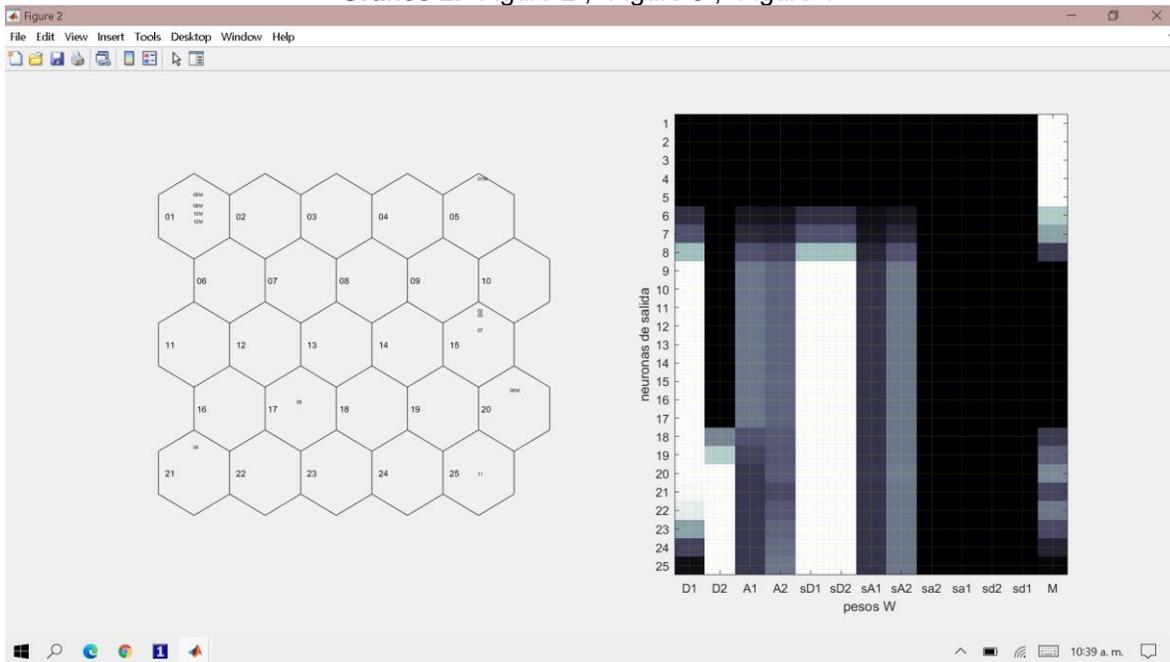
Fuente: elaboración propia del SCAECH

4.1.2 n-CORTADURAS: “Figure 2”, “Figure 3”, “Figure 4”

Cada vez que finaliza el cálculo el *kernel Análisis* la ventana “Figure 1” finaliza también su actividad y aparece una segunda ventana (gráfico 2) que corresponde a

las cortaduras del SCAECH que muestran el mapeo de la interacción de los sujetos en el entorno constructorista en el momento n (n=2,3,4).

Gráfico 2. “Figure 2”, “Figure 3”, “Figure 4”



Fuente: elaboración propia del SCAECH

Cada cortadura está representada por la ventana llamada “Figure n” (n=2,3,4) donde se muestran dos gráficos, de derecha a izquierda el primer gráfico presenta en tres dimensiones el resultado de la clasificación del SCAECH en función de las 13 variables (tabla 1) utilizadas. Las neuronas de clasificación de la red y los valores recursos de hardware y software utilizados. El eje “x” presenta cada una de las coordenadas de las variables de software y hardware y Modelo tenidas en cuenta por el SCAECH para hacer el análisis automático, el eje “y” presenta cada una de las neuronas de salida, finalmente el color partiendo del negro y migrando al blanco por una gama de grises (tabla 1) representa el valor asignado por el SCAECH (figura 5) a la coherencia del modelo, al recurso software y al recurso hardware utilizados por el sujeto inmerso en el entorno constructorista -ver gráfico 17 página 109-.

El segundo gráfico muestra la red neuronal con las 25 neuronas donde a partir de los resultados del análisis del gráfico anterior se clasifican los sujetos en las neuronas del SCAECH, algunos al lado de una letra M que identifica la coherencia software/hardware de entradas de los sujetos -ver Gráfico 14.1 página 107-.

Tabla1. Variables SCAECH

Clase	Variabes	Entrada	Salida	Valor nominal asignado por el SCAECH																						
Hardware	D1	Puerto D1		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de señal</th> <th>Tipo de sensor</th> <th>Color asignado SCAECH</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>digital</td> <td>Tacto</td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Análoga</td> <td>Distancia</td> <td></td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>Luz</td> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Posición</td> <td></td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>No utilizado</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de señal	Tipo de sensor	Color asignado SCAECH	Valor asignado	digital	Tacto		100	Análoga	Distancia		75	Luz		50	Posición		25	No utilizado			0
	Tipo de señal	Tipo de sensor			Color asignado SCAECH	Valor asignado																				
digital	Tacto		100																							
Análoga	Distancia		75																							
	Luz		50																							
	Posición		25																							
No utilizado			0																							
	D2	Puerto D2																								

	A1	Puerto A1																							
	A2	Puerto A2																							
Software	sD1	pin.digitalin(1)		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de señal</th> <th>Tipo de sensor</th> <th>Color asignado SCAECH</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>digital</td> <td>Tacto</td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Análoga</td> <td>Distancia</td> <td></td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>Luz</td> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Posición</td> <td></td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>No utilizado</td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de señal	Tipo de sensor	Color asignado SCAECH	Valor asignado	digital	Tacto		100	Análoga	Distancia		75	Luz		50	Posición		25	No utilizado		0
	Tipo de señal	Tipo de sensor	Color asignado SCAECH		Valor asignado																				
	digital	Tacto			100																				
	Análoga	Distancia			75																				
		Luz			50																				
		Posición		25																					
	No utilizado		0																						
	sD2	pin.digitalin(2)																							
	sA1	pin.analogin(1,25)																							
		pin.analogin(1,50) pin.analogin(1,75)																							
sA2	pin.analogin(1,25)																								
	pin.analogin(1,50) pin.analogin(1,75)																								
sa2		pin.analogout(2,500)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de señal</th> <th>Color asignado SCAECH</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>digital</td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Análoga</td> <td></td> <td>75</td> </tr> <tr> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td></td> <td>25</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de señal	Color asignado SCAECH	Valor asignado	digital		100	Análoga		75		50		25		0							
		Tipo de señal		Color asignado SCAECH	Valor asignado																				
		digital			100																				
		Análoga			75																				
					50																				
	25																								
	0																								
pin.servo(2,0,1000)																									
pin.analogout(2,500)																									
pin.servo(2,0,1000)																									
sa1		pin.digitalout(1,HIGH)																							
		pin.digitalout(1,LOW)																							
sd2		pin.digitalout(2,HIGH)																							
		pin.digitalout(2,LOW)																							
sd1																									
Coherencia	M			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color asignado SCAECH</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td></td> <td>75</td> </tr> <tr> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td></td> <td>25</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Color asignado SCAECH	Valor asignado		100		75		50		25		0									
		Color asignado SCAECH	Valor asignado																						
	100																								
	75																								
	50																								
	25																								
	0																								

Fuente: elaboración propia

Figura 5. asignación de escala del SCAECH

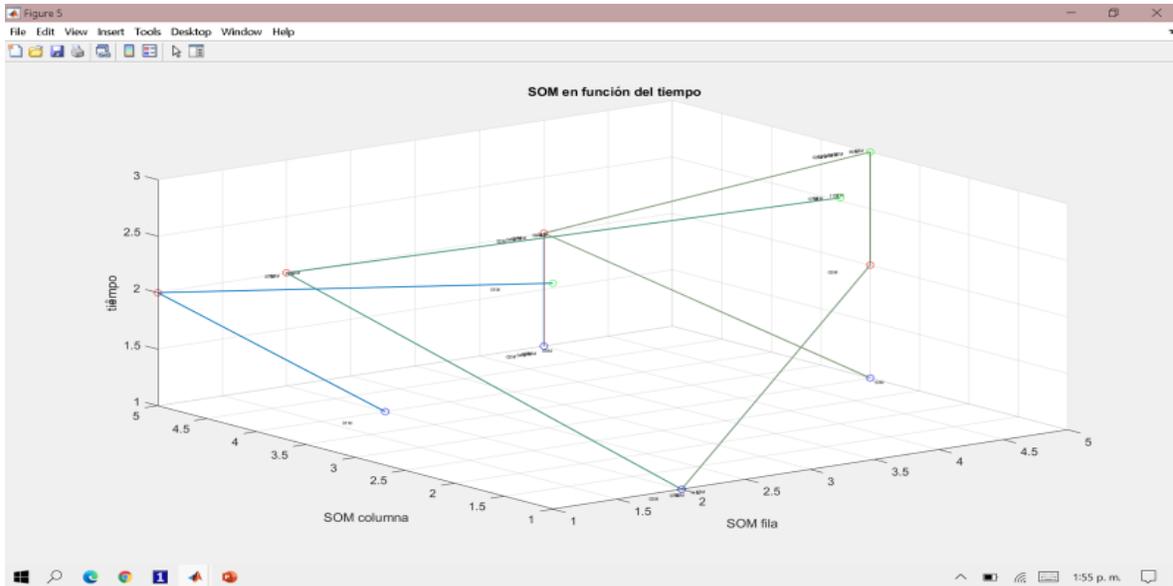
Tipo de señal	Tipo de sensor	Color asignado SCAECH	Valor asignado
digital	Tacto		100
Análoga	Distancia		75
	Luz		50
	Posición		25
	No utilizado		0

Fuente: elaboración propia

4.1.3 TRAYECTORIAS DE CORTADURAS NODALES 4D

Cuando el SCAECH elabora las tres ventanas de las cortaduras (“Figure 2”, “Figure 3”, “Figure 4”) el administrador del sistema SCAECH puede proceder a oprimir nuevamente la tecla espacio y automáticamente el sistema elaborará una ventana llamada “Figure 5” que consta de un mapa de las trayectorias de cortaduras nodales en 4D de las tres cortaduras del sistema a partir de la ubicaciones de los sujetos en la red neuronal en función del tiempo, es decir se tendrán cuenta las tres dimensiones de los mapas de cortadura junto con la variable tiempo para tres momentos de la dinámica constructora (grafico 3).

Gráfico 3. “Figure 5” mapa de las trayectorias de cortaduras nodales en 4D



Fuente: elaboración propia SCAECH

Los ejes “x” y “y” describen la fila y la columna de la red neuronal donde se encuentra la neurona que identifica el trabajo realizado por el sujeto inmerso en el entorno constructora y el eje tiempo describe los tres momentos del trabajo del sujeto captados por las tres cortaduras lo que conlleva a una representación en 4 dimensiones de la dinámica de las estructuras del aprendizaje de los estudiantes en el entorno constructora.

4.2 CARACTERIZACIONES DEL APRENDIZAJE EN CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS GUIADOS

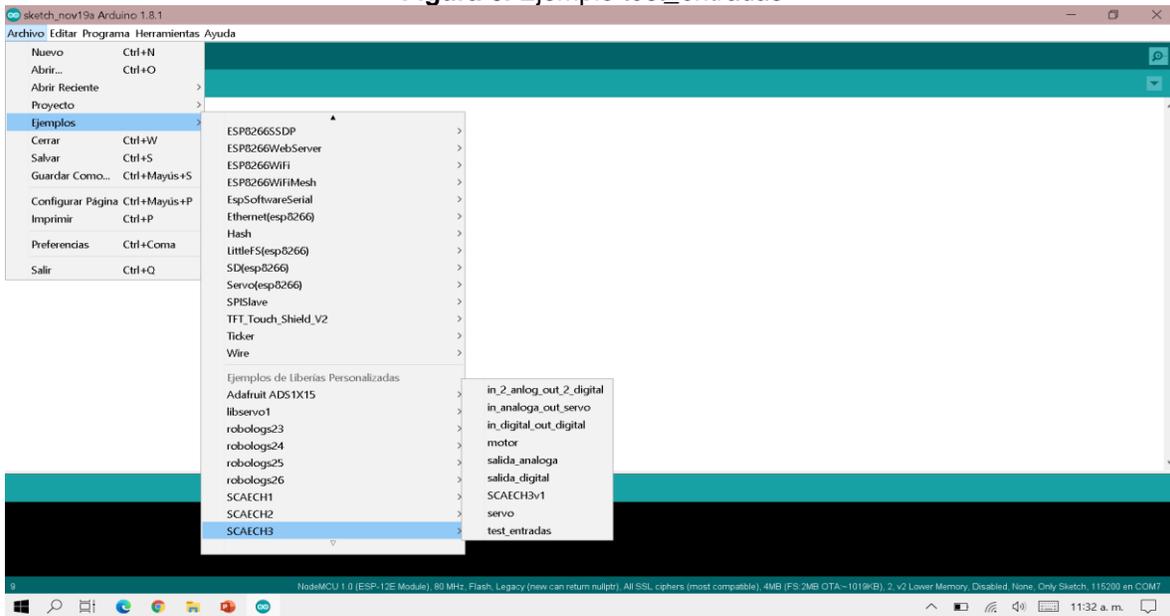
Las prácticas de prototipos guiados constan de 8 construcciones que se encuentran en la librería SCAECH 3 de Arduino (figura 6) y en detalle en el manual SCAECH guía estudiantes (anexo 7) presentado a los sujetos.

4.2.1 TEST *test_entradas*

Para obtener la primera caracterización se utilizó el ejemplo *test_entradas* de la librería SCAECH 3 del IDE de Arduino diseñada por el autor de la investigación (ver figura 6), todos los sujetos utilizaron el mismo código de la librería, sin embargo, el

hardware conectado fue diverso debido a que en la actividad se estaba interpretando los resultados de lectura para diferentes sensores (entradas).

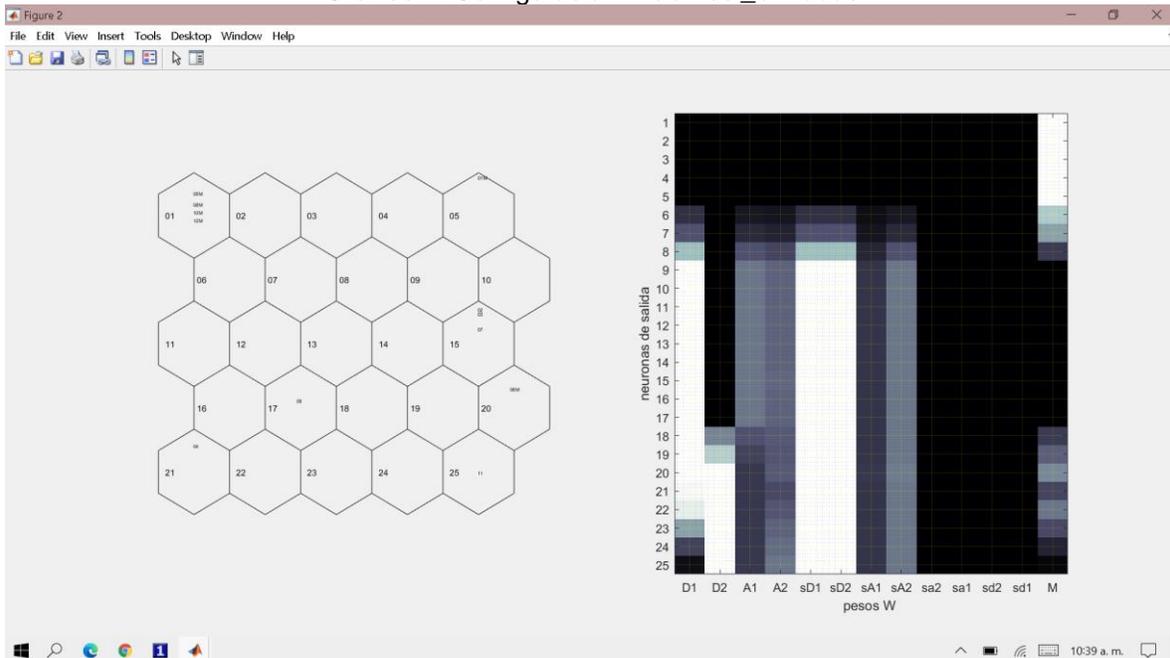
Figura 6. Ejemplo *test_entradas*



Fuente: elaboración propia en Arduino

El mapa de caracterización muestra efectivamente el mismo software utilizado con diverso hardware evidenciado en la distribución de las construcciones de los sujetos inmersos en el entorno constructorista (grafico 4).

Gráfico 4. Configuración inicial *test_entradas*



Fuente: elaboración propia SCAECH

Para probar la sensibilidad del SCAECH se pidió a los sujetos que conservaran esa configuración sin hacer ninguna variación en el tiempo de la actividad, los resultados de los tres mapas y del SOM en función de los 3 tiempos evidenciaron los resultados (conjunto de gráficos 5).

Gráfico 5.1. "Figure 2" práctica *test_entradas*

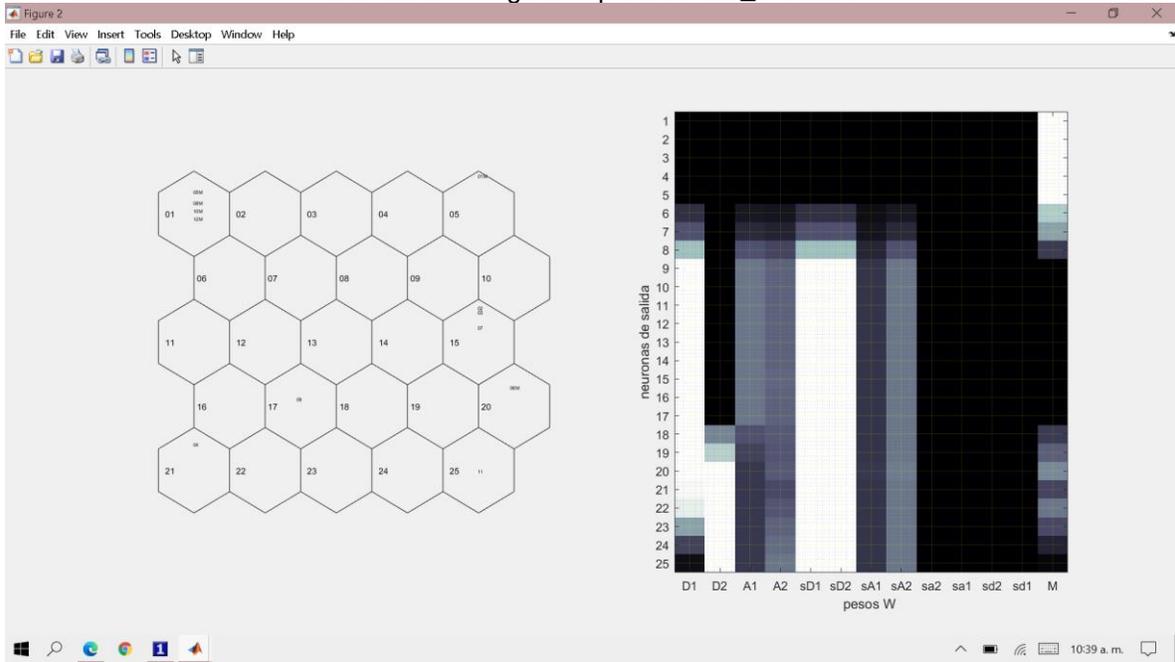
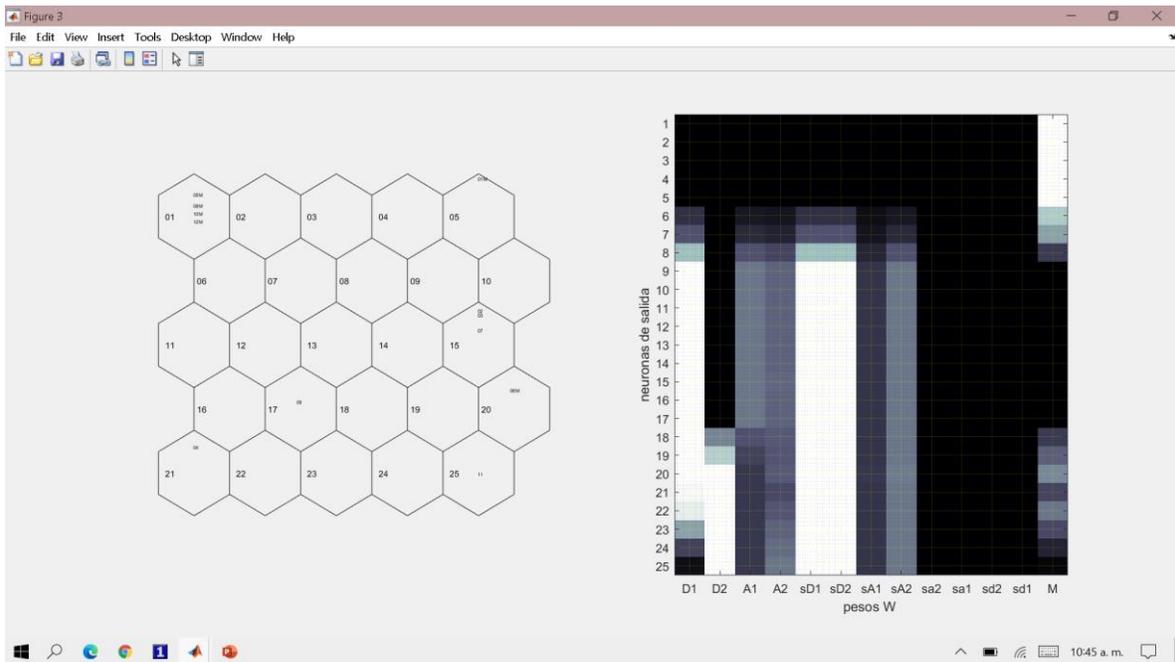


Gráfico 5.2. "Figure 3" práctica *test_entradas*



Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 5.3. “Figure 4” práctica *test_entradas*

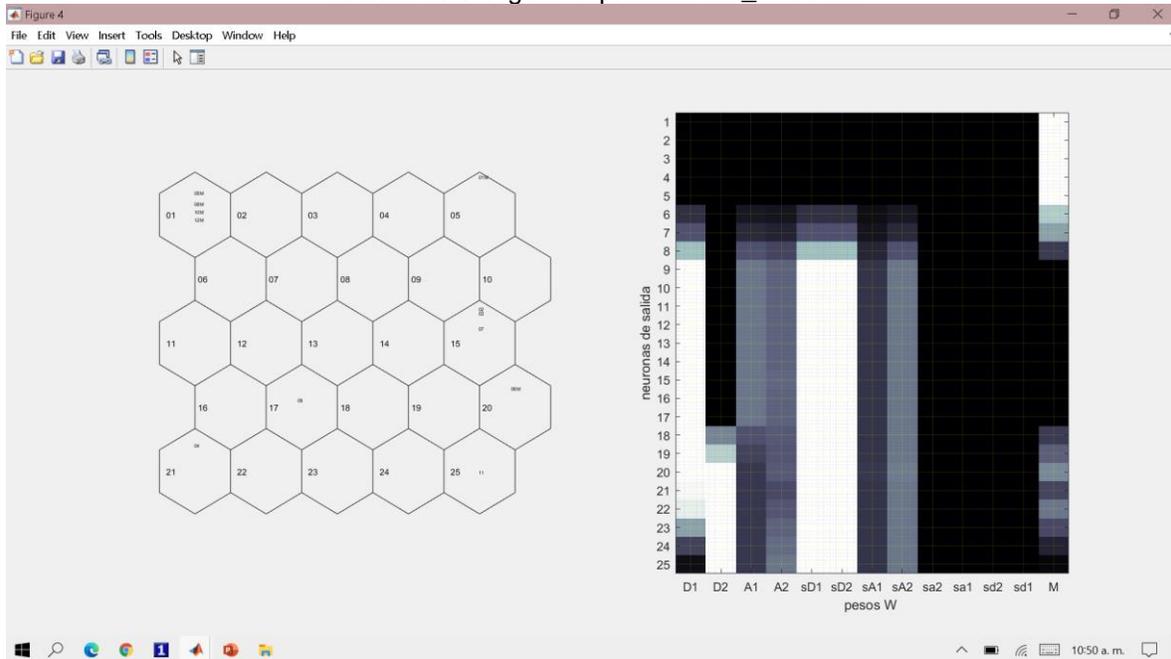
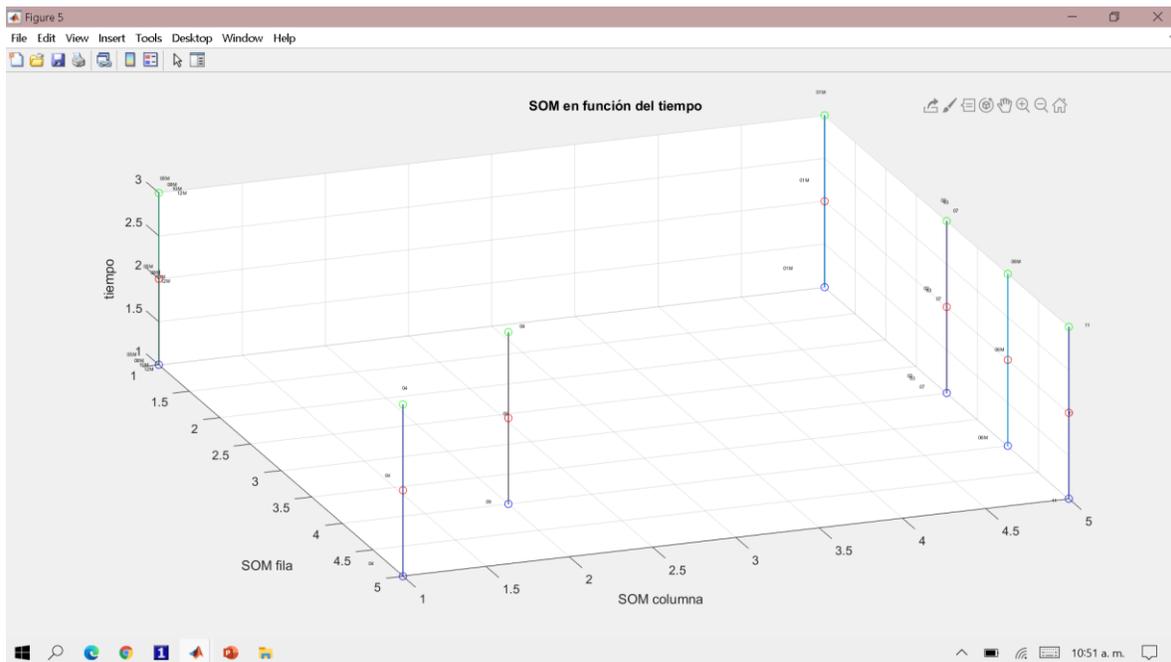


Gráfico 5.4. “Figure 5” práctica *test_entradas*

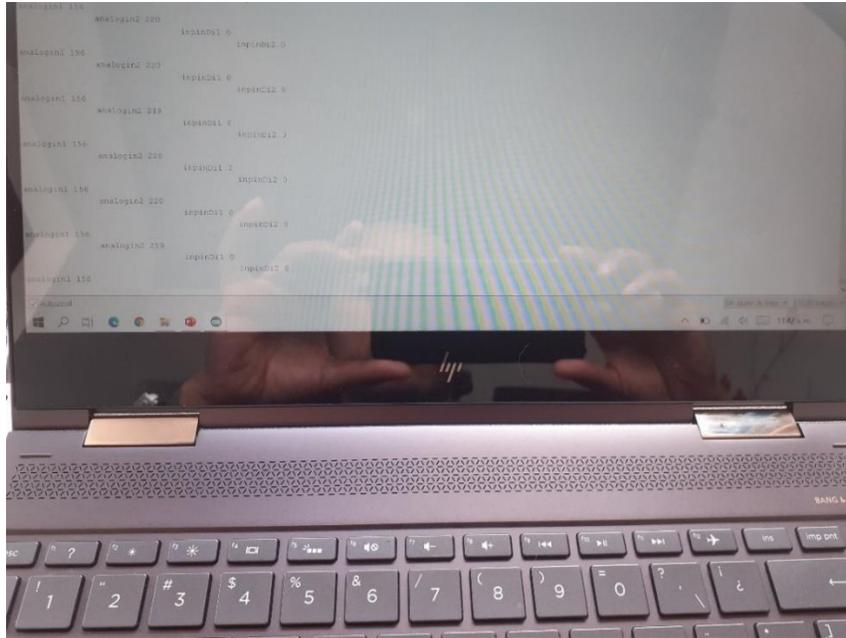


Fuente: elaboración propia SCAECH

Los resultados de “Figure 5” del mapa de las trayectorias de cortaduras nodales en 4D para esta práctica arrojaron trayectorias sin variaciones esto debido a que inicialmente se les pidió a los sujetos que no hicieran ningún tipo de variación ni al software ni al hardware de los conjuntos SCAECH (anexo 4), por lo cual las variaciones en el tiempo son nulas (Grafico 5.4). La práctica se centró en la lectura

y monitoreo de los diferentes sensores de los conjuntos SCAECH a través del monitor serie de la IDE de Arduino (figura 7)

Figura 7. Monitor serie IDE Arduino

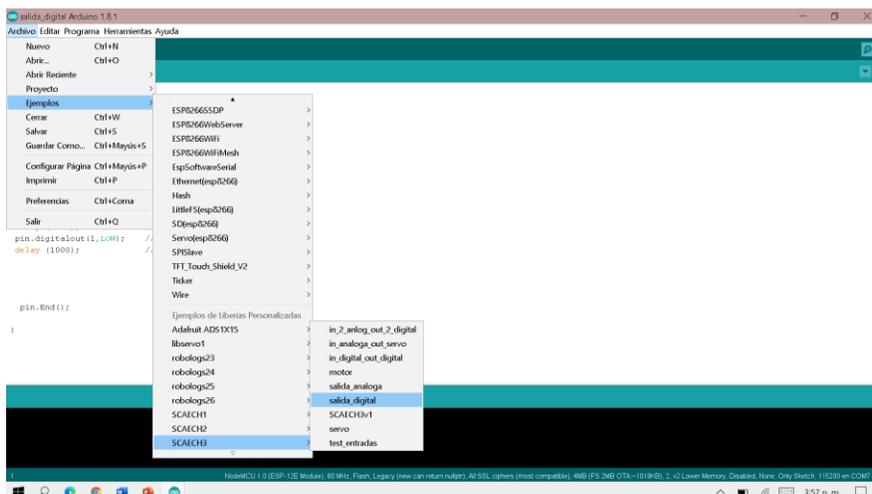


Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

4.2.2 TEST salida_digital

Para obtener la caracterización se utilizó el ejemplo *salida_digital* de la librería SCAECH 3 del IDE de Arduino diseñada por el autor de la investigación (figura 8), todos los sujetos utilizaron el mismo código de la librería:

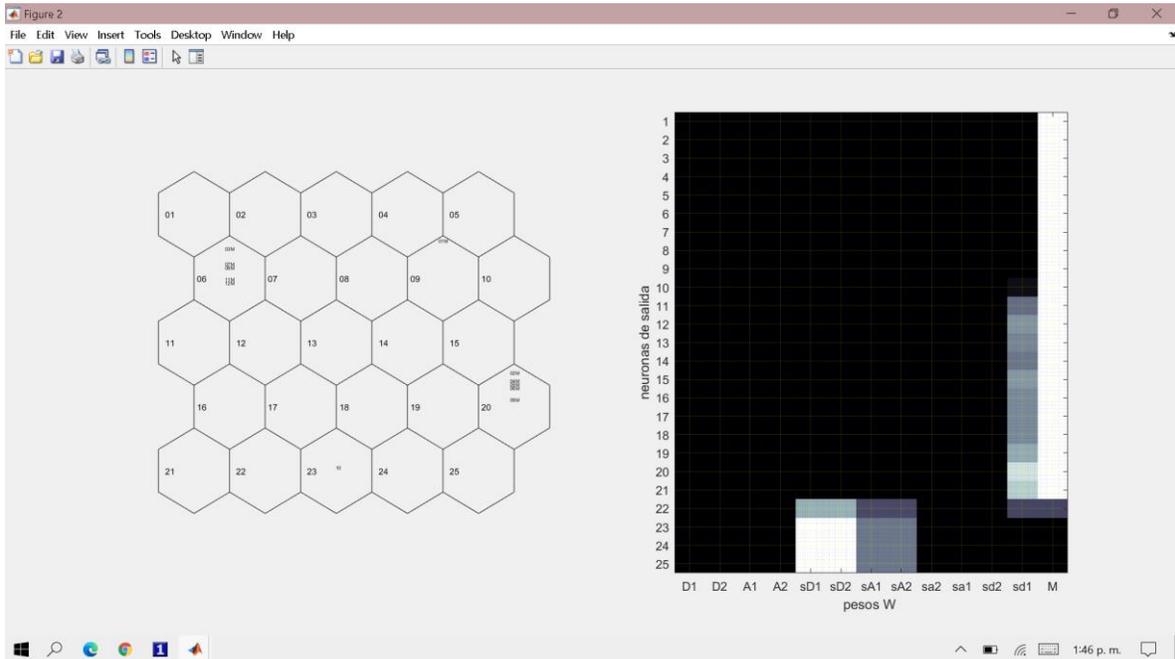
Figura 8. Ejemplo salida_digital



Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

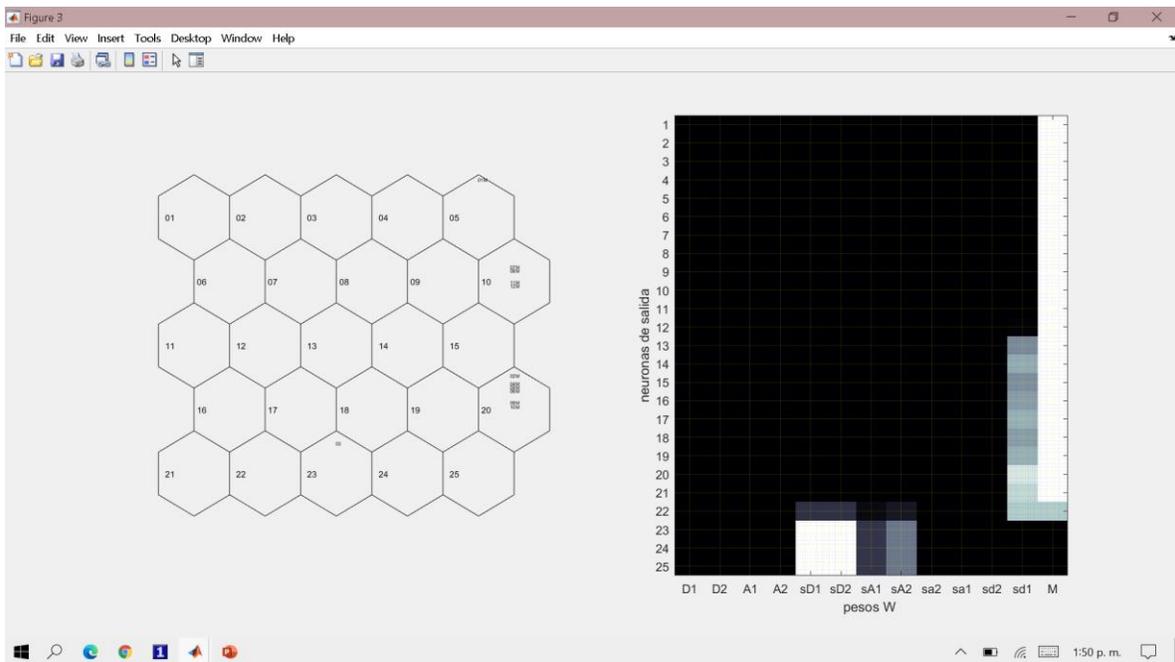
Los resultados que arroja el SCAECH para esta práctica son los siguientes:

Gráfico 6.1. “Figure 2” práctica salida_digital



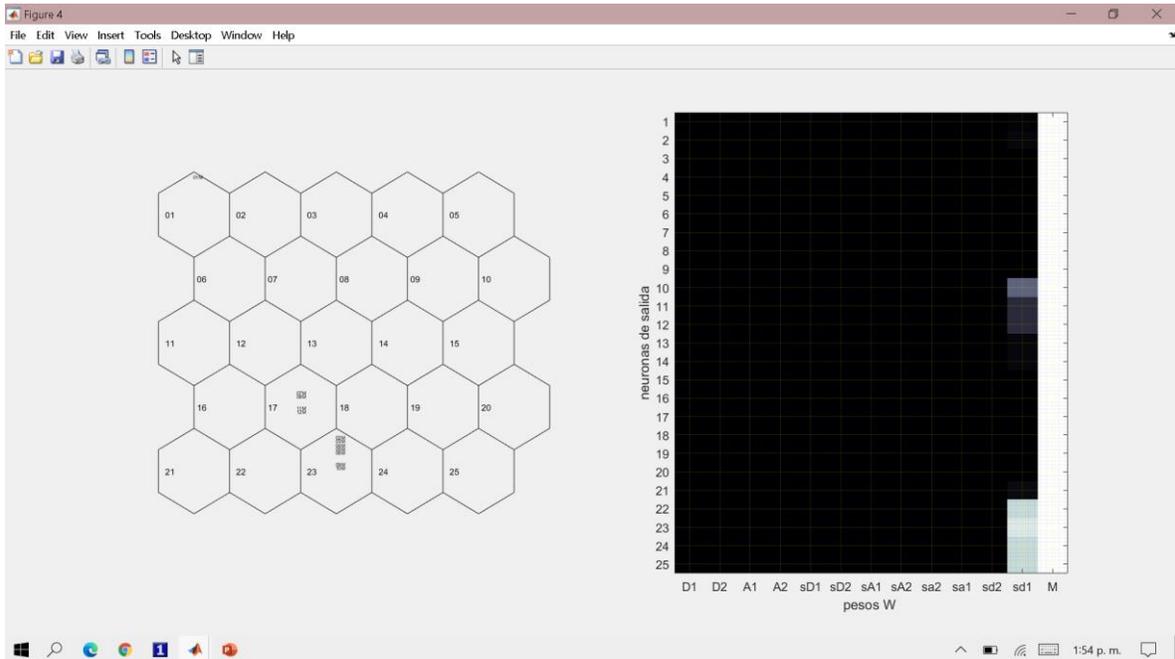
Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 6.2. “Figure 3” práctica salida_digital



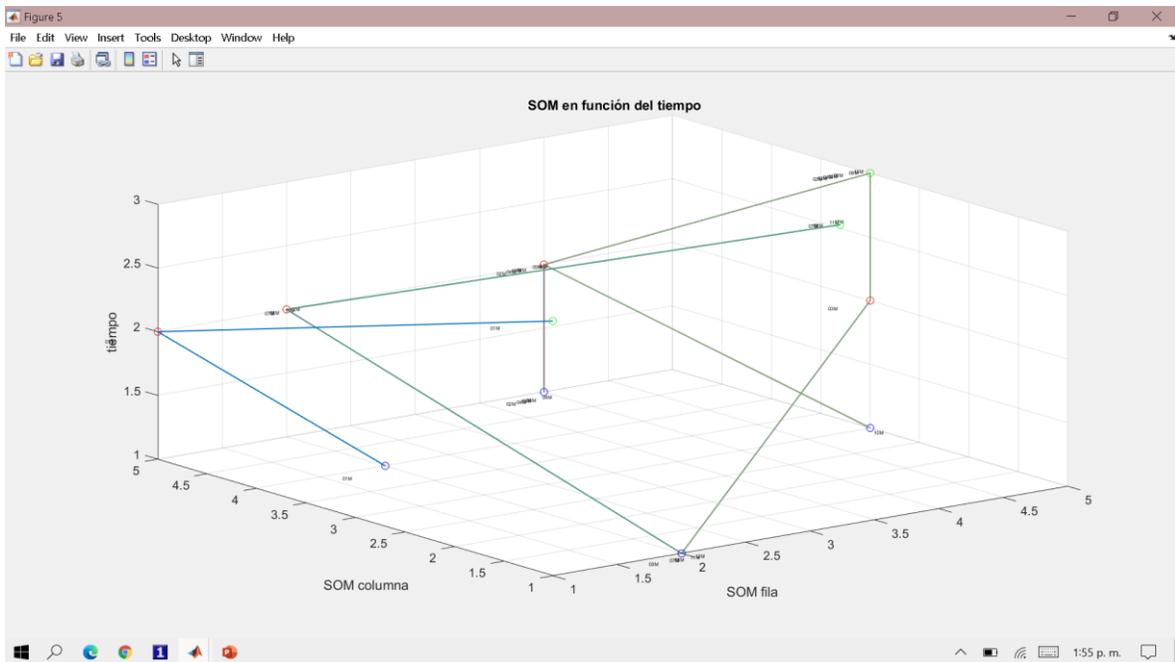
Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 6.3. “Figure 4” práctica salida_digital



Fuente: elaboración propia librería SCAECH

Gráfico 6.4. “Figure 5” práctica salida_digital



Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

En la cortadura 1 “Figure 2” (gráfico 6.1) se evidencia que 5 estudiantes lograron construir adecuadamente el prototipo, el estudiante 03 todavía no inicia la

construcción del prototipo y el estudiante 10 todavía no ha configurado el software ni el hardware.

Para la cortadura 2 “Figure 3” (gráfico 6.2) se evidencia la construcción adecuada de 6 estudiantes incluido el estudiante 10, el estudiante 03 todavía no ha configurado el software ni el hardware.

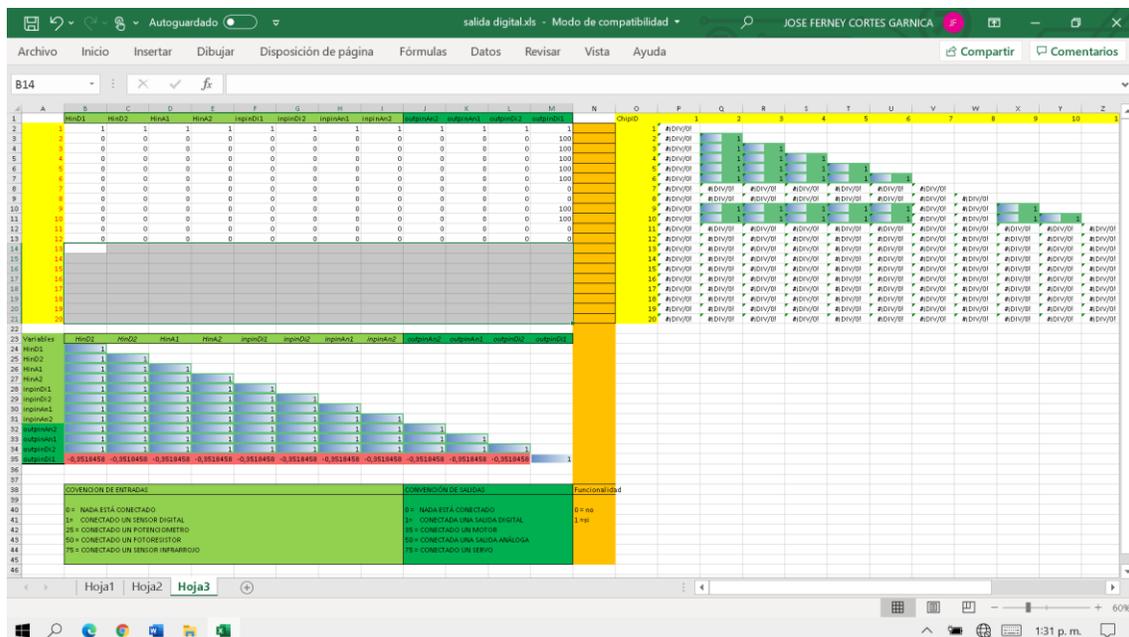
Finalmente, en la cortadura 3 “Figure 4” (gráfico 6.3) se evidencia que los 7 estudiantes han realizado la construcción adecuada del prototipo.

Los resultados de “Figure 5” (grafico 6.4) del mapa de las trayectorias de cortaduras nodales en 4D para esta práctica arrojaron trayectorias variantes en el tiempo debido a la convergencia de los 7 estudiantes a una sola neurona en función del tiempo y que indica la construcción del prototipo de forma adecuada.

4.2.2.1 PRUEBA DE VERIFICACIÓN DEL SCAECH: ANÁLISIS DE CORRELACION MÚLTIPLE DEL PROTOTIPO

Para comprobar los datos y el *kernel análisis* del SCAECH se procede a aplicar el instrumento 1 de control de procesamiento de datos haciendo un análisis de correlación múltiple por filas y por columnas de **la Matriz de cortadura 3** del localhost en Excel (figura 9) a partir de la matriz de la base de datos de MySQL mediante MATLAB en un momento 3

Figura 9. Análisis de correlación múltiple practica salida_digital



Fuente: elaboración propia SCAECH

El análisis de correlación múltiple por filas debe encontrar coincidencias entre los diferentes ChipID en base a las m variables del vector de interacción del sujeto, se tomarán en cuenta únicamente coeficientes de correlación 1, para determinar nivel

de coincidencia perfecto entre dinámicas de los ChipID. Para el caso particular de este prototipo se evidencia una correlación 1 entre la columna 2 (sujeto 02) y las filas 3,4,5,6,9,10 (los sujetos o ChipID 02,03,04, 05,06, 09 y 10) que corresponde a los resultados del agrupamiento en la neurona 23 de la cortadura 3 (grafico 6.3) "Figure 4" en la red neuronal.

El análisis de correlación múltiple por columnas debe encontrar coincidencias entre las diferentes variables de interacción del sujeto, se tomarán en cuenta únicamente coeficientes de correlación 1, para determinar nivel de coincidencia perfecto entre variables. Las variables con coeficientes de correlación 1 indican vectores de variables que no se utilizan en ningún experimento o también construcciones de modelos guiados por el tutor. Para el caso particular de este prototipo los niveles de correlación entre todas las variables son 1 debido a que los valores de las variables los mismos (0) con excepción de la variable `outpinDi2` que solo tiene correlación 1 consigo misma, esto se debe a que en la construcción del prototipo es la única variable utilizada para su funcionalidad, los mismos resultados se pueden evidenciar en los resultados del agrupamiento de la cortadura 3 (grafico 6.3) "Figure 4" del experimento donde las variables que no fueron utilizadas por los corresponde con las coloraciones negras por columnas en los resultados del agrupamientos de la cortadura.

4.2.2.2 PRUEBA DE VERIFICACIÓN DEL SCAECH: ANÁLISIS DEL VECTOR DE COHERENCIA DEL MODELO

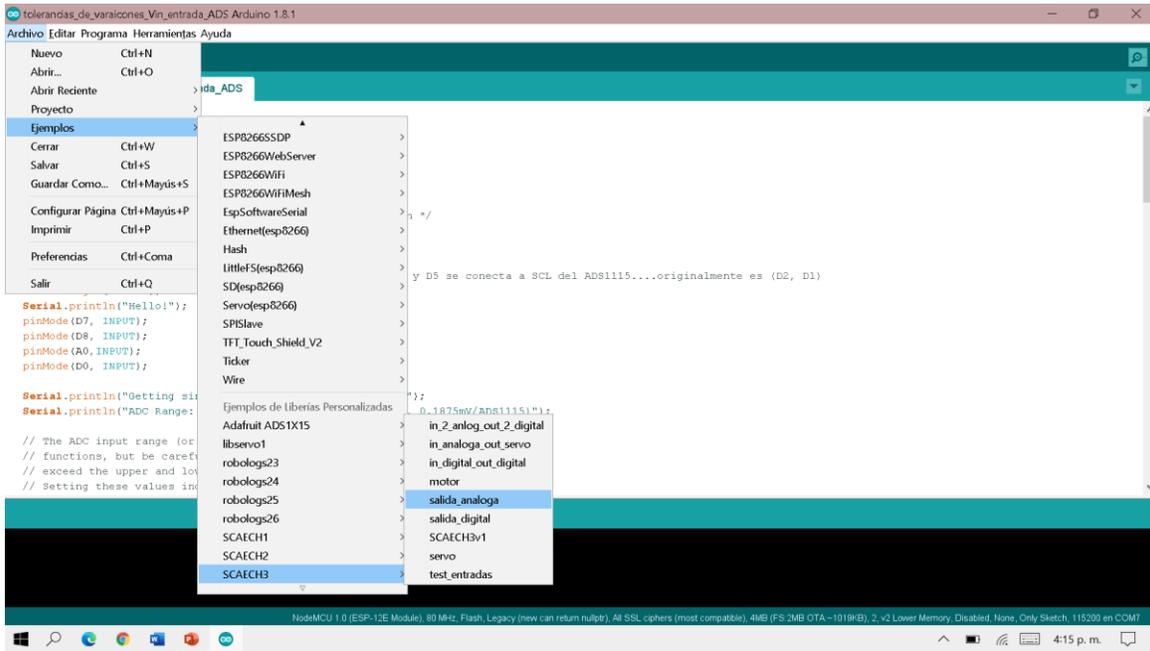
Para el caso particular de esta construcción $M_f C V_m$. Se puede observar en la cortadura 3 "Figure 4" que cada uno de los sujetos con la etiqueta M en la red neuronal se encuentran ubicados en la neurona 20, al observar el grafico 2 de la misma ventana "Figure 4" y ubicar la fila de la neurona 20 se puede observar que la variable M de esa fila es no nula, lo que verifica la relación de contenencia.

Los sujetos con etiqueta M y ubicados en la neurona 06 y 09 presentan la misma contenencia debido a que la coherencia de entradas Hardware/software es correcta debido a que no utilizan ningún tipo de hardware ni ningún tipo de software de control

4.2.3 TEST salida_análoga

Para obtener la caracterización se utilizó el ejemplo *salida_analoga* de la librería SCAECH 3 del IDE de Arduino diseñada por el autor de la investigación (figura 10), todos los sujetos utilizaron el mismo código de la librería:

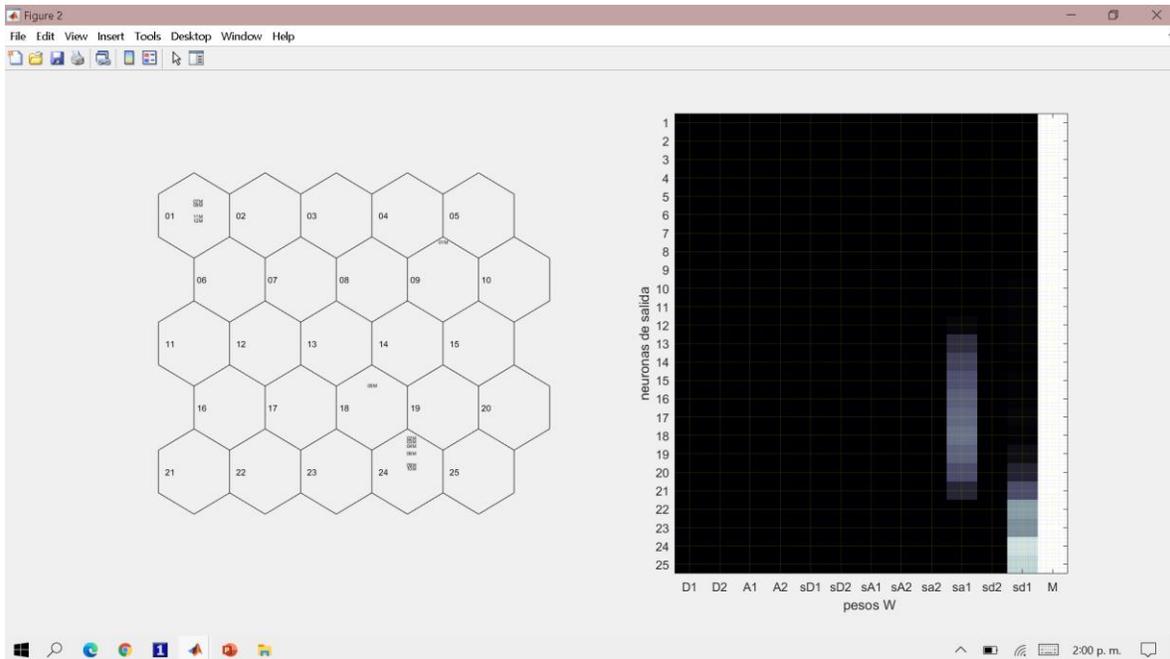
Figura 10. Ejemplo salida_analoga



Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

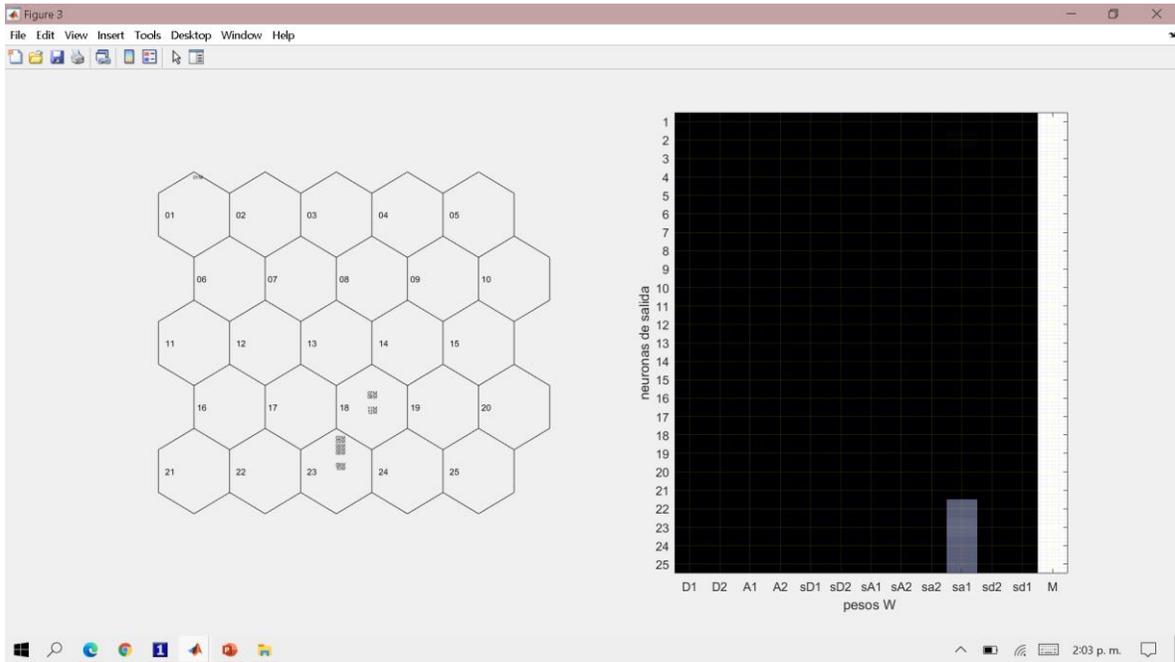
Los resultados que arroja el SCAECH para esta práctica son los siguientes:

Gráfico 7.1 "Figure 2" práctica salida_analoga



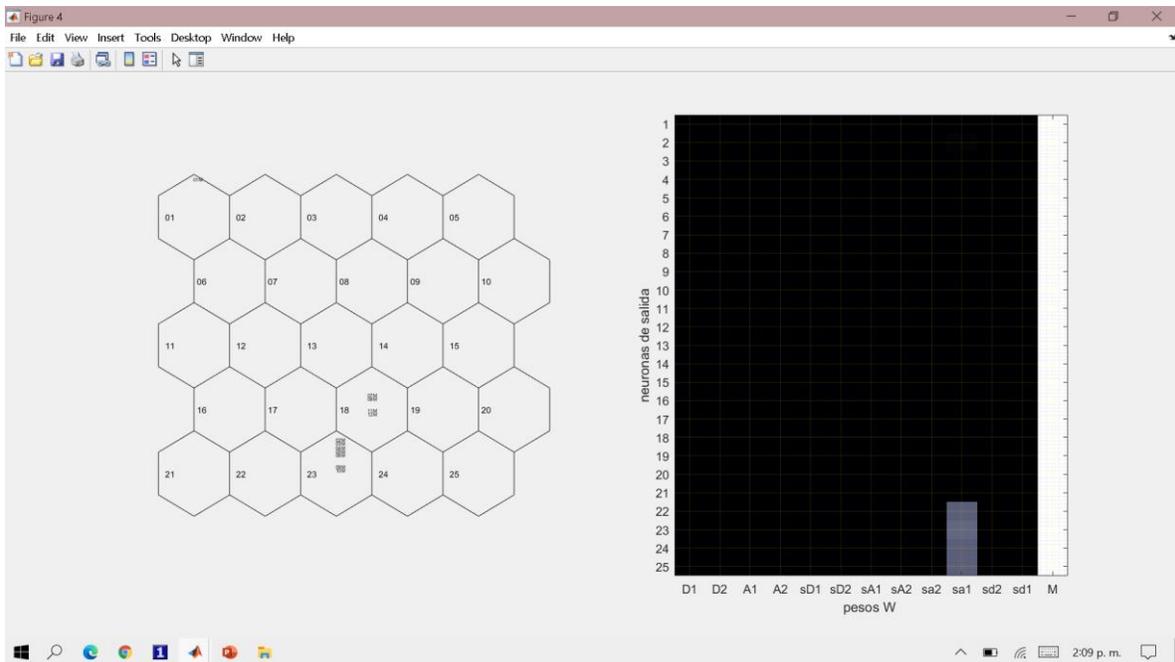
Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico7.2 "Figure 3" práctica salida_analoga



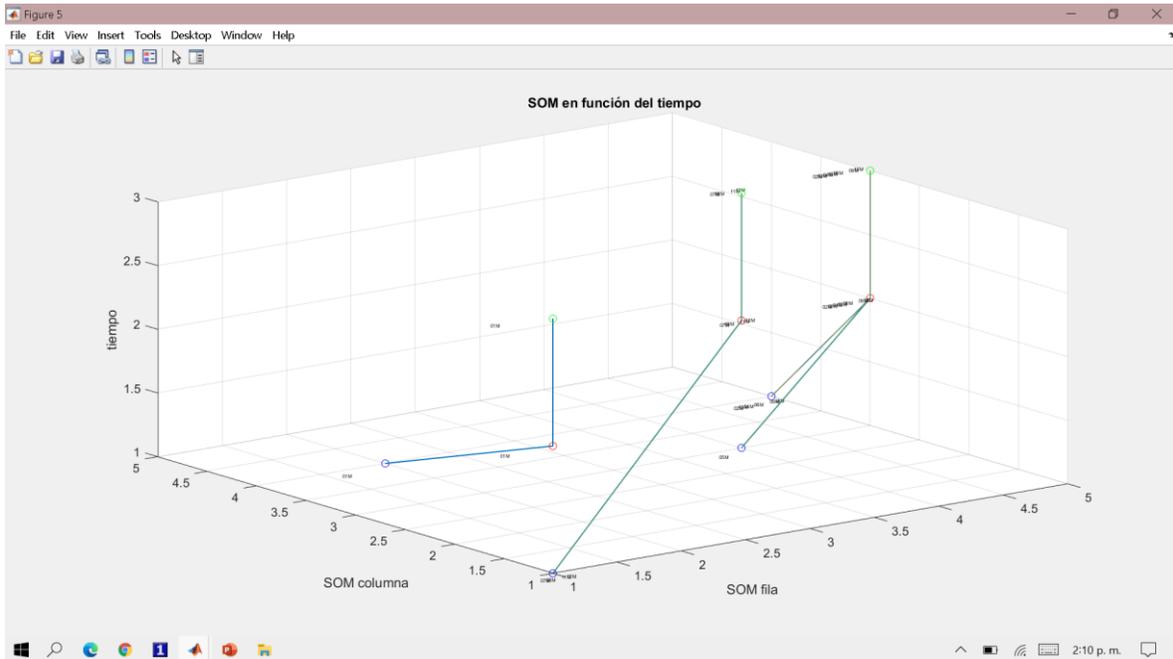
Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico7.3. "Figure 4" práctica salida_analoga



Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico7.4 “Figure 5” práctica salida_analoga



Fuente: elaboración propia SCAECH

En la cortadura 1 “Figure 2” (gráfico 7.1) se evidencia que 6 estudiantes lograron construir adecuada correspondencia software/hardware de entradas del prototipo, sin embargo, esta es la de la práctica anterior, tal vez porque el monitoreo se hizo muy prematuro en la práctica, la red los ubicó en la neurona 24, el estudiante 05 hace una construcción del prototipo totalmente coherente en cuanto entradas software/hardware y su correspondiente salida análoga, este se ubica en la neurona 18.

Para la cortadura 2 “Figure 3” (gráfico 7.2) se evidencia la construcción adecuada de los 7 estudiantes incluido el estudiante 05.

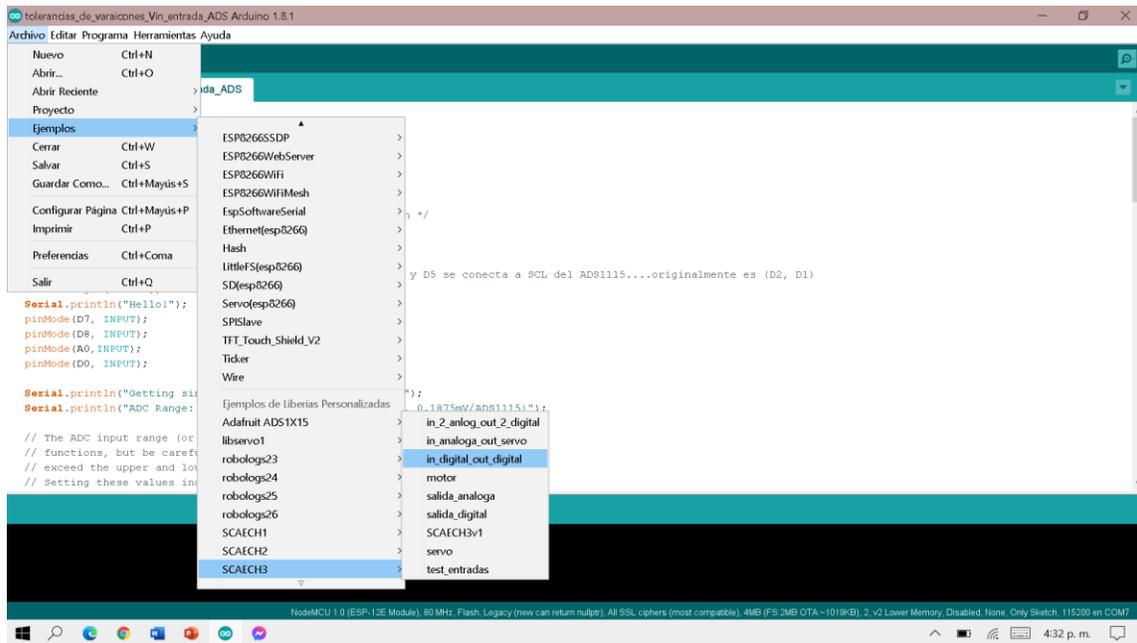
finalmente, en la cortadura 3 “Figure 4” (gráfico 7.3) se evidencia el mismo comportamiento de las variables en la construcción del prototipo.

Los resultados de “Figure 5” (grafico 6.4) del mapa de las trayectorias de cortaduras nodales en 4D para esta práctica arrojaron trayectorias variantes entre el tiempo 1 y 2 debido a la convergencia de los 7 estudiantes a una sola neurona en función del segundo tiempo, para el intervalo entre el segundo y tercer tiempo no existen variaciones y las trayectorias nodales son constantes lo que indica que en la construcción del prototipo no hubo variaciones de la dinámica de acción.

4.2.4 TEST in_digital_out_digital

Para obtener la caracterización se utilizó el ejemplo In_digital_out_digital de la librería SCAECH 3 del IDE de Arduino diseñada por el autor de la investigación (figura 11), todos los sujetos utilizaron el mismo código de la librería:

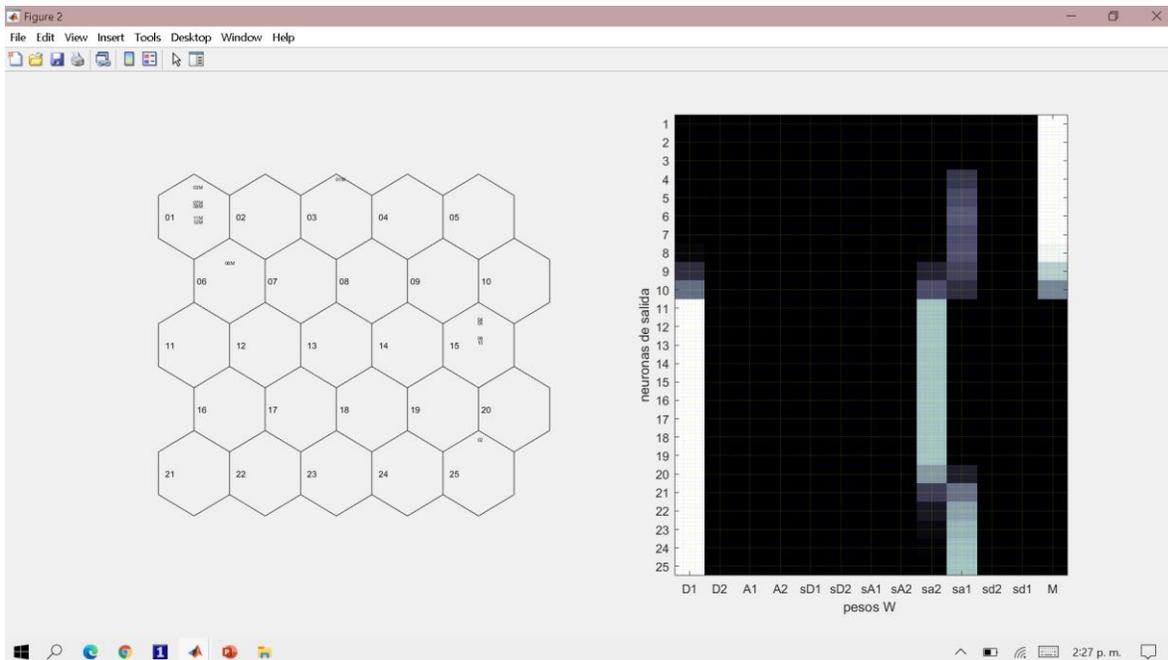
Figura 11. Ejemplo In_digital_out_digital



Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

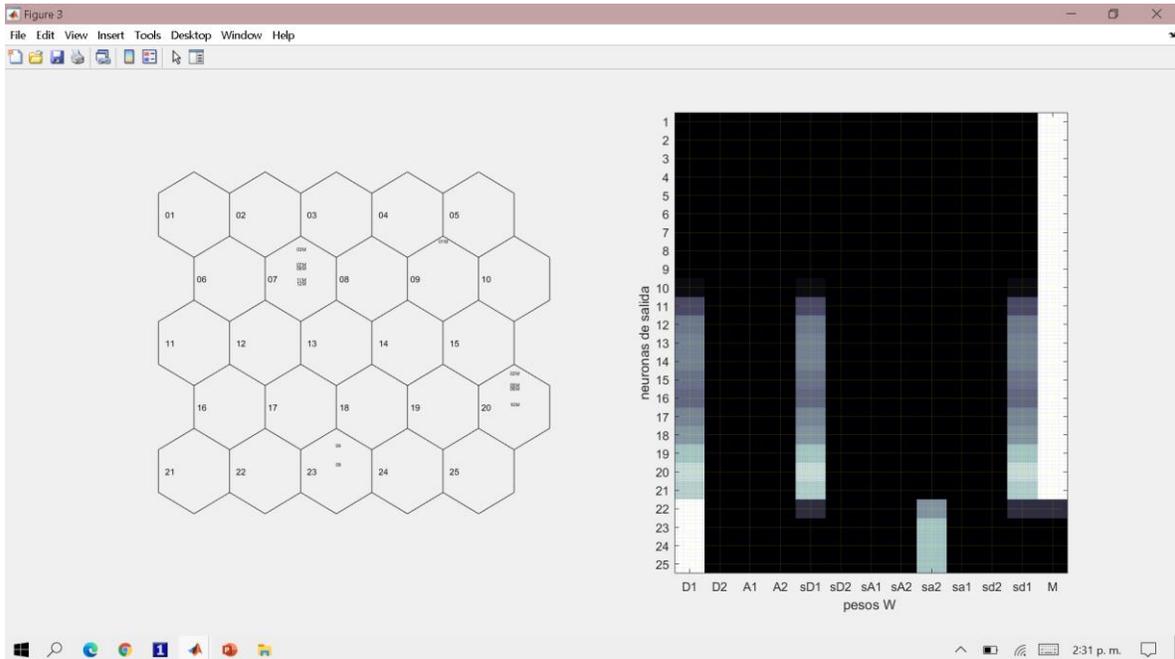
Los resultados que arroja el SCAECH para esta práctica son los siguientes:

Gráfico 8.1. “Figure 2” práctica In_digital_out_digital



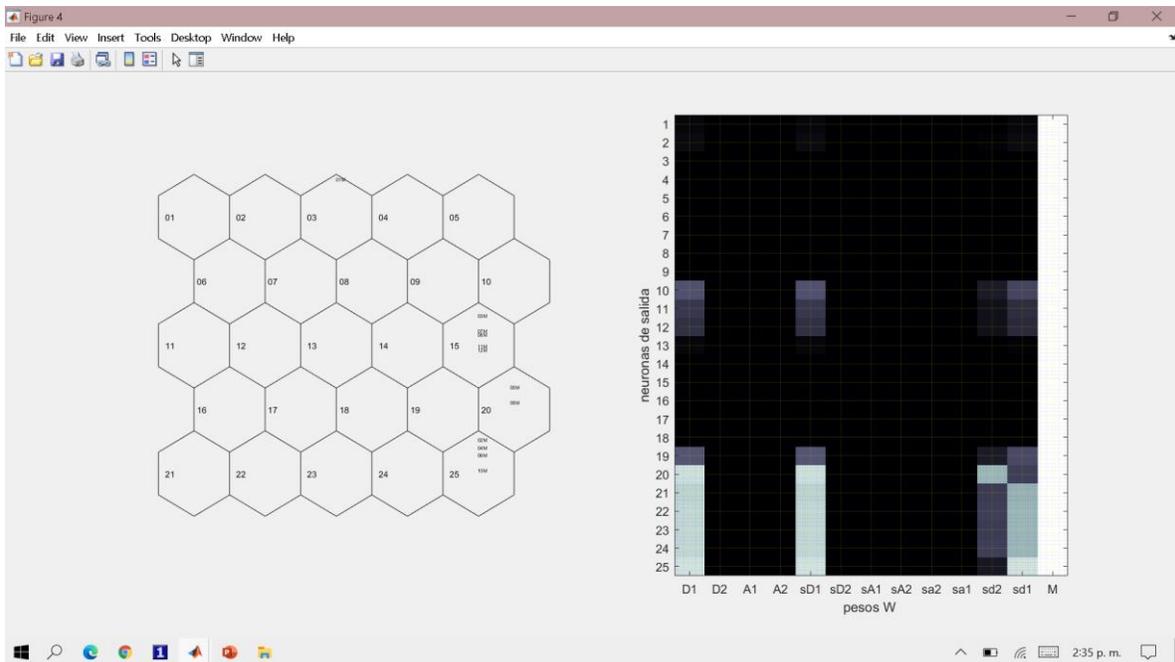
Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 8.2. “Figure 3” práctica In_digital_out_digital



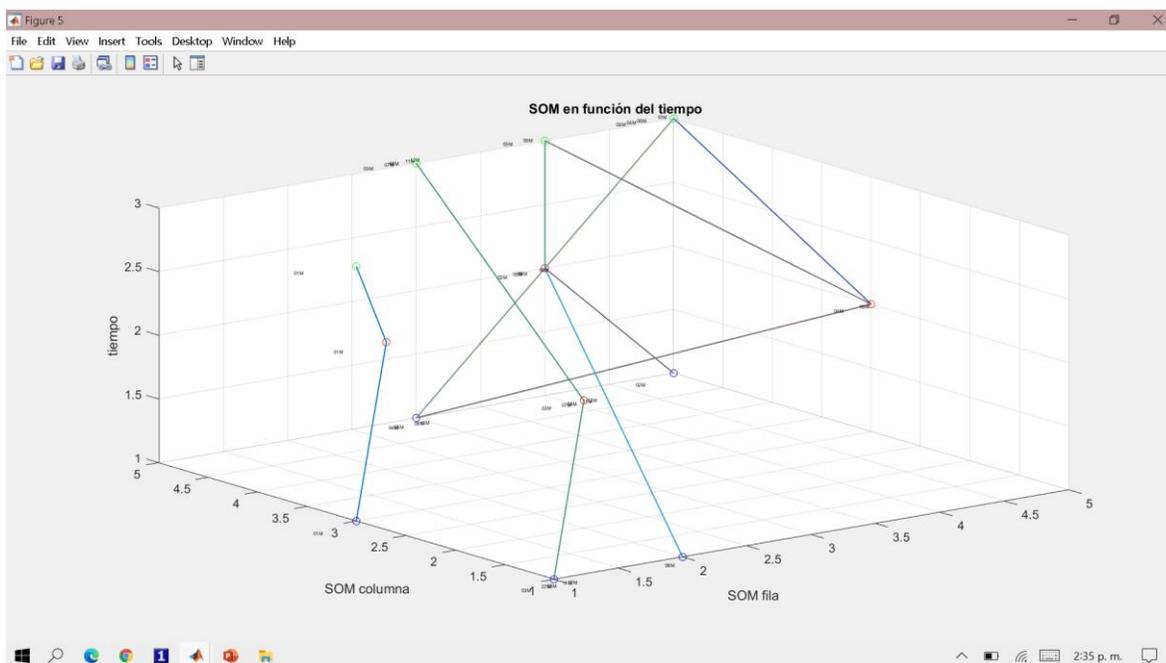
Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 8.3. “Figure 4” práctica In_digital_out_digital



Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 8.4. “Figure 5” práctica In_digital_out_digital



Fuente: elaboración propia SCAECH

En la cortadura 1 “Figure 2” (gráfico 8.1) se evidencia que los estudiantes conservan la configuración software de salidas de la práctica anterior, a los estudiantes 04, 05, 09 y 10 junto con el estudiante 02 ubicado en la neurona 25 con una configuración software de salida diferente les parece más adecuado primero conectar los sensores para esta práctica y en seguida hacer la programación esto se evidencia en la columna D1 que es el puerto físico 1 del conjunto CAECH y en contraste con la columna sD1 que es la configuración de software para esa entrada.

Para la cortadura 2 “Figure 3” (gráfico 8.2) se evidencia la construcción adecuada de los estudiantes 02, 05, 06 y 10 agrupados en la neurona 20, por su parte los estudiantes 04 y 09 se ubican en la neurona 23 todavía sin hacer la programación de los dispositivos conectados.

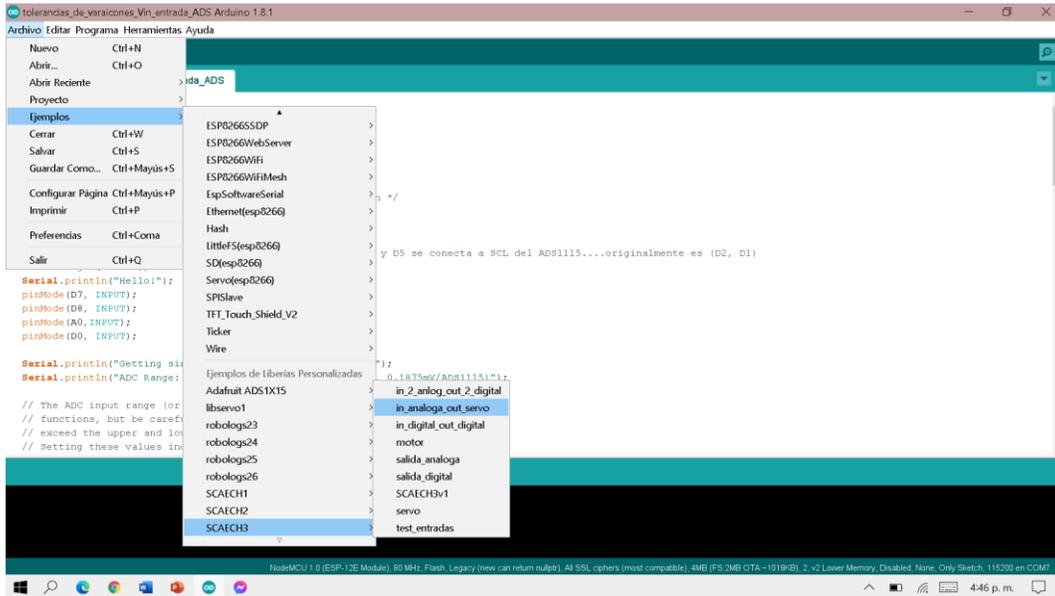
Finalmente, en la cortadura 3 “Figure 4” (gráfico 8.3) los sujetos 02, 04, 06 y 10 se ubican en la neurona 25 y los sujetos 05 y 09 se ubican en la neurona 20, ambas configuraciones son adecuadas y su cercanía queda definida por su correspondencia de entradas software/hardware y su ubicación debido a las salidas utilizadas para hacer la práctica.

Los resultados de “Figure 5” (grafico 8.4) del mapa de las trayectorias de cortaduras nodales en 4D para esta práctica arrojaron trayectorias variantes entre el tiempo 1 y 2 debido a la convergencia de los algunos estudiantes a una sola neurona en función del segundo tiempo, para el intervalo entre el segundo y tercer tiempo existen variaciones de las trayectorias nodales que indica dos versiones de la práctica.

4.2.5 TEST In_analoga_out_servo

Para hacer la práctica se utilizó el ejemplo In_analoga_out_servo de la librería SCAECH 3 del IDE de Arduino diseñada por el autor de la investigación (figura 12), todos los sujetos utilizaron el mismo código de la librería:

Figura 12. Ejemplo in_analoga_out_servo



Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Los resultados que arroja el SCAECH para esta construcción son los siguientes:

Gráfico 9.1. "Figure 2" práctica in_analoga_out_servo

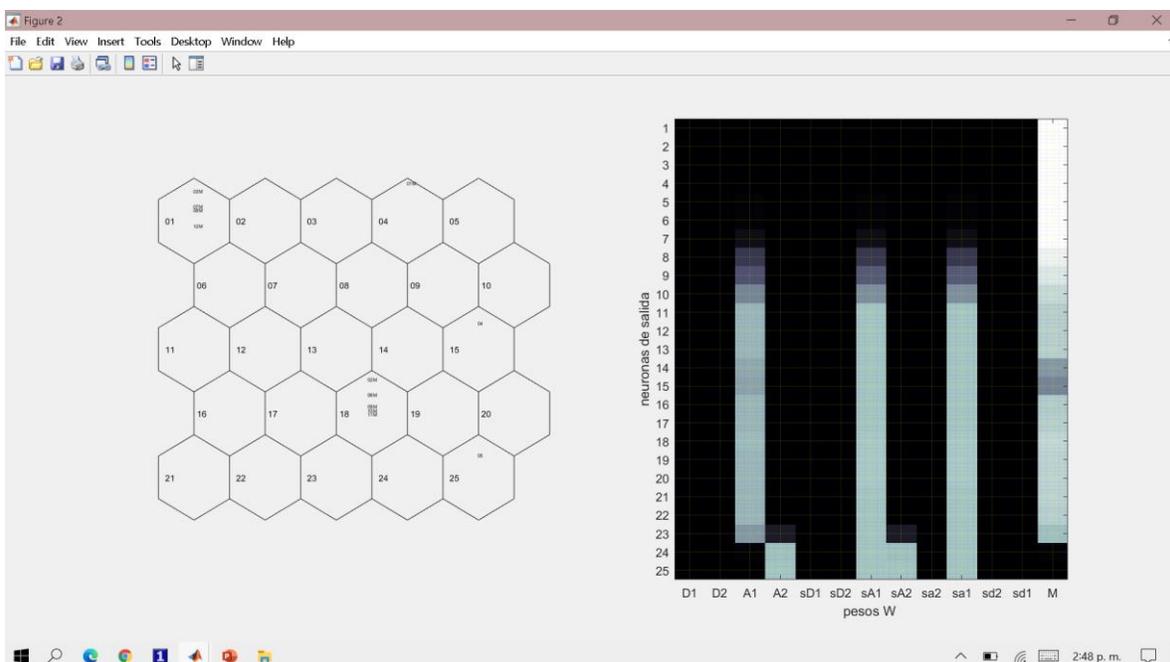
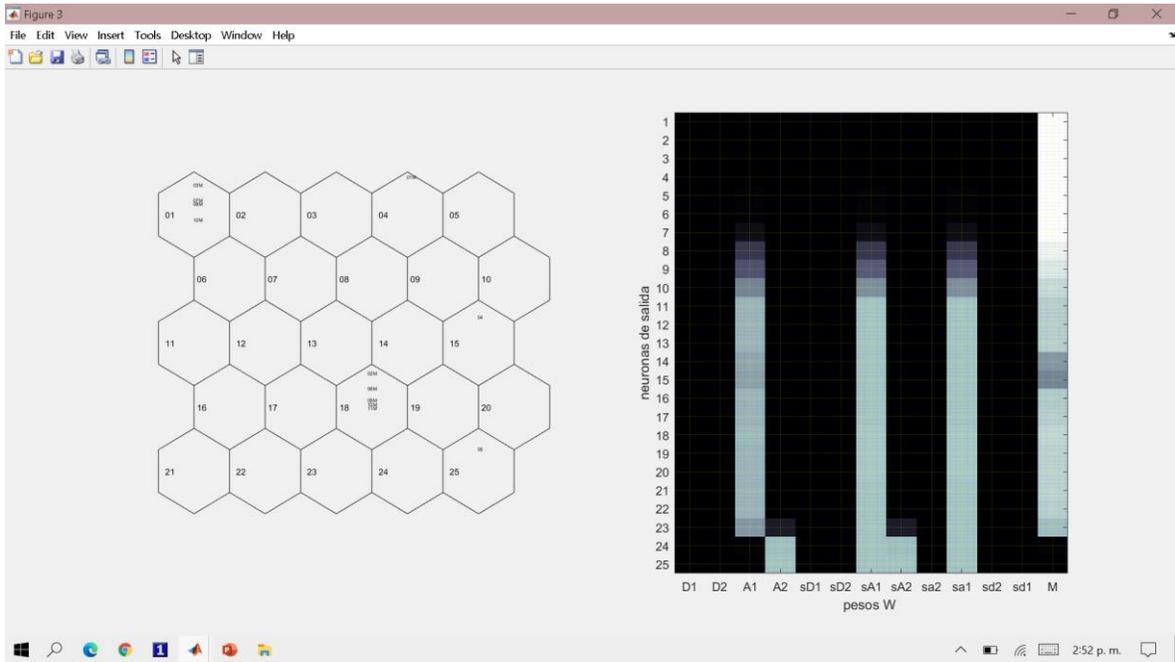
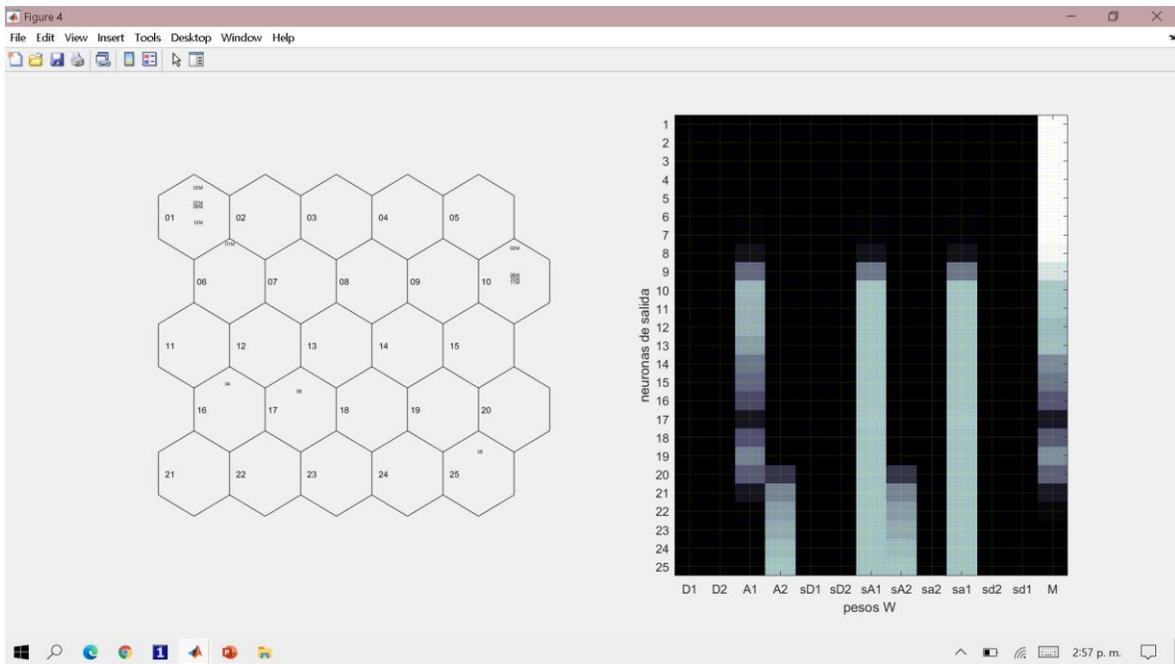


Gráfico 9.2. “Figure 3” práctica in_analoga_out_servo



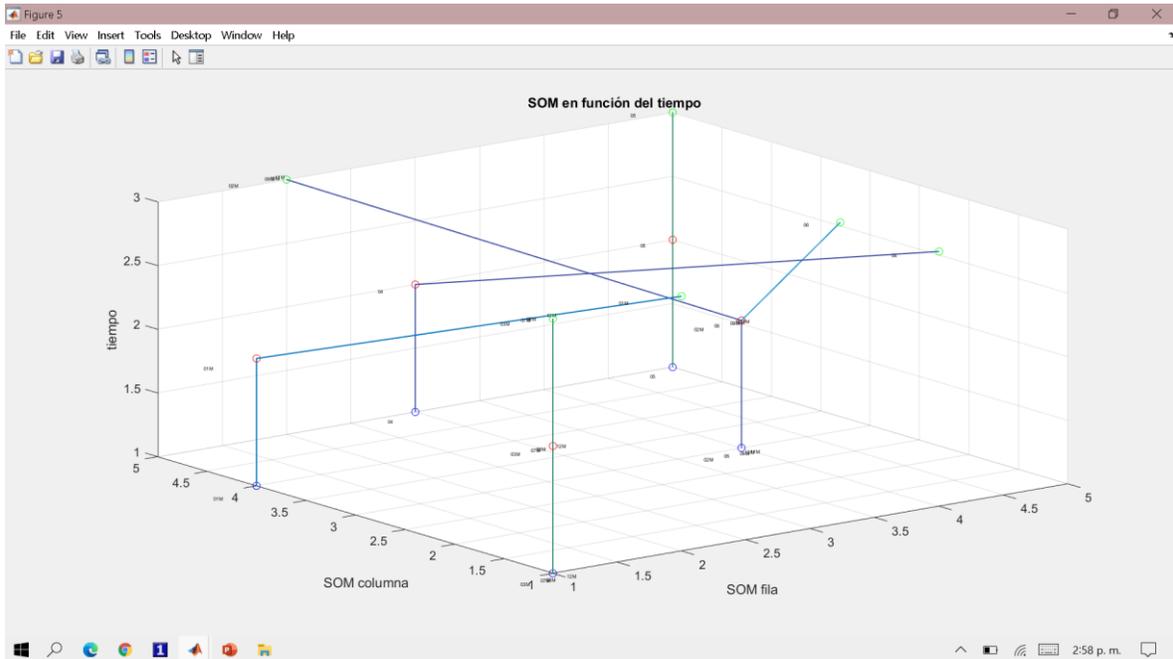
Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 9.3. “Figure 4” práctica in_analoga_out_servo



Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 9.4. “Figure 5” práctica in_analoga_out_servo



Fuente: elaboración propia SCAECH

En “figure 2” y “figure 3” (grafico 9.1 y 9.3 respectivamente) se evidencia que para los estudiantes 02, 06, 09, 10 y 11 ubicados en la neurona 18 la practica fue exitosa presentando un nivel óptimo de coherencia de entradas software/hardware así como la programación e implementación de una salida análoga, el estudiante 04 ubicado en la neurona 15 presenta un problema menor en cuanto a la coherencia de entradas software/hardware por ello las dos neuronas son cercanas, finalmente para el caso del estudiante 05 ubicado en la neurona 25 presenta un problema aún mayor en cuanto a la coherencia de entradas software/hardware por ello las dos neuronas se encuentran a una mayor distancia una de la otra.

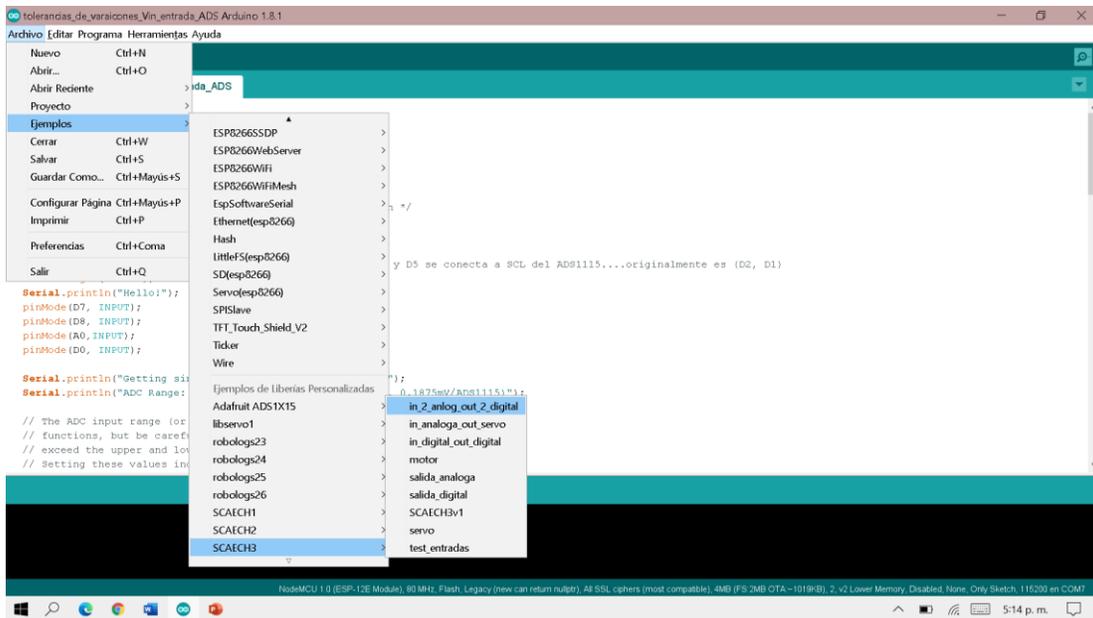
Para la “Figure 4” (grafico 9.3) se evidencia que uno de ellos (06) desconecto uno de los sensores físicos pero el software no fue modificado por lo que lo ubica en otra neurona con un modelo fallido los sujetos 02,09, 10 y 11 permanecen ubicados en la misma neurona con un prototipo y un nivel óptimo de coherencia de entradas software/hardware así como la programación e implementación de una salida análoga, el estudiante 04 ubicado en la neurona 16 presenta un problema menor en cuanto a la coherencia de entradas software/hardware, su trabajo es similar al estudiante 06 es por ello que la ubicación de estos dos sujetos es en neuronas contiguas.

Los resultados de “Figure 5” (grafico 9.4) del mapa de las trayectorias de cortaduras nodales en 4D para esta práctica arrojaron trayectorias variantes en los tres tiempos sin embargo hay una convergencia general de los estudiantes con algunas variaciones.

4.2.6 TEST In_2_analog_out_2_digital

Para obtener la caracterización se utilizó el ejemplo `In_2_analog_out_2_digital` de la librería `SCAECH 3` del IDE de Arduino diseñada por el autor de la investigación (figura 13), todos los sujetos utilizaron el mismo código de la librería:

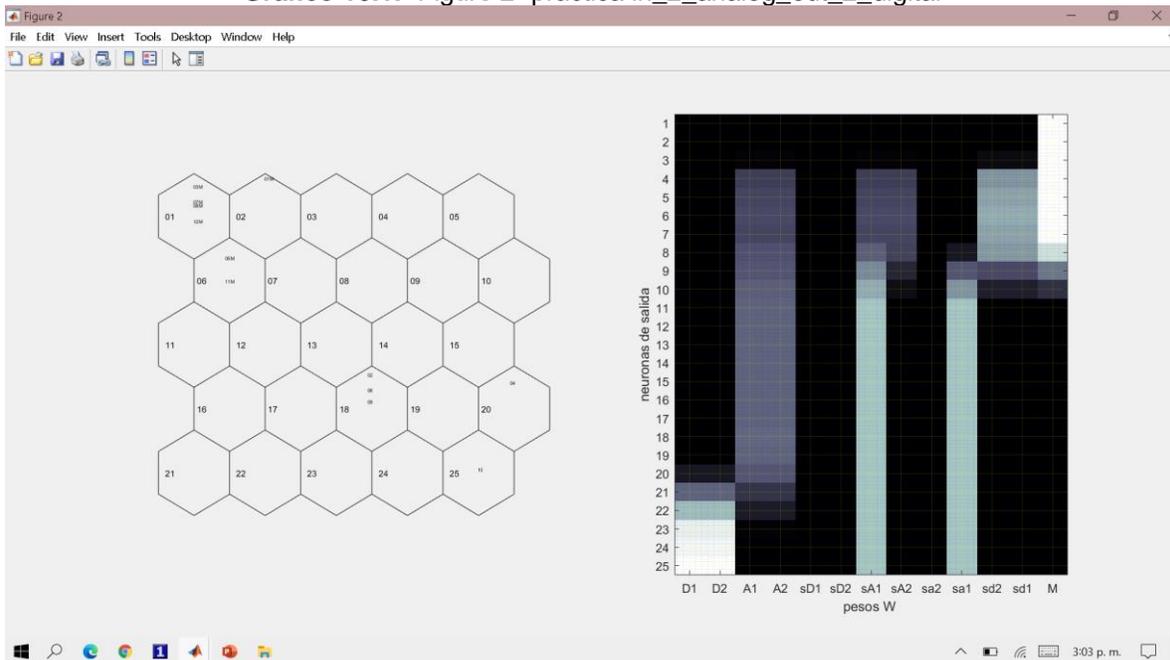
Figura 13. Ejemplo `in_2_analog_out_2_digital`



Fuente: elaboración propia librería `SCAECH 3`

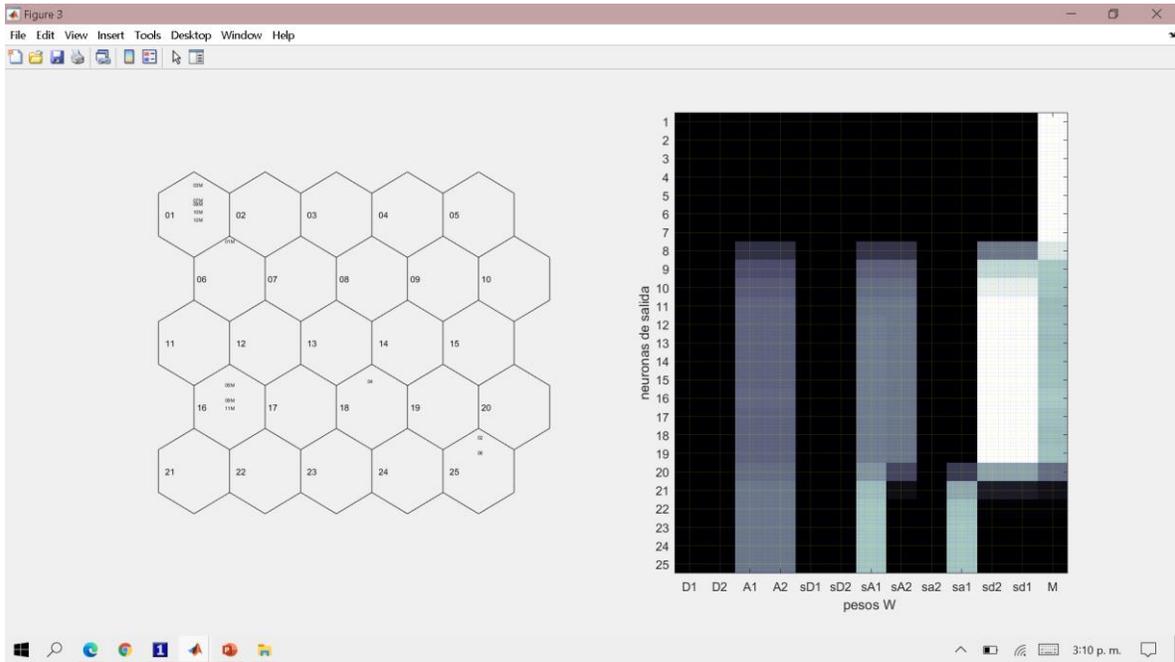
Los resultados que arroja es `SCAECH` para este ejemplo son los siguientes:

Gráfico 10.1. “Figure 2” práctica `in_2_analog_out_2_digital`



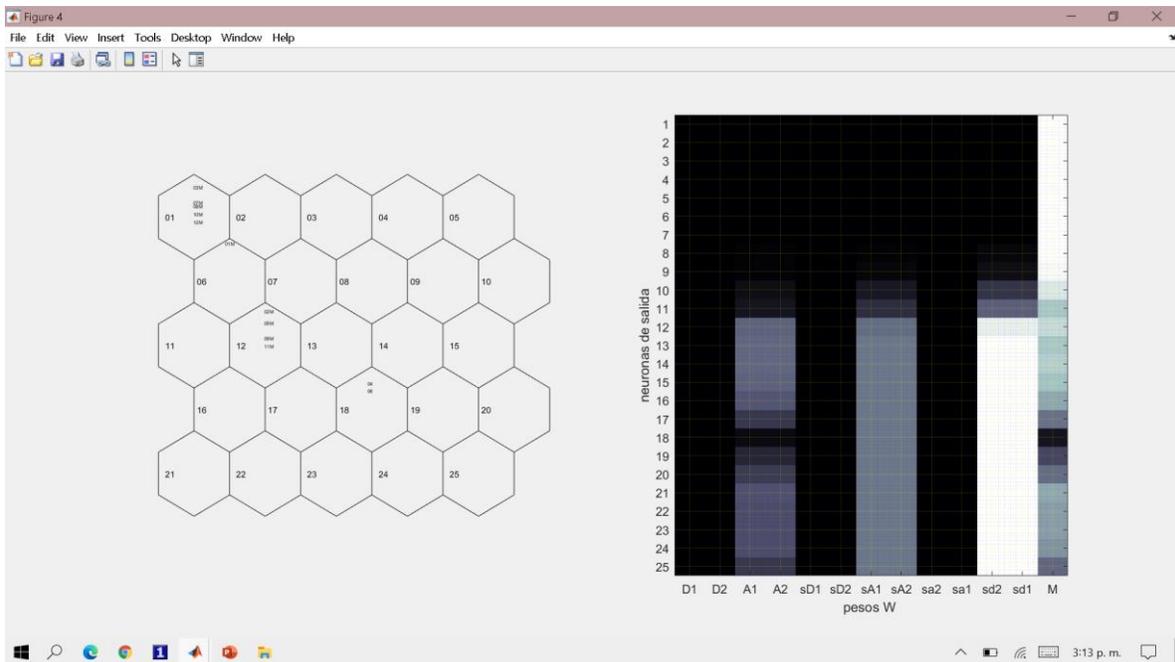
Fuente: elaboración propia librería `SCAECH 3`

Gráfico 10.2. “Figure 3” práctica in_2_analog_out_2_digital



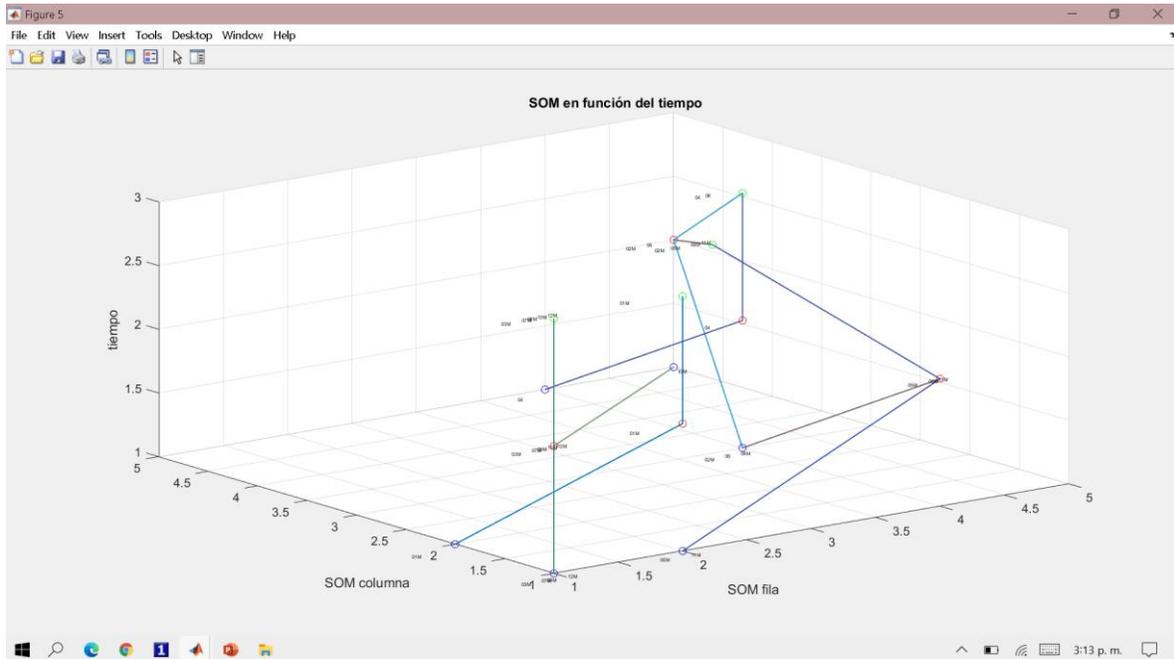
Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 10.3. “Figure 4” práctica in_2_analog_out_2_digital



Fuente: elaboración propia SCAECH

Gráfico 10.4. “Figure 5” práctica in_2_analog_out_2_digital



Fuente: elaboración propia SCAECH

En la “Figure 2” (grafico 10.1) se evidencia que los estudiantes 05 y 11 ubicados en la neurona 10 construyen un modelo funcional, los demás también tienen un hardware perfecto a excepción del estudiante 10 ubicado en la neurona 25, sin embargo, todavía hace falta programar o en su defecto cargar el software, de nuevo se evidencia que los sujetos participantes prefieren primero configurar el hardware antes que programar los prototipos.

Para la cortadura 2 “Figure 3” el estudiante 09 se suma al funcionamiento exitoso del modelo y el estudiante 04 se aproxima al ideal con un inconveniente menor de coherencia software/hardware de entradas debido a una diferencia en los sensores conectados pero su funcionamiento es similar a los tres anteriores (sujetos 05, 09 y 11 ubicados en la neurona 16), los estudiantes 02 y 06 ubicados en la neurona 25 tienen algunos inconvenientes en activar los sensores en software, el estudiante 10 desconectó el modelo.

Para la cortadura 3 “Figure 4” los estudiantes 02 05 09 11 ubicados en la neurona 12 logran el modelo exitoso, los estudiantes 04 y 06 ubicados en la neurona 18 tienen el código perfecto, pero han desconectado sus sensores, por su parte el estudiante 10 ha desconectado el modelo.

Los estudiantes más diestros son los 05 y 11 para este prototipo y al parecer ayudan a otros compañeros, esto se puede evidenciar en el mapa de las trayectorias de cortaduras nodales en 4D la “Figure 5” (grafico 10.4).

4.3 CARACTERIZACIONES DEL APRENDIZAJE EN LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS AUTÓNOMOS

Para el diseño y construcción de los modelos de forma autónoma por parte de los estudiantes, a estos se les facilitó la guía de experimentos autónomos (anexo 8) que consta de tres actividades donde se explica el modelo que se debe construir, el material con el que cuentan los estudiantes es el proporcionado en los conjuntos CAECH al igual que en las prácticas de experimentos guiados.

4.3.1 MODELO CAMALEÓN

Resultados de las cortaduras SCAECH y las trayectorias nodales 4D (gráficos11):

Gráfico 11.1. “Figure 2” modelo camaleón

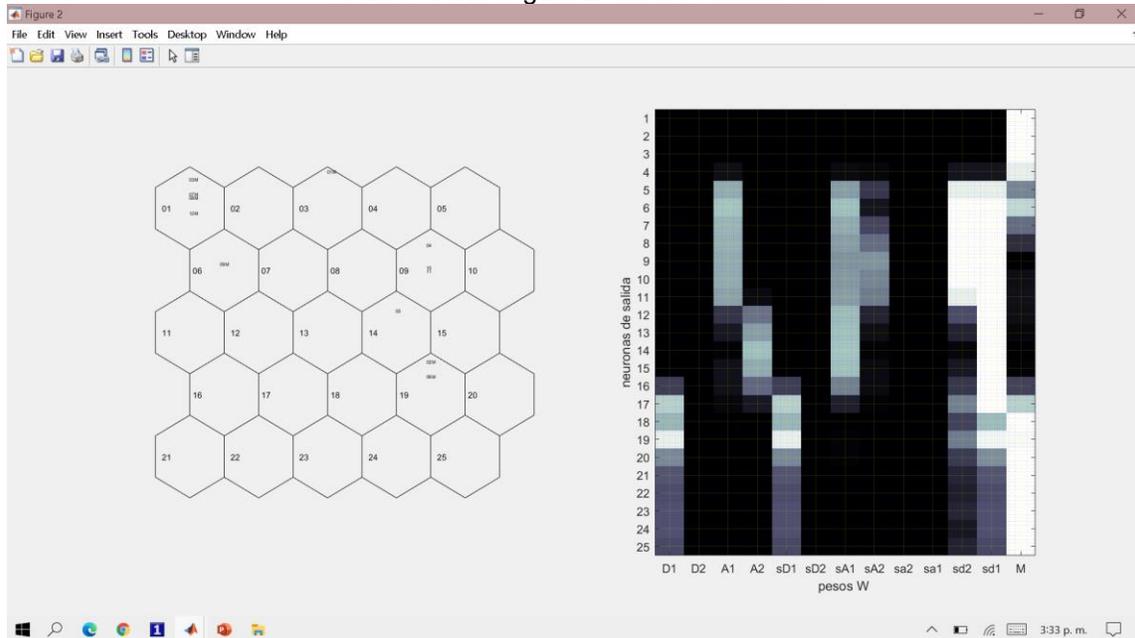


Gráfico 11.2. “Figure 3” modelo camaleón

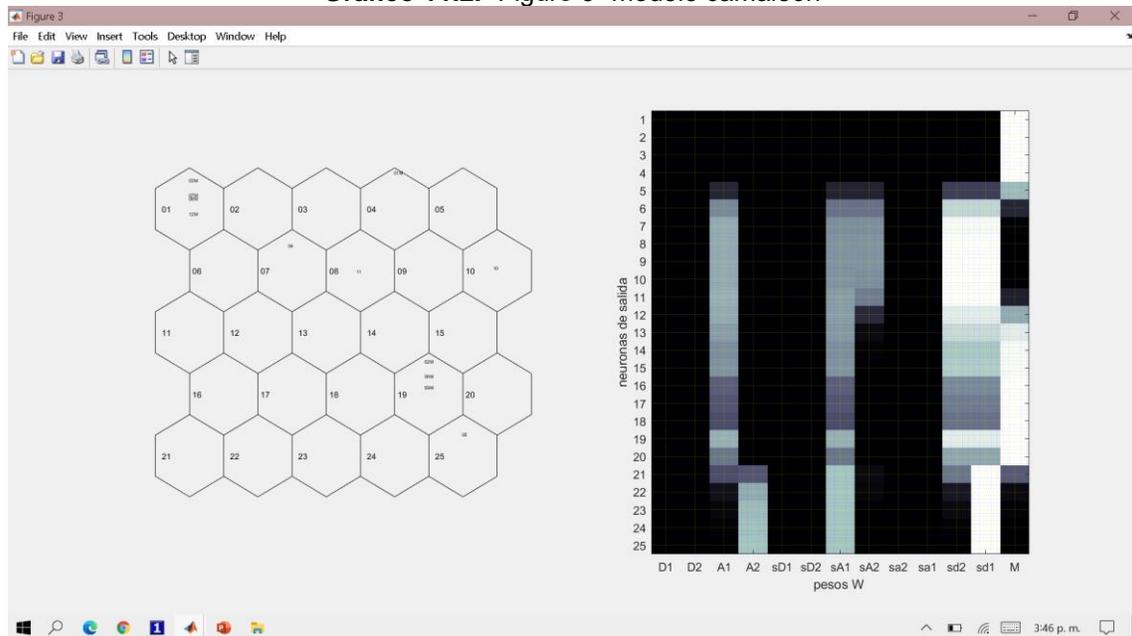
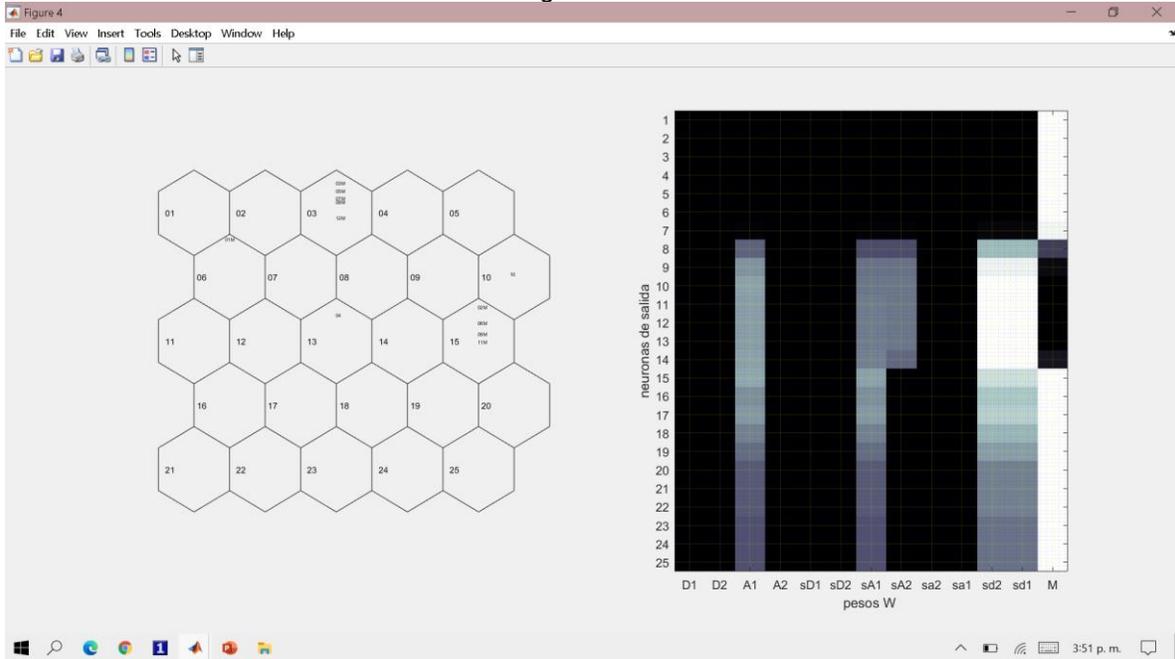
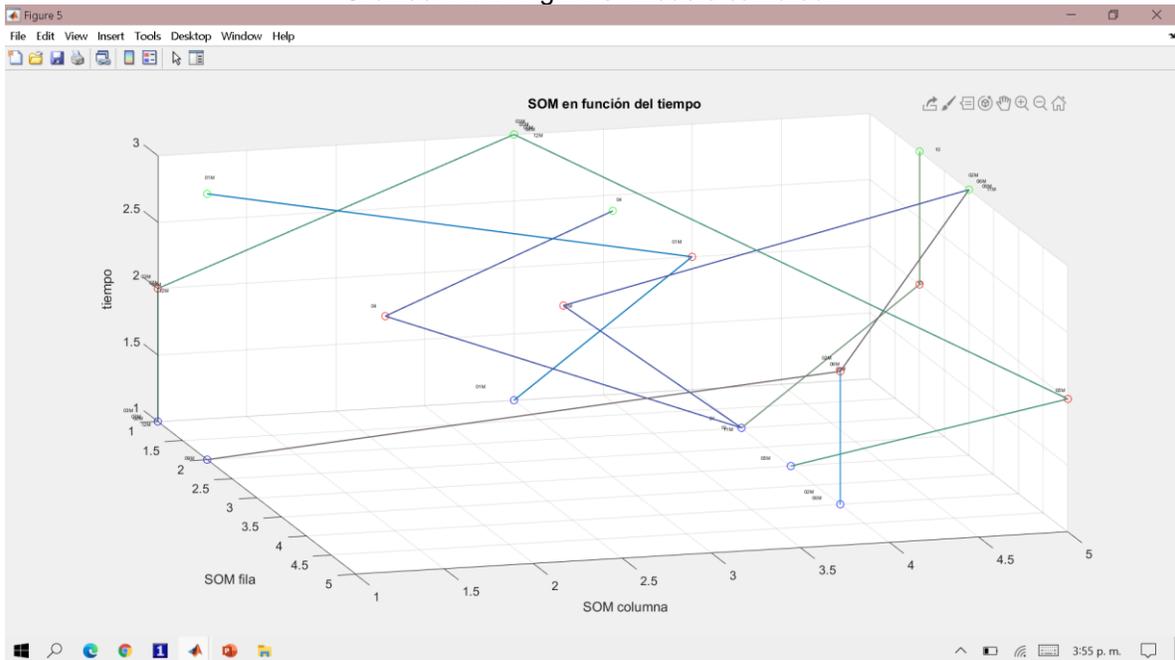


Gráfico 11.3. “Figure 4” modelo camaleón



Fuente: elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 11.4. “Figure 5” modelo camaleón



Fuente: elaboración propia SCAECH

Los resultado en la cortadura 1 “Figure 2” (grafico 11.1) muestran que el estudiante 09 ubicado en la neurona 06 ha hecho un modelo exitoso después de algunos minutos utilizando y programando un sensor de distancia y dos salidas digitales de diferentes colores que indicarían el cambio de color del camaleón tan pronto la distancia varia en el sensor; los estudiantes 04 10 y 11 ubicados en la neurona 09

al parecer están trabajando en conjunto ya que tiene el mismo error en el programa y por ello su modelo no es exitoso, el estudiante 05 ubicado en la neurona 14 tiene un inconveniente entre la programación y el hardware conectado, los estudiantes 02 y 06 ubicados en la neurona 19 construyen un modelo coherente software hardware utilizando un sensor de tacto, lo que conlleva a que el modelo de camaleón que hicieron actúa en función del contacto.

Para el segundo momento correspondiente a la cortadura 2 “Figure 3” (grafico 11.2) los estudiantes 02 y 06 ubicados en la neurona 19 deciden cambiar la estrategia al parecer persuadidos por el estudiante 09 ubicado en la neurona 19, los estudiantes 04, 10 y 11 ubicados en las neuronas 07 10 y 08 respectivamente continúan teniendo errores de software y el estudiante 05 ubicado en la neurona 25 sigue teniendo un inconveniente entre la programación y el software conectado.

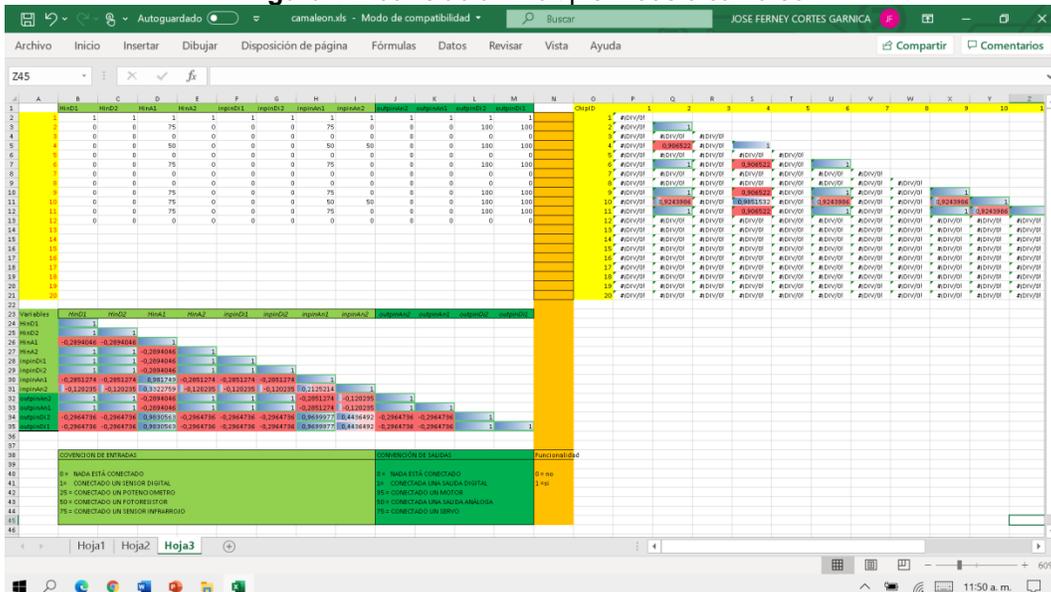
Para el tercer momento correspondiente a la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 11.3) el estudiante 11 se une a la estrategia de los estudiantes 09 06 y 09 (todos ubicados en la neurona 15), el estudiante 5 desconecta la tarjeta CAECH, los estudiantes 04 y 10 ubicados en las neuronas 13 y 10 experimentan los mismos errores que en los dos momentos anteriores.

La misma información es entregada por las trayectorias nodales 4D (grafico 11.4).

4.3.1.1 PRUEBA DE VERIFICACIÓN DEL SCAECH: ANÁLISIS DE CORRELACION MÚLTIPLE DEL PROTOTIPO

Para comprobar los datos y el *kernel análisis* del SCAECH se procede a aplicar el instrumento 1 de control de procesamiento de datos haciendo un análisis de correlación múltiple por filas y por columnas de **la Matriz de cortadura 3** del localhost en Excel (figura 3) a partir de la matriz de la base de datos de MySQL mediante MATLAB en un momento 3.

Figura 14. correlación múltiple modelo camaleón



Fuente: Elaboración propia SCAECH

El análisis de correlación múltiple por filas debe encontrar coincidencias entre los diferentes ChipID en base a las m variables del vector de interacción del sujeto, se tomarán en cuenta únicamente coeficientes de correlación 1, para determinar nivel de coincidencia perfecto entre dinámicas de los ChipID. Para el caso particular de este prototipo se evidencia una correlación 1 entre la columna 2 (sujeto o ChipID 02) y las filas 6, 9, 11 (sujetos 06,09 y 11) que corresponde a los resultados del agrupamiento de la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 11.3) en la red neuronal (neurona 15), también es visible que en el agrupamiento neuronal los estudiantes 04 y 10 se encuentran en neuronas cercanas (neurona 13 y neurona 10 respectivamente) al agrupamiento principal, en el análisis de correlación por filas no se puede evidenciar resultado ya que el índice de correlación entre 02 y 04 de 0,90 y entre los sujetos 02 y 10 de 0,92 no representan información relevante pero el observador puede fijar la atención en estos sujetos para indagar los elementos de construcción utilizados en relación con los otros participantes.

El análisis de correlación múltiple por columnas debe encontrar coincidencias entre las diferentes variables de interacción del sujeto, se tomarán en cuenta principalmente coeficientes de correlación 1, para determinar nivel de coincidencia perfecto entre variables.

Las variables con coeficientes de correlación 1 indican vectores de variables que no se utilizan en ningún experimento o también construcciones con variables iguales para todos modelos de los sujetos. Para el caso particular de este modelo los niveles de correlación por columnas entre las variables HinD1, HinD2, HinA2, inpinD1, inpinD2, outpinAn2, outpinAn1 es 1 que coinciden con las coloraciones negras por columnas en los resultados del agrupamiento de la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 11.3).

4.3.1.2 PRUEBA DE VERIFICACIÓN DEL SCAECH: ANÁLISIS DEL VECTOR DE COHERENCIA DEL MODELO

Para el caso particular de esta construcción $M_f C V_m$. Se puede observar en la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 11.3) que cada uno de los sujetos con la etiqueta M en la red neuronal se encuentran ubicados en la neurona 15, al observar el grafico 2 de la misma ventana “Figure 4” (grafico 12.3) y ubicar la fila de la neurona 15 se puede observar que la variable M de esa fila es no nula, lo que verifica la relación de contención.

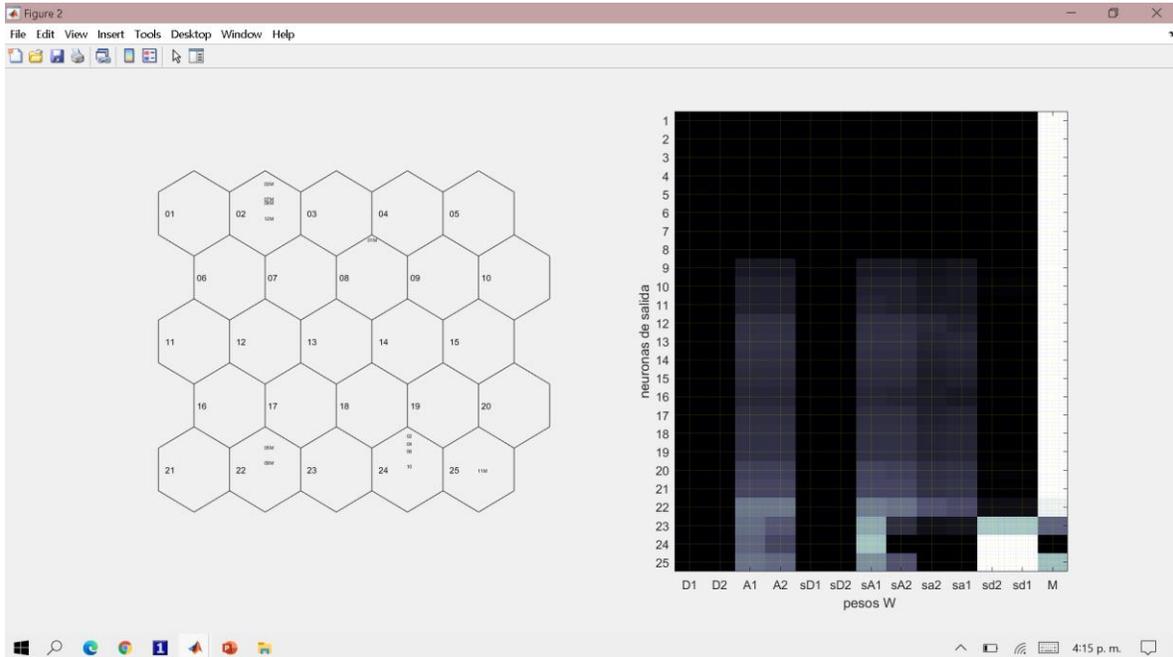
Para los sujetos ubicados en las neuronas 10 y 13 no se cumple la relación de contención.

Los sujetos con etiqueta M y ubicados en la neurona 03 y 06 presentan la misma contención debido a que la coherencia de entradas Hardware/software es correcta debido a que no utilizan ningún tipo de hardware ni ningún tipo de software de control.

4.3.2 MODELO GIRASOL

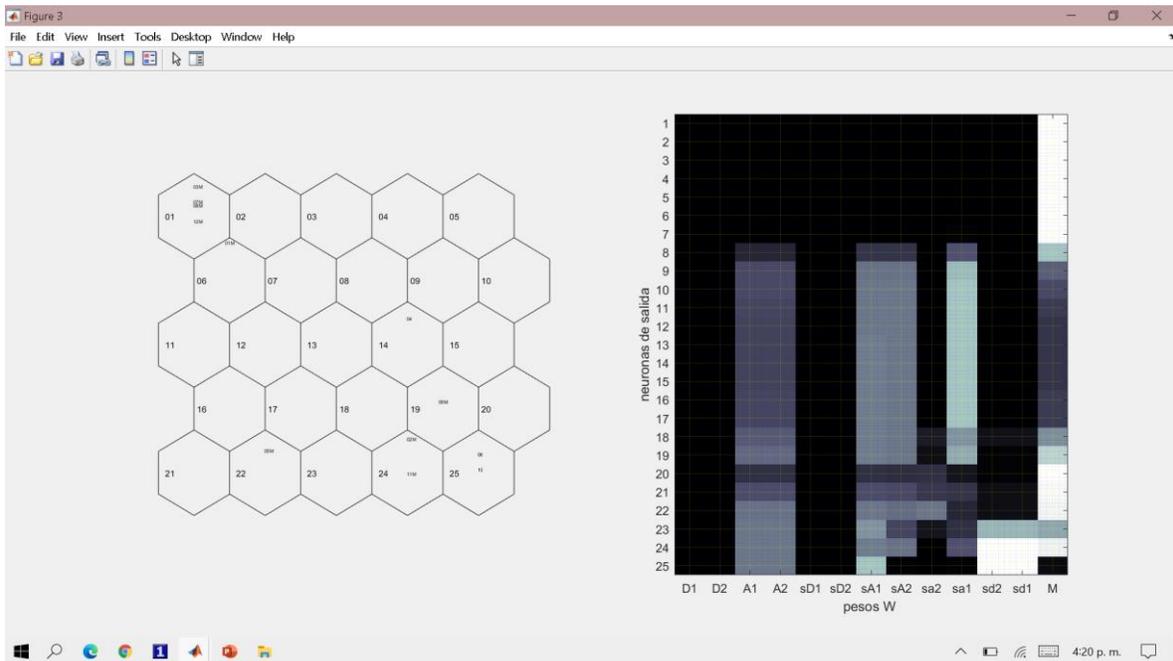
Resultados de las cortaduras SCAECH y de las trayectorias nodales 4D (gráficos 12):

Grafico12.1. "Figure 2" modelo girasol



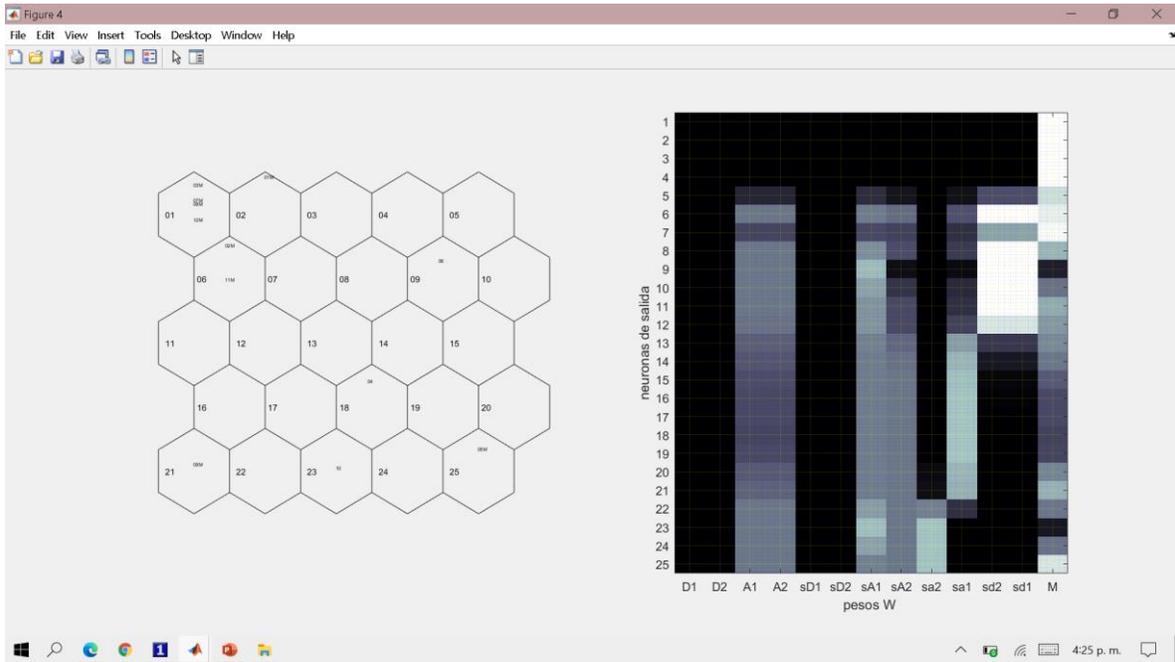
Fuente: Elaboración propia librería SCAECH 3

Grafico12.2. "Figure 3" modelo girasol



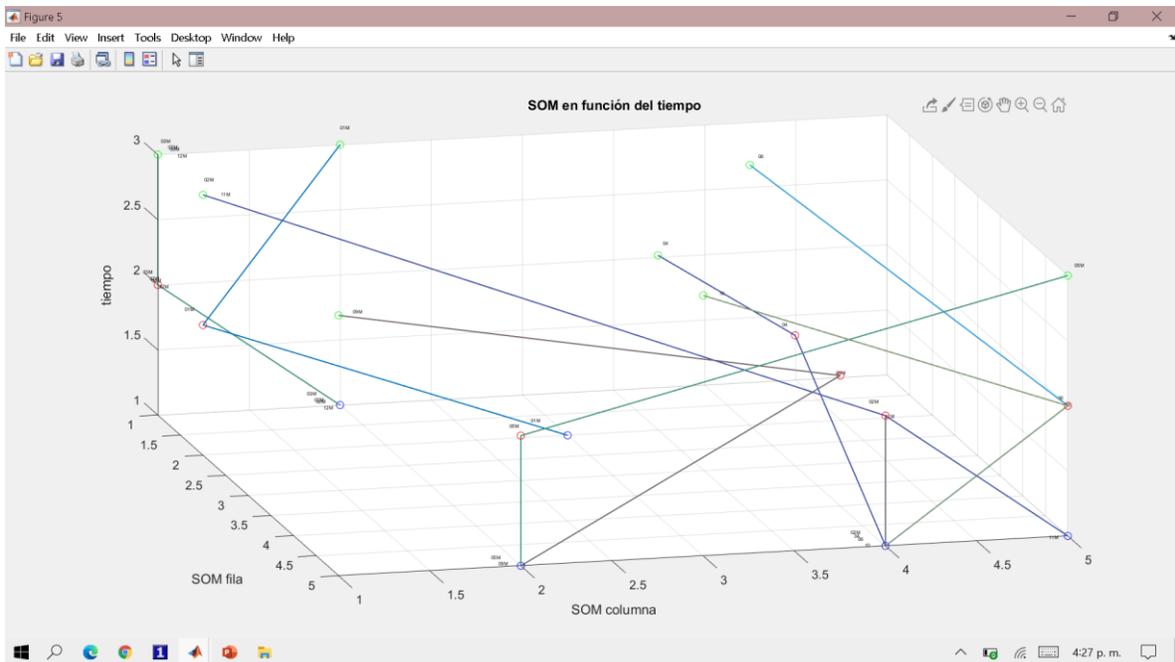
Fuente: elaboración propia SCAECH

Grafico12.3. “Figure 4” modelo girasol



Fuente: Elaboración propia librería SCAECH 3

Grafico12.4. “Figure 5” modelo girasol



Fuente: elaboración propia SCAECH

Los resultados en la cortadura 1 “Figure 2” (grafico 12.1) muestran que todos los estudiantes en el primer momento adoptan estrategias similares, esto se evidencia en la ubicación de estos dentro de la red neuronal, los estudiante 05 y 09 ubicados

en la neurona 22 muestran una significativa coherencia entre software y hardware y al parecer la forma en que deciden advertir el cambio de la posición del girasol es con dos salidas análogas que indicarían el movimiento en dos direcciones distintas, por su parte los estudiantes 02, 04, 06 y 10 ubicados en la neurona 24 tienen problemas de coherencia entre software/hardware de entradas pero utilizan una estrategia de salidas similar que indica la posición en base a salidas digitales, el estudiante 11 ubicado en la neurona 25 tiene mayor coherencia entre software y hardware por ello su modelo es exitoso y utiliza una estrategia de salidas similar a los estudiantes 02, 04, 06 y 10, es por ello que la agrupación es en neuronas cercanas.

Los resultados en la cortadura 2 “Figure 3” (grafico 12.2) muestran que el estudiante 04 ubicado en la neurona 14 opta por utilizar una salida análoga, posiblemente un servo que defina el cambio de posición del girasol, utiliza dos sensores análogos (al parecer de posición) y programa igualmente dos sensores análogos con problemas de coherencia de software/hardware de entradas, de manera similar lo hace el estudiante 09 ubicado en la neurona 19 que sigue una estrategia similar pero este último tiene menos problemas de coherencia entre software/hardware de entradas; el estudiante 05 ubicado en la neurona 22 actúa de forma similar utilizando una salida diferente pero igualmente análoga, los estudiantes 02 y 11 ubicados en la neurona 24 tienen una coherencia absoluta entre software y hardware de entrada, utiliza un servo y señales luminosas también para anunciar que el girasol cambia de posición, finalmente los estudiantes 06 y 10 ubicados en la neurona 25 utilizan salidas digitales para advertir cambio de posición del girasol pero en definitiva existen problemas de coherencia software/hardware de entradas.

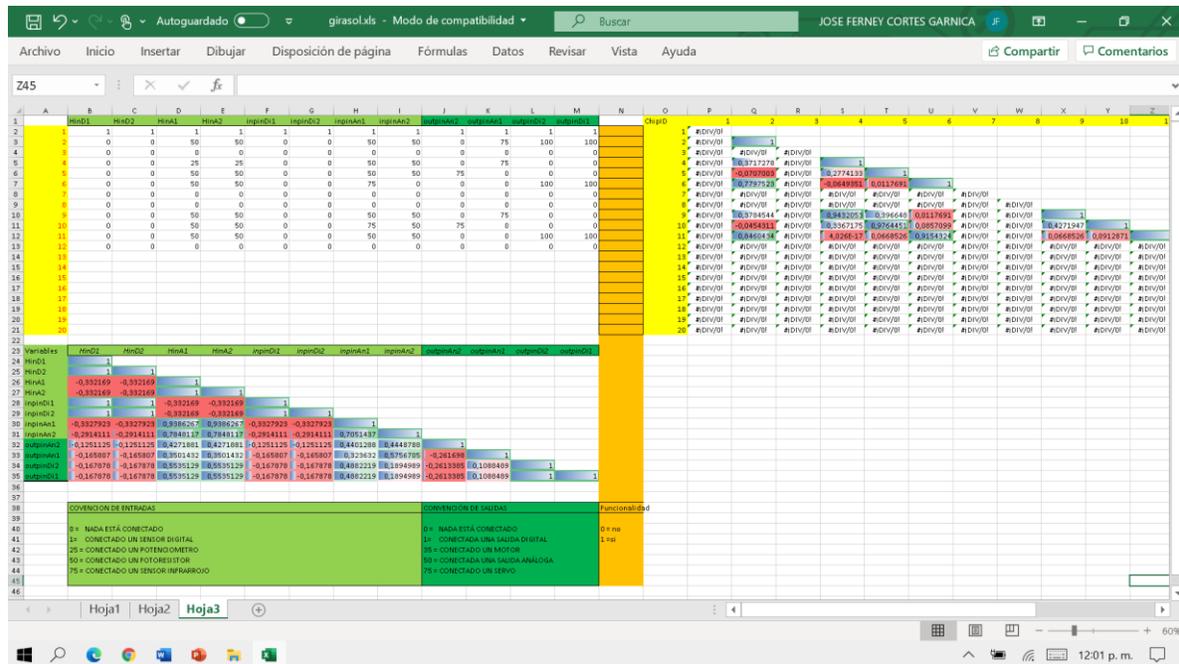
Los resultados en la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 12.3) muestran que todavía los estudiantes 02 y 11 ubicados en la neurona 06 tienen una coherencia absoluta entre software/hardware de entrada, utilizan un servo y señales luminosas también para anunciar que el girasol cambia de posición, el estudiante 06 ubicado en la neurona 09 sigue una estrategia similar a 02 y 11, por ello la cercanía neuronal, pero presenta todavía problemas profundos de coherencia software/hardware en entradas; la estrategia del estudiante 04 ubicado en la neurona 18 es muy diferente a la de los estudiantes anteriores en cuanto a salidas, al parecer utiliza un servo para cambiar posición del girasol, pero tiene algunos problemas de coherencia software/hardware en entradas; el estudiante 09 ubicado en la neurona 21 utiliza una estrategia similar que el sujeto 04, pero con menores problemas de coherencia software hardware en entradas; el estudiante 10 ubicado en la neurona 23 actúa de forma similar que los dos anteriores por ello la cercanía neuronal, pero tiene un inconveniente en coherencia hardware/software en entradas, finalmente el estudiante 05 ubicado en la neurona 25 utiliza una estrategia similar a los tres anteriores y por ello también su cercanía neuronal pero este presenta una mejora sustancial en coherencia software hardware que los tres anteriores.

La misma información es entregada por las trayectorias nodales 4D “Figure 5” (grafico 12.4).

4.3.2.1 PRUEBA DE VERIFICACIÓN DEL SCAECH: ANÁLISIS DE CORRELACION MÚLTIPLE DEL PROTOTIPO

Para comprobar los datos y el *kernel análisis* del SCAECH se procede a aplicar el instrumento 1 de control de procesamiento de datos haciendo un análisis de correlación múltiple por filas y por columnas de la **Matriz de cortadura 3** del localhost en Excel (figura 3) a partir de la matriz de la base de datos de MySQL mediante MATLAB en un momento 3 “Figure 4” (grafico 12.3).

Figura 15. análisis de correlación múltiple modelo Girasol



Fuente: Elaboración propia SCAECH

El análisis de correlación múltiple por filas debe encontrar coincidencias entre los diferentes ChipID en base a las m variables del vector de interacción del sujeto, se tomarán en cuenta principalmente coeficientes de correlación 1, para determinar nivel de coincidencia perfecto entre dinámicas de los ChipID.

Para el caso particular de este prototipo no se evidencia una correlación 1 entre los sujetos (ChipID) sin embargo teniendo en cuenta a “Figure 4” en la columna 2 con fila 11 se encuentra el índice de correlación de la columna 0,84 que no representa importancia pero en los resultados del agrupamiento de la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 12.3) en la red neuronal en la neurona 06 se agrupan los sujetos 02 y 11 esto debido a que el factor principal de agrupamiento es el nivel de coherencia software hardware en la entrada y su similaridad en estas variables, las variables relacionadas con salida son el componente siguiente de importancia de agrupamiento y se tiene en cuenta. De la misma forma sucede con la columna 4 con fila 9 del análisis de correlación por filas de la figura 15 con índice de 0,94 en

donde en el agrupamiento neuronal "Figure 4" (grafico 12.3) se hace en las neuronas 18 y 21 respectivamente.

También sucede con la columna 5 con fila 10 del análisis de correlación por filas de la figura 15 con índice de 0,97 en donde en el agrupamiento neuronal "Figure 4" (grafico 12.3) se hace en las neuronas 23 y 25 respectivamente. sucede con la columna 6 con fila 11 del análisis de correlación por filas de la figura 15 con índice de 0,91 en donde en el agrupamiento neuronal "Figure 4" (grafico 12.3) se hace en las neuronas 9 y 6 respectivamente.

El análisis de correlación múltiple por columnas debe encontrar coincidencias entre las diferentes variables de interacción del sujeto, se toman en cuenta únicamente coeficientes de correlación 1, para determinar nivel de coincidencia perfecto entre variables. Las variables con coeficientes de correlación 1 indican vectores de variables que no se utilizan en ningún experimento o también construcciones de modelos guiados por el tutor. Para el caso particular de este prototipo los niveles de correlación entre columnas son muy altos para HinD1, HinD2, inpinD2, outpinAn2, outpinAn1 que coinciden con las coloraciones negras por columnas en los resultados del agrupamiento de la cortadura 3 "Figure 4" (grafico 12.3).

4.3.2.2 PRUEBA DE VERIFICACIÓN DEL SCAECH: ANÁLISIS DEL VECTOR DE COHERENCIA DEL MODELO

Para el caso particular de esta construcción $M_f C V_m$. Se puede observar en la cortadura 3 "Figure 4" (grafico 12.3) que cada uno de los sujetos con la etiqueta M en la red neuronal se encuentran ubicados en las neuronas 06, 21 y 25, al observar la ventana "Figure 4" (grafico 12.3) y ubicar la fila de las neuronas 06, 21 y 25 se puede observar que la variable M de esas filas son no nulas, lo que verifica la relación de contenedencia.

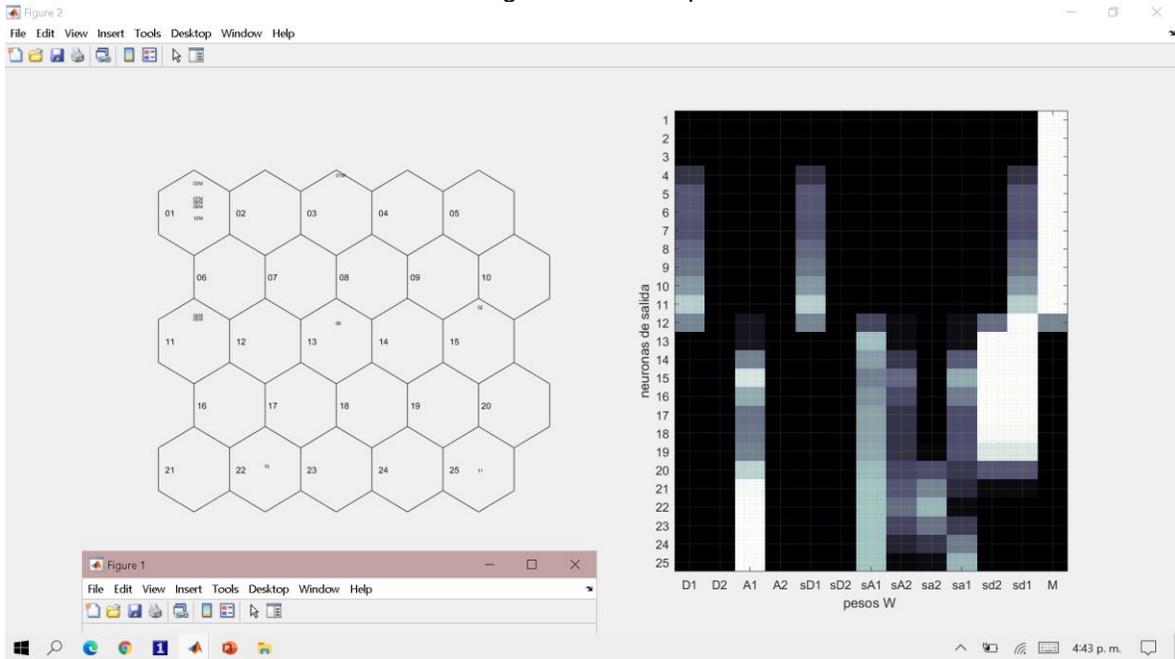
Para los sujetos ubicados en las neuronas 09, 18 y 23 no se cumple la relación de contenedencia.

Los sujetos con etiqueta M y ubicados en la neurona 01 y 02 presentan la misma contenedencia debido a que la coherencia de entradas Hardware/software es correcta debido a que no utilizan ningún tipo de hardware ni ningún tipo de software de control.

4.3.3 MODELO PLANTA CARNÍVORA

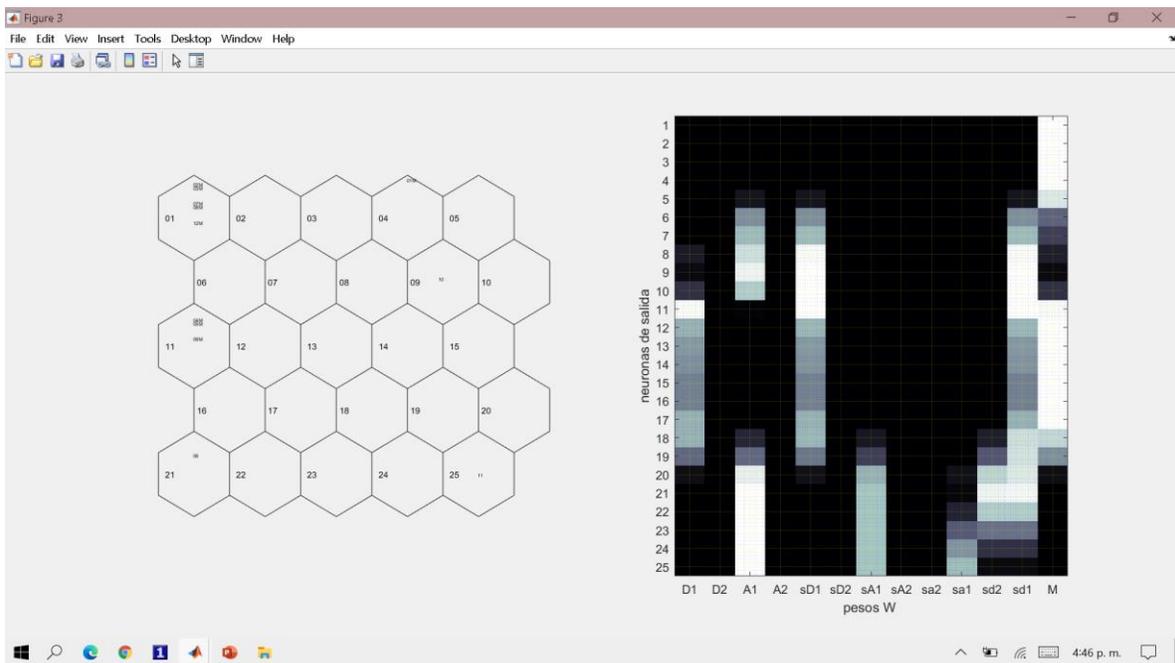
Resultados de las cortaduras SCAECH y de las trayectorias nodales 4D (gráficos 13):

Gráfico 13.1. “Figure 2” modelo planta carnívora



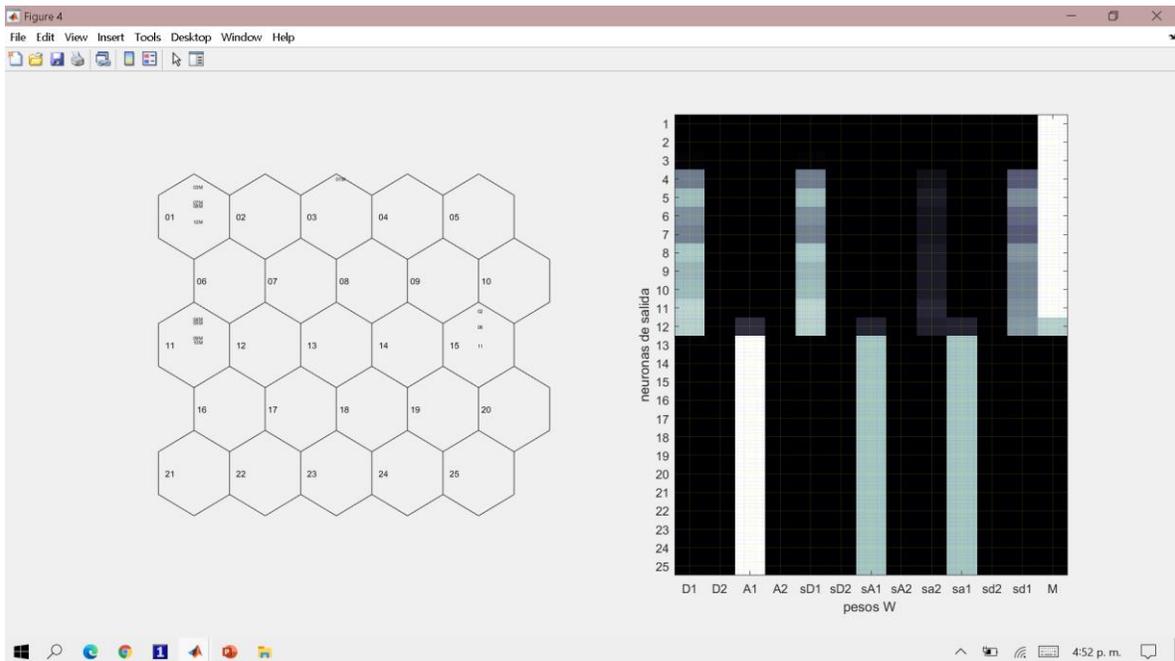
Fuente: Elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 13.2. “Figure 3” modelo planta carnívora



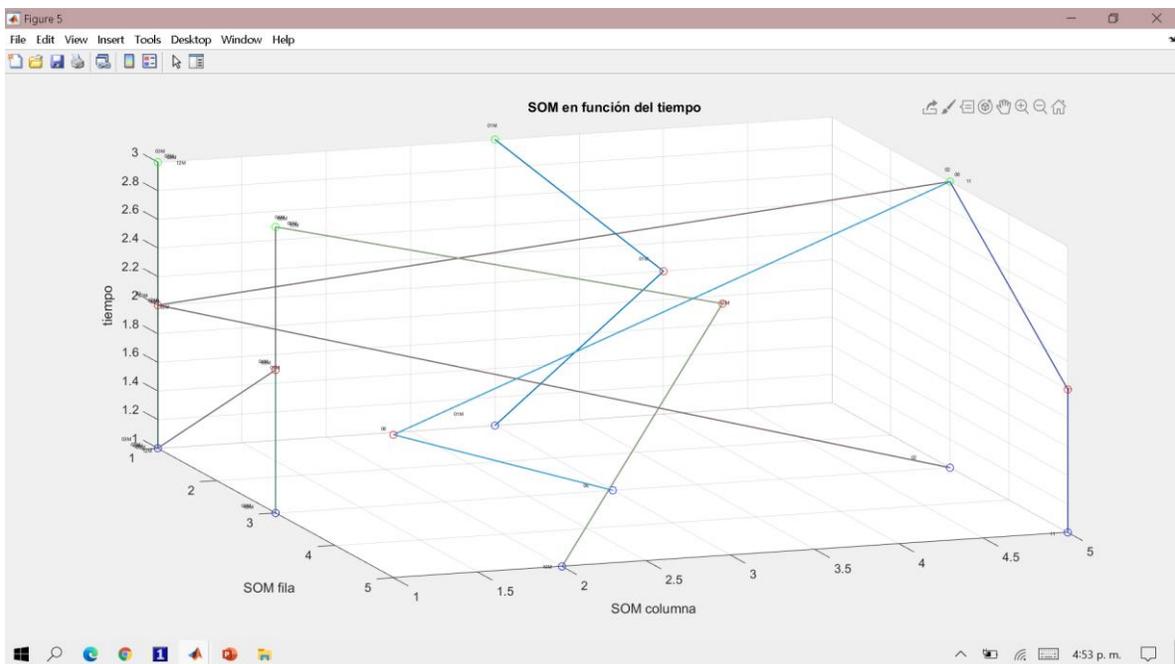
Fuente: elaboración propia SCAECH

Gráfico 13.3. “Figure 4” modelo planta carnívora



Fuente: Elaboración propia librería SCAECH 3

Gráfico 13.4. “Figure 5” modelo planta carnívora



Fuente: elaboración propia SCAECH

Los resultados en la cortadura 1 “Figure 2” (grafico 13.1) muestran que los estudiantes 04 y 05 ubicados en la neurona 11 de forma rápida utilizan un sensor de tacto en entradas digitales y una salida digital indicando el cierre de la planta; el

estudiante 06 ubicado en la neurona 13 tiene errores profundos de correspondencia software/hardware de entrada al no tener conectado ningún tipo de sensor; el estudiante 02 ubicado en la neurona 15 utiliza un sensor digital en una entrada análoga y tiene inconvenientes de correspondencia software hardware en entradas, en cuanto a salidas al parecer utiliza para abrir y cerrar la planta un servo y unos indicadores digitales; los estudiantes 10 y 11 ubicados en las neuronas 22 y 25 respectivamente al igual que el estudiante 02 utilizan un sensor digital en una entrada análoga y por ello y tienen inconvenientes de correspondencia software/hardware en entradas, el estudiante 10 además tiene otro inconveniente de coherencia programando una entrada para la cual no hay hardware conectado, los dos estudiante deciden utilizar en la salida un actuador análogo que al parecer es un servo que indicaría la apertura y cierre de la planta, es por ello que las neuronas son cercanas.

Los resultados en la cortadura 2 “Figure 3” (grafico 13.2) muestran un problema de coherencia software/hardware de entrada en el estudiante 10 ubicado en la neurona 09, en la salida el sujeto programa un actuador digital indicando cierre o apertura de la planta; los estudiantes 04 05 y 09 ubicados en la neurona 11 presentan correspondencia absoluta software hardware de entradas así como el empleo de un actuador digital; el estudiante 06 ubicado en la neurona 21 esta vez mejora la correspondencia software/ hardware de entrada, sin embargo está utilizando un sensor digital conectado a una entrada análoga, las salidas son dos indicadores digitales al parecer uno de apertura y uno de cierre de la planta; el estudiante 11 ubicado en la neurona 25 presenta una problemática similar de coherencia de entradas al estudiante 06, sin embargo como salida este último emplea una salida análoga relacionada con la implementación de un servo de apertura y cierre de la planta carnívora.

Los resultados en la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 13.3) muestran una polarización de la cortadura en dos modelos, una primer modelo construido por los estudiantes 04, 05,09 y10 ubicados en la neurona 11 presentan correspondencia absoluta software hardware de entradas así como el empleo de un actuador digital; un segundo modelo es construido por los estudiantes 02,06 y 11 ubicados en la neurona 15 con una mejora en la correspondencia software/hardware de entrada, sin embargo, están utilizando un sensor digital conectado a una entrada análoga, en cuanto a salidas al parecer en trabajo conjunto, como salida emplean una salida análoga relacionada con la implementación de un servo de apertura y cierre de la planta carnívora al parecer sugerido por el estudiante 11 quien utilizo en la cortadura 2 (grafico 13.2) esta estrategia.

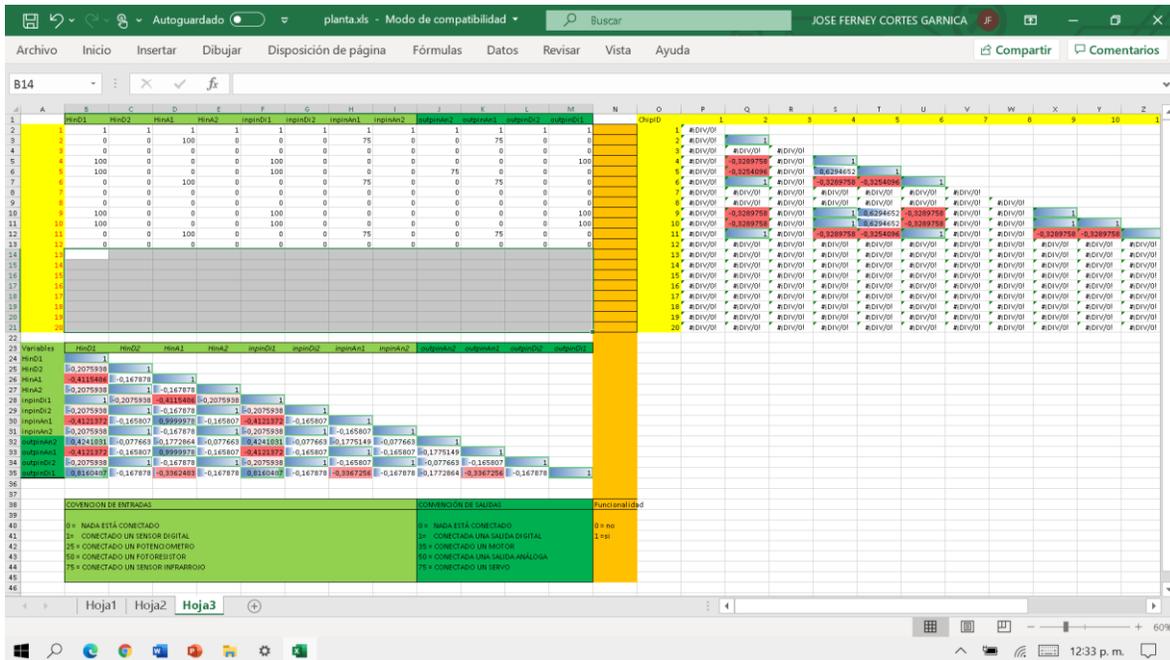
Al igual que en los modelos anteriores la misma información es entregada por las trayectorias nodales 4D en la ventana “figure 5” (grafico 13.4).

4.3.3.1 PRUEBA DE VERIFICACIÓN DEL SCAECH: ANÁLISIS DE CORRELACION MÚLTIPLE DEL PROTOTIPO

Para comprobar los datos y el *kernel análisis* del SCAECH se procede a aplicar el instrumento 1 de control de procesamiento de datos haciendo un análisis de

correlación múltiple por filas y por columnas de la **Matriz de cortadura 3** del localhost en Excel (figura 3) a partir de la matriz de la base de datos de MySQL mediante MATLAB en un momento 3.

Figura 16. Análisis de correlación múltiple modelo planta carnívora.



Fuente: elaboración propia SCAECH

El análisis de correlación múltiple por filas debe encontrar coincidencias entre los diferentes ChipID en base a las m variables del vector de interacción del sujeto, se tomarán en cuenta únicamente coeficientes de correlación 1, para determinar nivel de coincidencia perfecto entre dinámicas de los ChipID. Para el caso particular de este prototipo se evidencia una correlación 1 entre la columna 2 con las filas 6 y 11 que corresponde a los resultados del agrupamiento de la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 13.3) en la red neuronal (neurona 15); se evidencia una correlación 1 entre la columna 4 con las filas 9 y 10 que corresponde a los resultados del agrupamiento de la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 13.3) en la red neuronal (neurona 11), sin embargo “Figure 4” teniendo en cuenta la coherencias software/hardware entradas conlleva a que el sujeto 05 también se clasifique en la neurona 11 de la cortadura “Figure 4” (grafico 13.3), esto se debe a que el factor principal de agrupamiento es el nivel de coherencia software hardware en la entrada y su similitud en estas variables es total, las variables relacionadas con salida son el componente siguiente de importancia de agrupamiento.

El análisis de correlación múltiple por columnas debe encontrar coincidencias entre las diferentes variables de interacción de todos los sujetos, se tomarán en cuenta principalmente coeficientes de correlación 1, para determinar nivel de coincidencia perfecto entre variables. Las variables con coeficientes de correlación 1 Para la columna 1 (HinD1) son las filas: ipinD1 mostrando que para todos los sujetos del

entorno en la construcción de este modelo hay una correspondencia perfecta entre software y hardware de entrada digital 1; Las variables con coeficientes de correlación 1 Para la columna 2 (HinD2) son las filas: HinA2, inpinD2, inpinAn2, outpinDi2, es decir todas las variables que no fueron utilizadas por los sujetos lo que corresponde con las coloraciones negras por columnas en los resultados del agrupamientos de la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 13.3) para este modelo.

4.3.3.2 PRUEBA DE VERIFICACIÓN DEL SCAECH: ANÁLISIS DEL CONJUNTO DE COHERENCIA DEL MODELO

Para el caso particular de esta construcción $M_f C V_m$. Se puede observar en la cortadura 3 “Figure 4” (grafico 13.3) que cada uno de los sujetos con la etiqueta M en la red neuronal se encuentran ubicados en la neurona 11, al observar el grafico 2 de la misma ventana “Figure 4” (grafico 13.3) y ubicar la fila de la neurona 11 se puede observar que la variable M de esas filas son no nulas, lo que verifica la relación de contención.

Para los sujetos ubicados en la neurona 15, no se cumple la relación de contención.

Los sujetos con etiqueta M y ubicados en la neurona 01 y 03 presentan la misma contención debido a que la coherencia de entradas Hardware/software es correcta debido a que no utilizan ningún tipo de hardware ni ningún tipo de software de control.

4.4. GENERALIZACIÓN: INTERPRETACIÓN HOMOLÓGICA DE LOS RESULTADOS DE LOS MAPAS DE CARACTERIZACIÓN DEL APRENDIZAJE

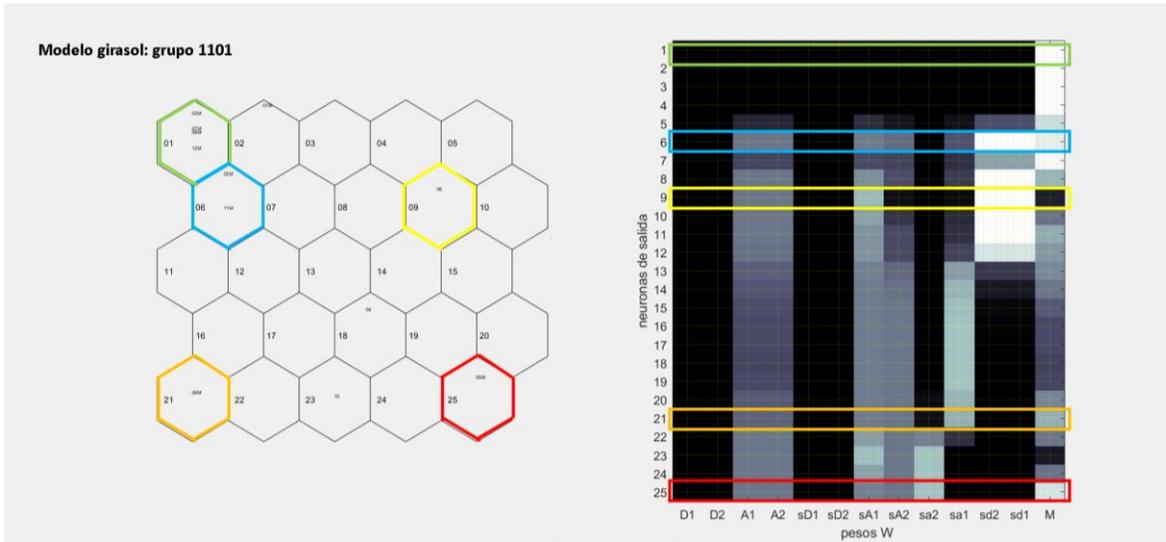
Cada n-cortadura -“figure 2”, “figure 3”, “figure 4”,- del SCAECH como se observó en los numerales 4.2 y 4.3 establece una clasificación del trabajo de los individuos (grafico 14) de acuerdo con la utilización de los recursos físicos, recursos virtuales, interacción entre recursos físicos y virtuales además de los tiempos de desarrollo en las construcciones de las simulaciones y los modelos en los entornos constructoristas.

La clasificación posicional de los individuos en la red neuronal -subrayados de colores grafico 14- es determinada por los valores de los pesos sinápticos de la red neuronal que establece un mapeo vía invariantes que proviene de la información contenida en la base de datos MySQL, por tal motivo se puede establecer una “cercanía” o vecindad entre el trabajo de los individuos haciendo una abstracción dado que se produce una comprensión por parte del SOM de la información y se preservan las relaciones de vecindad de los datos con un mapeo no lineal ordenado y suavizado de los conjuntos de datos de entrada.

Se concluye que una dinámica de trabajo en la construcción de un modelo en un entorno constructorista mediado por el SCAECH es “igual” si los sujetos en las n-cortaduras se clasifican en la misma neurona de la red neuronal (Gráfico 14.1).

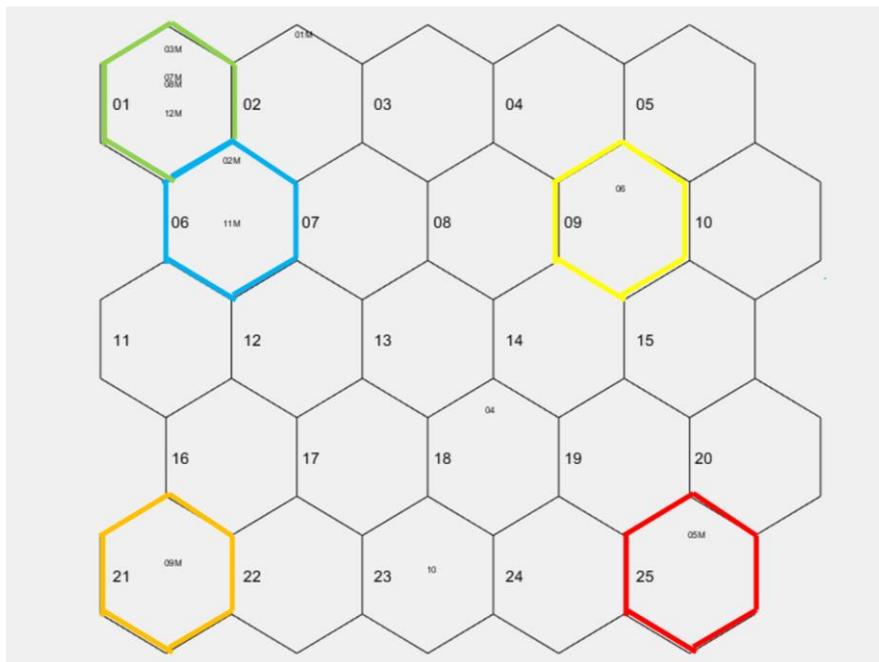
Una dinámica de trabajo se considera “similar” si los sujetos están representados en neuronas cercanas de la red neuronal en las n-cortaduras del SCAECH; una dinámica de construcción de un modelo es “diferente” si los sujetos están representados en neuronas lejanas de la red neuronal en las n cortaduras del SCAECH (Gráfico 14.1).

Gráfico 14. Clasificación del trabajo de los individuos en un entorno constructorista



Fuente: elaboración propia del SCAECH

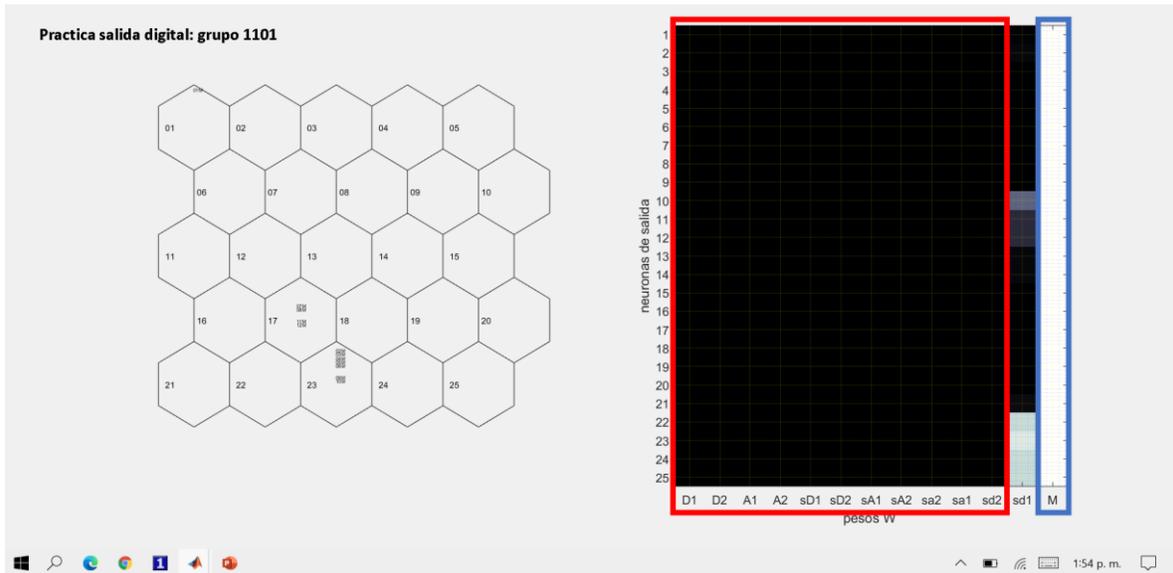
Gráfico 14.1. Clasificación del trabajo de los individuos en la red neuronal



Fuente: elaboración propia del SCAECH

De igual manera se pueden identificar los invariantes en las diferentes prácticas de simulación y modelamiento con el SCAECH en función de los recursos utilizados por los sujetos (grafico 15) lo que permite hacer un seguimiento detallado del trabajo en el entorno constructorista estableciendo una relación entre recursos/prácticas

Gráfico 15. Invariantes practica salida digital



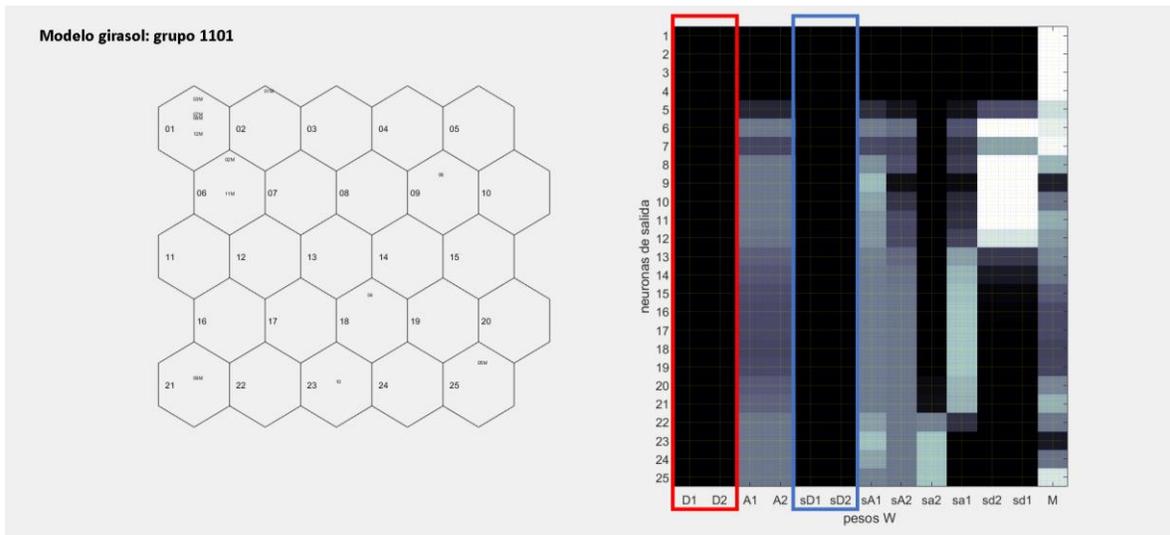
Fuente: elaboración propia del SCAECH

En el caso del gráfico 15 se puede ver que para la práctica guiada “salida digital” mapeada en el grupo de individuos los grupos de invariantes son D1, D2, A1, A2, sD1, sD2, sA1, sA2, sa1, sd2 representados en rojo y M representado en color azul. En el mapeo de esta práctica los invariantes reafirman la precisión de la dinámica del trabajo de los sujetos en el entorno constructorista que consiste únicamente en el manejo de la salida digital 1 -sd1-, el observador externo puede inferir del invariante en azul que la coherencia entre software-hardware es la óptima para esta práctica, tal vez debida a su naturaleza guiada.

Los invariantes permiten evidenciar si un experimento es asumido de manera correcta por un grupo de individuos en un entorno constructorista; para el caso del Gráfico 16 la n-cortadura permite ver que en el entorno el modelo girasol en un grupo determinado no se concibe un modelado en base a sensores digitales. El observador externo podría inferir que la aproximación del modelo de actuación de este fenómeno que todos los sujetos en el entorno tienen es más aproximada a la realidad.

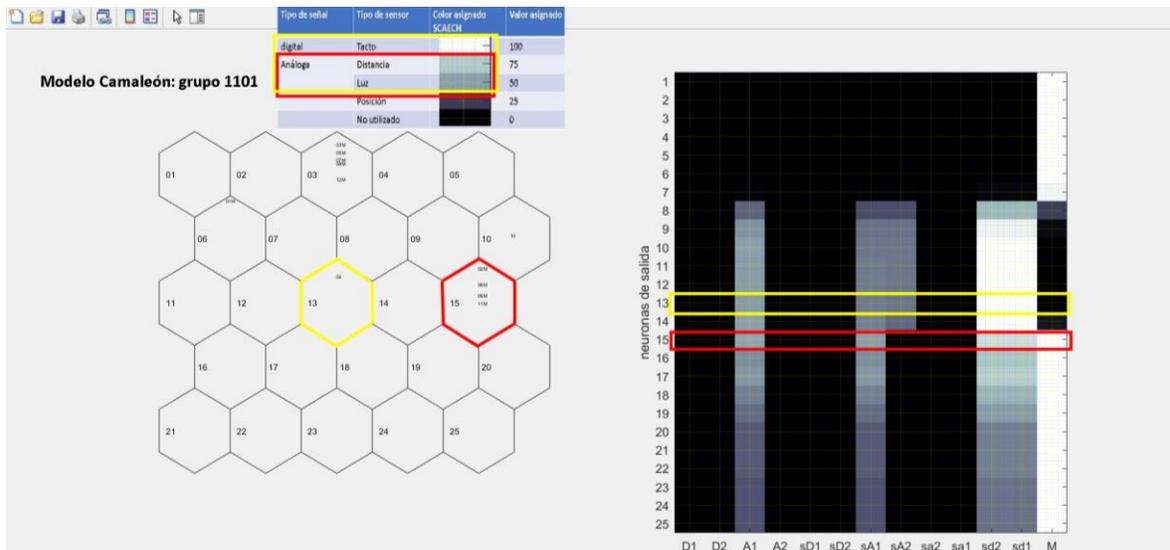
Los mapas de n-cortaduras permiten evidenciar al observador externo las agrupaciones en la actuación de los sujetos de acuerdo con los tipos de sensores actuadores en comparación con sus compañeros y de esta forma conocer el detalle de la construcción de modelos y su coherencia (grafico 17).

Gráfico 16. Invariantes modelo Girasol



Fuente: elaboración propia del SCAECH

Gráfico 17. Recursos modelo camaleón



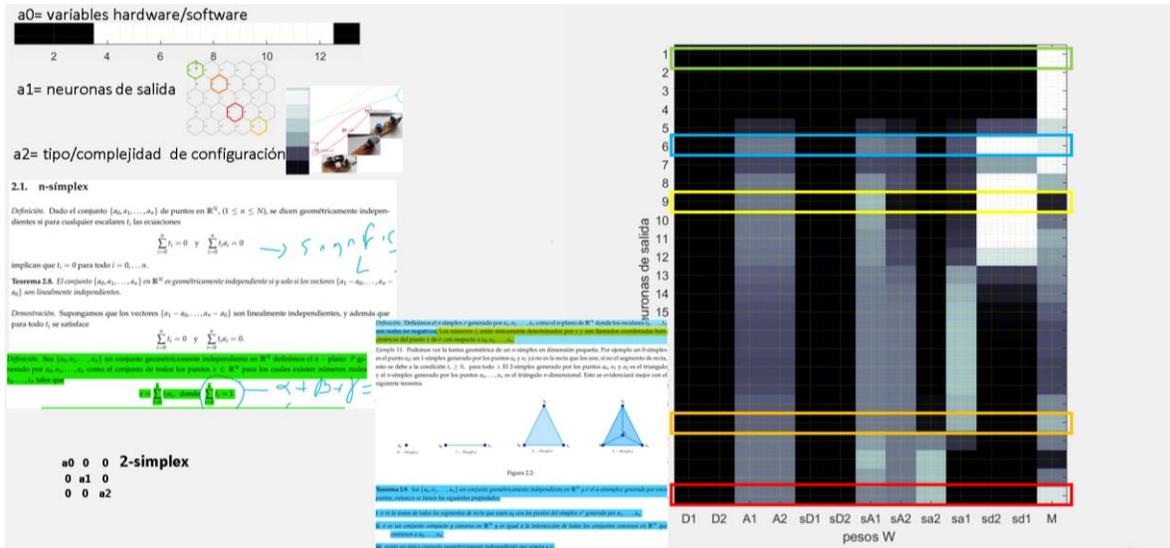
Fuente: elaboración propia del SCAECH

Cada color en el mapa de n-cortaduras -grafico 17- junto con los invariantes en función de las variables de entrada -gráficos 15 y16- y las posiciones en la red neuronal -gráficos 14 y 14.1- determinan un conjunto de coordenadas linealmente independientes en el SCAECH que pueden representarse de forma matricial mediante:

$$\begin{bmatrix} a0 & 0 & 0 \\ 0 & a1 & 0 \\ 0 & 0 & a2 \end{bmatrix}$$

Si su representación se hace mediante coordenadas baricéntricas entonces se puede hacer una representación mediante 2-simplex (gráfico 18).

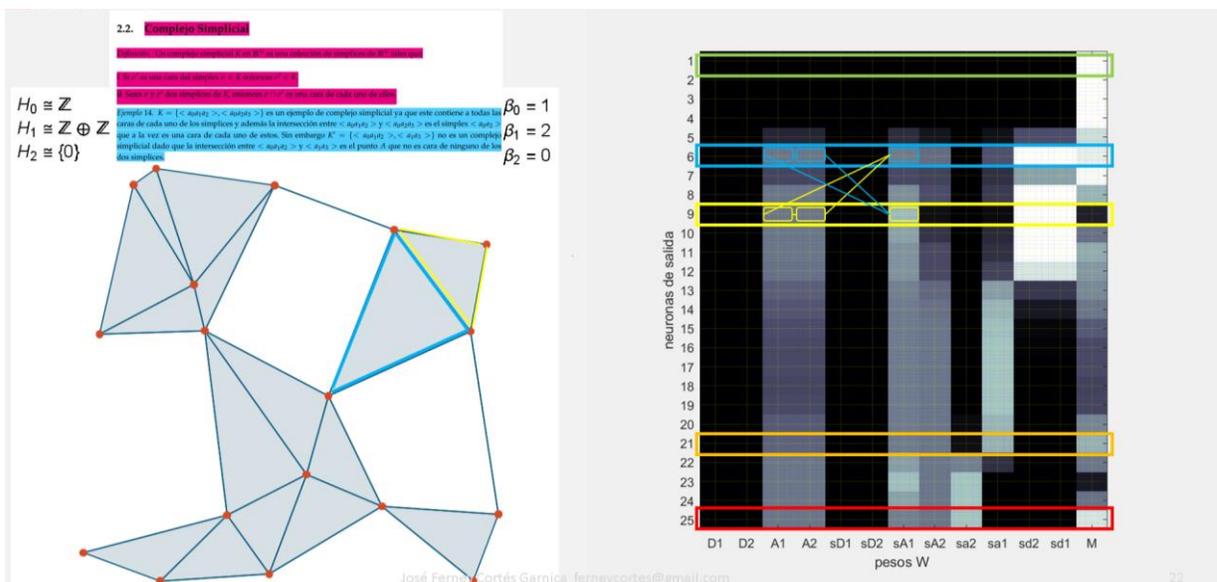
Gráfico 18. 2-simplex



Fuente: elaboración propia del SCAECH

Cada punto del mapa de n-cortaduras es determinado por tres coordenadas linealmente independientes, sin embargo, cada punto puede tener una o dos componentes en común que determinan vértices comunes de 2-simplex que en conjunto pueden determinar un conjunto de 2-simplex llamado conjunto simplicial SCAECH -grafico 19 imagen derecha-.

Gráfico 19. Complejo simplicial SCAECH



Fuente: elaboración propia del SCAECH

Un complejo simplicial es una colección de n -simplices con un conjunto de condiciones; según Vargas (2017):

Un complejo simplicial K en \mathbb{R}^N es una colección de simplices de \mathbb{R}^N tales que:

- i) Si σ' es una cara del simplex $\sigma \in K$ entonces $\sigma_0 \in K$.
- ii) Sean σ y σ' dos simplices de K , entonces $\sigma \cap \sigma'$ es una cara de cada uno de ellos.

En topología algebraica un complejo simplicial es una estructura algebraica que a partir de grupos puede describir la forma de un espacio topológico con la obtención de agujeros en dimensión n a partir de los grupos de homología; para el propósito de esta investigación la representación mediante complejos simpliciales que es una colección de 2-simplex, en este caso triángulos -figuras en amarillo y azul gráfico 19-, se puede inferir del cubrimiento del mapa de n -cortaduras, lo que resulta en el cubrimiento del espacio obtenido por las interacciones de los sujetos en el entorno constructorista mediado por actividades de modelado y simulación.

Los grupos de Homología H_0 , H_1 y H_2 -gráfico 19- que evidencian los agujeros de dimensión 0, 1 y 2 en esta investigación no se establecieron como prioridad, por tanto, hacen parte del punto de partida para una segunda investigación donde los resultados desde la topología algebraica serán obtenidos y contrastados en los entornos constructoristas para determinar el significado de los grupos de homología H_0 , H_1 y H_2 en entornos constructoristas mediados por el modelado y la simulación escolar.

4.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Retomando la afirmación de Maldonado (2014): *el aula es el laboratorio de la educación una idea que no tiene nada novedoso, sin embargo de lo que se trata es de entender la manera como sucede la producción de conocimiento en su primera forma*; por otro lado establece Falbel (1993): *mientras los niños construyen cosas en el mundo externo simultáneamente construyen conocimiento al interior de sus mentes*, se estableció un paralelismo entre entender la producción de conocimiento desde su primera forma a través de la acción en el mundo externo primeramente en entornos constructoristas en aula.

Captar la acción en entornos constructoristas de forma óptima se convirtió en la estrategia elegida para obtener la información relacionada con el conocimiento y el aprendizaje de los individuos que interactúan en el entorno, por lo que se utilizaron las analíticas de aprendizaje con el propósito de Long y Siemens (2011): *“la medición, recolección, análisis y presentación de datos sobre los alumnos y sus contextos, con el propósito de comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los que se produce”*.

En cuanto a utilización de las analíticas se estableció una estructura similar de trabajo a la descrita por Amo et al. (2018) en su propuesta: Learning Analytics to Assess Students' Behavior With Scratch Through Clickstream, utilizaron el click stream estableciendo una relación de clics en diferentes partes de la página web como datos de entrada, una herramienta analítica y una de visualización, con ello los autores afirman que se puede tener idea del comportamiento de los visitantes; paralelamente en esta investigación la estructura es similar: se toman los datos de los sujetos de los conjuntos CAECH(anexo 4), la herramienta analítica es el Kernel Análisis del SCAECH basada en redes SOM y la visualización se hace mediante la agrupación de individuos en diversas neuronas de una red en n-cortaduras y un diagrama nodal 4D, con ello esta investigación evidenció que se puede tener una caracterización del aprendizaje -acción- de los individuos en un entorno constructorista.

Por otro lado, SOM ya se han utilizado antes en el ámbito escolar, específicamente por Zatarain y Barrón (2010) para la identificación de los estilos de aprendizaje a nivel preparatoria; las redes SOM fueron previamente entrenadas con información relacionada de los estilos para un posterior trabajo de clasificación en tiempo real de individuos según el entrenamiento de la red.

Para el caso de esta investigación, el entrenamiento de la red se hace con datos en tiempo real para lograr una autoorganización de acuerdo a las dinámicas de la acción de los individuos en el entorno constructorista, la etapa posterior de clasificación no es necesaria debido a que esta depende de la simulación o modelo construido en el aula, precisamente las dos investigaciones difieren en la fuentes de datos, mientras Zatarain y Barrón(2010) obtienen estos de la interacción directa en/con la computadora -al igual que lo hacía Papert en su momento-, esta investigación amplía el campo de las analíticas de aprendizaje a la interacción del sujeto en el mundo físico, el virtual y su dualidad sin intermediación de un observador/investigador a través de las tecnologías IoT, planteando una alternativa ante la problemática que exponen Kruse y Pongsajapan (2016) relacionada con la exclusividad a la interacción virtual de las analíticas de aprendizaje.

Frente a los apartes anteriores los análisis de correlación múltiple de esta investigación en diferentes momentos mostraron que es posible captar la acción de un entorno constructorista vía analíticas de aprendizaje con la suficiente fidelidad para captar la dinámica de la acción 4D en tiempo real y con la suficiente cantidad de datos que permiten una radiografía en detalle de la construcción de conocimiento y los procesos colaborativos de aprendizaje inmersos en el marco referencial constructorista, constituyendo una ventaja frente a las limitantes de los sistemas adaptativos que expone el observatorio de innovación educativa del tecnológico de Monterrey (2014) en relación a la ausencia de procesos colaborativos de aprendizaje de estos sistemas.

Papert, originó el constructorismo con la captación de la acción mediante la interacción con la computadora a través de Logo, junto a Falbel con la acción en el mundo físico, esta investigación amplió la propuesta a la captación mediante la computadora, los dispositivos físicos con los que el sujeto interactúa y con la acción

de la interrelación software-hardware de los anteriores; el valor agregado de esta investigación, además del desarrollo de un material propio de trabajo, se encuentra en el mapeo en tiempo real de las estructuras de conocimiento de Falbel (1993) y Vicario (2009) que ocurren mientras los sujetos construyen en un entorno constructorista.

Finalmente, esta investigación a raíz de los resultados que se obtuvieron en su implementación y teniendo en cuenta su coherencia con los planteamientos constructoristas, propone y deja abierta la posibilidad al maestro de utilizar el SCAECH como herramienta de evaluación del aprendizaje en entornos constructoristas en el aula.

“La diferencia entre el seguimiento de un docente y las analíticas del aprendizaje es que estas últimas dotan de capacidad para observar y dar soporte a nivel global en una clase. En cambio, la capacidad observar del profesor solo le permite centrarse en un alumno a la vez” (Amo y Santiago 2017).

Las analíticas de aprendizaje captadas y analizadas por el SCAECH permitieron visualizar parámetros que pueden ser tenidos en cuenta en la elaboración de estructuras de conocimiento en entornos constructoristas en relación con actividades de modelado y simulación escolar. Por otro lado, Las n-cortaduras y el gráfico 4D que se obtienen del SCAECH permiten reconstruir el trabajo del estudiante en actividades de modelado y simulación de forma detallada teniendo en cuenta tiempos, recursos actividades y espacios. Además, el SCAECH permite Identificar rasgos comunes, regularidades, correlaciones o categorías en los datos obtenidos en un entorno constructorista como se pudo ver a partir de los invariantes -gráficos 15 y16- identificados en los mapas, al final se puede afirmar que el SCAECH Caracteriza el aprendizaje de los estudiantes de la educación media en un entorno constructorista vía homología mediado por actividades de modelado y simulación escolar.

Volviendo a Papert Según Noss y Hoyles (2019):

“Logo evolucionó, el espacio digital de su entorno también evolucionó en tándem ... Adicionalmente, la teoría del constructorismo ha adquirido más forma y detalle, inspirando a diseñadores a construir otras tecnologías que apoyan sus objetivos fundamentales: Boxer, Scratch,⁵ NetLogo,⁶ ToonTalk,⁷ y más recientemente hardware que finalmente ha llegado a ser omnipresente como el Raspberry Pi y el BBC Micro:bit”.

Al respecto, en esta investigación se considera que los conjuntos CAECH no solo son parte de estas nuevas tecnologías que apoyan la teoría constructorista y que puede ser omnipresentes como las que allí se mencionan, sino que el SCAECH en conjunto puede ser el siguiente paso tecnológico al poder hacer un primer mapeo del paralelismo que según Noss y Hoyles (2019) Papert se esforzó por resaltar.

En prospectiva, los resultados desde la topología algebraica obtenidos y contrastados en los entornos constructoristas para determinar el significado de los grupos de homología H_0 , H_1 y H_2 en entornos constructoristas mediados por el modelado y la simulación escolar pueden convertirse en el futuro en cuanto al

modelamiento del aprendizaje en entornos construccionistas a partir del paralelismo entre espacios topológicos y grupos a través del funtor de homología H , lo que puede convertirse en la versión 2 del SCAECH, ésta vez en evaluación en entornos construccionistas a partir de modelos homológicos.

CONCLUSIONES

El SCAECH caracteriza las estructuras del aprendizaje de los individuos en un entorno constructorista.

Se puede reconstruir la dinámica de construcción de un modelo en un entorno constructorista mediado por el SCAECH a partir de los resultados de las n cortaduras y el mapa de nodos 4D del SCAECH.

Una dinámica de trabajo en la construcción de un modelo en un entorno constructorista mediado por el SCAECH se considera igual si los sujetos se clasifican en las n-cortaduras en la misma neurona; una dinámica de trabajo se considera similar si los sujetos están representados en neuronas cercanas de la red neuronal de las n-cortaduras del SCAECH; una dinámica de construcción de un modelo es diferente si los sujetos están representados en neuronas lejanas de la red neuronal de las n cortaduras del SCAECH.

La lectura de la dinámica del aprendizaje en un entorno constructorista es más fácil de leer si se utilizan los resultados de las n-cortaduras y el mapa de trayectorias de cortaduras 4D del SCAECH en comparación con un análisis parcial de correlación múltiple por filas y columnas tradicional, en perspectiva si las matrices contienen más filas y columnas el resultado por correlación múltiple se vuelve más engorroso de leer.

En el SCAECH se puede dar un nivel de importancia mayor a unas variables más que a otras y los resultados de la caracterización tendrán en cuenta estos niveles, en contraste es más complejo ver estos niveles en un análisis de correlación múltiple a l no ser que se sumen datos repetitivos que enfatizan en esta importancia, lo que representaría la inserción de datos linealmente dependientes.

El sistema SCAECH es una alternativa viable para trabajar en el aula modelamiento y simulación en condiciones de pandemia como la ocasionada por el SARS-COV 2, ya que puede restringirse el contacto entre individuos sin que afecte los procesos de documentación para establecer un proceso de evaluación en el aula en tiempo real sin contacto cercano entre el evaluador y los individuos.

Para utilizar el SCAECH por parte de los individuos inmersos en el entorno constructorista no se requiere de tener conocimientos previos en electrónica, electricidad o robótica, lo que amplía su espectro de aplicación a diversas áreas, poblaciones y niveles de la educación básica o media.

El sistema SCAECH se puede utilizar en entornos en los cuales los individuos no han tenido un contacto previo con software o hardware relacionado con automatización y robótica escolar.

El sistema funciona estableciendo una zona WIFI, sin embargo, para su funcionamiento no se necesita una conexión a internet lo que facilita su utilización en diferentes espacios físicos.

RECOMENDACIONES

Utilizar el sistema SCAECH para trabajar modelamiento y simulación en el aula en condiciones de pandemia como la ocasionada por el SARS-COV 2.

Utilizar el sistema SCAECH como instrumento de evaluación en entornos construccionistas en actividades de modelamiento y simulación en el aula.

Se recomienda continuar con la investigación de SCAECH para establecer un funtor entre la categoría de entornos construccionistas definidos como espacios topológicos y la categoría de grupos abelianos a través del funtor H de Homología.

Se recomienda utilizar Access Point con zonas wifi-móviles más grandes de tal forma que se puedan utilizar más conjuntos CAECH y de esta forma caracterizar entornos construccionistas más complejos y evidenciar la potencia de los mapas de cortaduras.

Se recomienda ampliar la plataforma CAECH utilizando multiplexación de la entrada análoga de la NodeMCU con el circuito CD4051 BE de tal forma que permita la captación de mayor cantidad de información de hardware y reducir el precio de elaboración de los conjuntos CAECH, de tal forma que enriquezca la actividad de analíticas de aprendizaje en el aula.

Utilizar el sistema SCAECH como instrumento de evaluación en entornos construccionistas en actividades de modelamiento y simulación en el aula con estudiantes con necesidades educativas especiales y de esta forma obtener el mapeo de las actividades de aprendizaje para contrastar con los mapeos de los estudiantes regulares y establecer posibles puntos de partida para futuras actualizaciones del SCAECH.

Utilizar Tensor Flow en Python en el Kernel Análisis del SCAECH para potenciar el poder de caracterización del SCAECH.

OTROS HALLAZGOS

Cada una de las n -cortaduras se pueden representar con un complejo simplicial conformado por 2-simplices lo que conlleva a establecer un funtor entre la categoría de entornos construccionistas definidos como espacios topológicos y la categoría de grupos abelianos a través del funtor H de Homología (ver anexo grupos para homología), los agujeros de dimensión n deben caracterizar el espacio topológico a través de los grupos libres.

El aprendizaje en un entorno construccionista se puede caracterizar a través de los agujeros de dimensión n que se obtienen a través de los grupos de homología H , queda por definir el significado de los agujeros en la dinámica de los entornos.

El circuito integrado circuito CD4051 BE en la entrada análoga de la NodeMCU permite ampliar la capacidad de los conjuntos CAECH y aplicar detecciones de coherencia en salidas, potenciando la capacidad de las analíticas de aprendizaje y reduciendo costos de construcción del sistema SCAECH.

Dentro del marco del desarrollo de la propuesta SCAECH el desarrollo abre a la posibilidad indagar frente al modelamiento del aprendizaje en diferentes estructuras pedagógicas.

El SCAECH puede ser considerado un SMAECH, un Sistema de Modelado del Aprendizaje en Entornos Construccionistas vía Homología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Ackermann, E. (2011). Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference? Estados Unidos: Massachusetts Institute of Technology. Recuperado en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/134557/Modelos%20de%20redes%20neuronales%20aplicado%20en%20la%20predicci%C3%B3n%20del%20signo%20de%20los%20fondos%20de%20AFP%20Cuprum.pdf?sequence=1> (08/01/2019).
- Alarcón, M. (2014): Modelos de redes neuronales aplicado en la predicción del signo de los fondos DE AFP CUPRUM. Chile: Universidad de Chile. Recuperado en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/134557/Modelos%20de%20redes%20neuronales%20aplicado%20en%20la%20predicci%C3%B3n%20del%20signo%20de%20los%20fondos%20de%20AFP%20Cuprum.pdf?sequence=1> (08/01/2019).
- Almache, J. (2013). Lógica clásica y lógica difusa: Facetas que las caracterizan. Ecuador: Universidad de Cuenca. Recuperado en: http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27669/1/Estoa2_10.pdf (08/01/2019).
- Alvarez, V., Zayas, B., Zárate, V., y Ramirez, J. (2007). Current Trends in Adaptive User Interfaces: Challenges and Applications. México: CERMA. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/4284644_Current_Trends_in_Adaptive_User_Interfaces_Challenges_and_Applications (18/08/2019).
- Amo, D. (2018). Learning Analytics to Assess Students' Behavior with Scratch Through Clickstream. España: Learning Analytics Summer Institute. Recuperado en: <http://ceur-ws.org/Vol-2188/Paper8.pdf> (20/08/2019).
- Amo, D., y Santiago, R. (2017). Learning Analytics: la narración del aprendizaje a través de los datos. España: Editorial UOC.
- Andrade, H., Navas, X., Maestre, G., y Lopez, G. (2014). El modelado y la simulación en la escuela. De preescolar a undécimo grado. Construyendo explicaciones científicas. Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Aparicio, O. y Ostos, O. (2018). El constructivismo y el construccionismo. Colombia: Universidad Santo Tomás. Recuperado en: <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/riiep/article/viewFile/4777/4524> (04/08/2019).
- Arango, R., Navarro, A., y Padilla, J. (2014). Sistemas Open Hardware y Open Source aplicados a la enseñanza de la electrónica. Colombia: Revista de

investigaciones Universidad del Quindío. Recuperado en: http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/adjuntos/pdf/220b_ID14.pdf (08/01/2019).

Araujo, E., Cortés, J., Peña, H. (2016). Modelado y simulación M(H) en la educación media. Colombia: Universidad Autónoma de Colombia. Recuperado en: <https://drive.google.com/open?id=0B79xC6yDW2aAcHJmVGh0bk1OLWM> (08/01/2019).

Arboleda, A. (2016). La escuela pajo los preceptos de la teoría del caos: Incertidumbre, Caos, Complejidad, lógica difusa y bioaprendizajes. Colombia: Universidad Libre. Recuperado en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5646114.pdf> (08/05/2019).

Banks, J. (2005). Discrete-Event System Simulation. Estados Unidos: Pearsons. Recuperado en: <http://bayanbox.ir/view/2964535763283208541/DESS-JBanks-4thEd.pdf> (08/01/2019).

Badilla, E. y Chacón, A. (2004). Construccinismo: objetos para pensar, entidades públicas y micromundos. Costa Rica: Instituto de Investigación para el Mejoramiento de la Educación Costarricense. Recuperado en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/download/9048/17474> (08/01/2019).

Banihashem, S., Aliabadi, K., Pourroostae, S., Delaver, A., y Nili Ahmadabadi, M. (2018). Learning Analytics: A Systematic Literature Review. Interdisciplinary Journal of Virtual Learning in Medical Science. Recuperado en: https://www.academia.edu/38821911/Learning_Analytics_A_Systematic_Literature_Review (07/08/2019)

Barbosa, J. (2011). Modelamiento, modelo, simulación e identificación. Colombia: Universidad nacional de Colombia. Recuperado en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingeninv/article/view/28942/29221> (08/01/2019).

Barrios, E. (2017). Paradigma del aprendizaje y la Innovación educativa. México: Universidad Veracruzana. Recuperado en: <https://es.slideshare.net/Ely88/nuevas-teorias-del-aprendizaje> (08/01/2019).

Barros, B. y Verdejo M. (2000) Analyzing student interaction processes in order to improve Collaboration, the DEGREE approach. España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (U.N.E.D). Recuperado en: http://ijaied.org/pub/1004/file/1004_paper.pdf (08/01/2019).

Benavides, J. (2012). Los comienzos oficiales del uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la educación colombiana. Colombia:

Revista Historia de la Educación Latinoamericana. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86926976002> (07/08/2019).

- Blasco, P. y Giner, M. (2011). Psicopedagogía. España: Nau Libres.
- Blikstein, P. (2015). Multimodal Learning Analytics. Estados Unidos: Stanford University Graduate School of Education. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/266653654_Multimodal_learning_analytics (06/07/2020).
- Bobadilla, J. (2021). Machine Learning y Deep Learning. Colombia: Ra-Ma.
- Bourennani, F., Pu, K., y Zhu, Y. (2009). Unified Vectorization of Numerical and Textual Data using Self-Organizing Map. Canada: International Journal on Advances in Systems and Measurements. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/260084848_Unified_Vectorization_of_Numerical_and_Textual_Data_using_Self-Organizing_Map (12/01/2019)
- Brusilovsky, P., Chavan, G., y Farzan, R. (2004). Social adaptive navigation support for open corpus electronic textbooks. Alemania: Springer.
- Buendía, V. (2015). Análisis interactivo de datos: Mapas Autoorganizados (tesis doctoral). España: Escola Técnica Superior d' Enginyeria. Recuperado en: <http://roderic.uv.es/handle/10550/49547> (08/01/2019).
- Cabrera, E. (2018). Aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL): su estado actual. Chile: Pontificia Universidad Católica. Recuperado en: <https://rieoei.org/historico/deloslectores/729Cabrera108.PDF> (08/01/2019).
- Campanario, J. (2004). El enfoque conexionista en psicología cognitiva y algunas aplicaciones sencillas en didáctica de las ciencias. España: Enseñanza de las ciencias. Recuperado en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21963/21797> (08/01/2019).
- Carratalá, E. (1982). La representación del espacio en el niño en la obra de J. Piaget. España: Universidad de Palma de Mallorca. Recuperado en: http://ibdigital.uib.es/greenstone/collect/educacioVolums/index/assoc/Educacio/_i_Cultu/ra_1982v/4.dir/Educacio_i_Cultura_1982v4.pdf (11/09/2019).
- Castaño, C. y Termistokleous, s. (2018). De la revolución del Software a la del Hardware en educación superior. Ecuador: revista iberoamericana de educación a distancia. Recuperado en: <http://revistas.uned.es/index.php/ried/article/view/18823/16906> (08/01/2019).

- Castillo, R., Cortes, F., Moreno, J., Peña, H., & Leal, R. (2016). Investigación en modelación matemática y tecnología aplicada a la educación. *RECME - Revista Colombiana De Matemática Educativa*, 1(1b), 81-85. Recuperado a partir de <http://ojs.asocolme.org/index.php/RECME/article/view/204> (30/08/2021)
- Centro Internacional de desarrollo Tecnológico y Software Libre. (2011). Catálogo de software educativo libre. Panamá: Centro Internacional de desarrollo Tecnológico y Software Libre. Recuperado en: https://www.bilib.es/fileadmin/user_upload/recopilatorio-catalogo-aplicaciones-esii.pdf (08/01/2019).
- Coll, C. (1983). *Psicología genética y aprendizajes escolares, recopilación de textos sobre las aplicaciones pedagógicas de las teorías de Piaget*. España: siglo XXI editores. Recuperado en: http://www.terras.edu.ar/biblioteca/6/TA_Coll_Unidad_2.pdf (08/01/2019).
- Coloma, C. y Tafur, R. (1999). *El constructivismo y sus implicancias en educación*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5056798.pdf> (08/01/2019).
- Colombia Digital (2012). *Aprender y educar con las tecnologías del siglo XXI*. Colombia: Corporación Colombia Digital. Recuperado en: <http://cmap.javeriana.edu.co/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1KRS0DP7S-1YWQ573-3CX> (08/01/2019).
- Corona, A., Altamirano, M., López, M., y González, O. (2019). *Análítica del aprendizaje y las neurociencias educativas: nuevos retos en la integración tecnológica*. México: Revista Iberoamericana de educación. Recuperado en: <https://rieoei.org/RIE/article/view/3428/4028> (09/08/2019).
- Cortes, J. Arbeláez, O. y Mendoza J. (2009). *El entorno Lego mindstorms en la introducción a la robótica y la programación*. Colombia: Scientia Et Technica. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84916680008> (07/08/2019).
- Crutchfiend, J., Farmer, J., Packard, N., y Shaw, R. (1987). *Caos*. Estados Unidos: Revista Investigación y ciencia.
- Culebro, M., Gómez, W., y Torres, S. (2006). *Software libre vs propietario ventajas y desventajas*. México: sn. Recuperado en: <http://www.rebellion.org/docs/32693.pdf> (24/03/2018).
- Davis, B. y Sumara, D. (2008). *Complexity as a Theory of Education*. Canadá: University of British Columbia. Recuperado en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.512.8404&rep=rep1&type=pdf> (15/04/2018).

- De Berrios, O. y Briceño, M. (2009). Enfoques epistemológicos que orientan la investigación de 4to. Nivel. Venezuela: Universidad de los Andes. Recuperado en: <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545882009.pdf> (05/09/2019).
- Del Moral, M. (2014). Serious Games: escenarios lúdicos para el desarrollo de las inteligencias múltiples en escolares de primaria. España: EDUTEC. Recuperado en: www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/download/121/pdf_7 (08/01/2019).
- Ditto, W. y Pecora, L. (1993). Dominar el Caos. Estados Unidos: Revista Investigación y Ciencia.
- Durall, E., Gros, B., Maina, M., Johnson, L. y Adams, S. (2012). Perspectivas tecnológicas: educación superior en Iberoamérica 2012-2017. Estados Unidos: The New Media Consortium. Recuperado en: http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/17021/6/horizon_iberoamerica_2012_ESP.pdf (12/08/2019).
- Falbel, A. (1993). Construccinismo. Costa Rica: Ministerio de educación pública de Costa Rica. Recuperado en: <http://www.tecnoedu.net/lecturas/materiales/lectura15.pdf> (08/01/2019).
- Fernández, C. y Criado, C. (2012). Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación en contextos formativos. España: Innovagogía. Recuperado en: <https://www.upo.es/ocs/index.php/innovagogia2012/linnovagogia2012/paper/download/115/117> (09/01/2019).
- Florez, D. y Sarmiento, H. (2014). Construccinismo y aprendizaje basado en problemas como directriz en el proceso enseñanza-aprendizaje de la robótica educativa. Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Dios. Recuperado en: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/3197/TI_FlorezVizcainoDiana_2014F.pdf?sequence=4&isAllowed=y (24/02/2020).
- Fraleigh, J. (1988). Álgebra abstracta primer curso. México: Addison Wesley Iberoamérica. Recuperado en: https://www.academia.edu/16484289/Algebra_Abstrata_Primer_Curso_John_B_Fraleigh (13/05/2021).
- Gallego, R. Perez, R. Gallego, T. y Torres, L. (2006). La formación inicial de profesores de ciencias naturales en Colombia. Colombia: Quintanilla, Arduriz-Bravo, editores.

- García, A. (2012). *Inteligencia Artificial: fundamentos, Práctica y aplicaciones*. España: RC Libros.
- García, A. y Gil, M. (2006). *Entornos construccionistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas*. España: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Recuperado en: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART6_Vol5_N2.pdf (08/01/2019).
- García, J., Garcia, F., Pelechano, V., Vallecillo, A., Vara, J. y Chicote, C. (2012). *Desarrollo de Software Dirigido por Modelos*. España: RA-MA Editorial. Recuperado en: <http://www.lcc.uma.es/~av/Publicaciones/12/LibroDSDM.pdf> (08/01/2019).
- Gardner, H. (1985). *La nueva ciencia de la mente: Historia de la revolución cognitiva*. Argentina: Editorial Paidós. Recuperado en: <https://es.scribd.com/doc/89526951/Gardner-Howard-1985-La-Nueva-Ciencia-de-La-Mente> (08/01/2019).
- Gonzalez, O. y Flores, M. *El trabajo docente: enfoques innovadores para el diseño de un curso*. México: Trillas.
- Grimón, F. (2008). *Modelo para la gestión de dominios de contenido en sistemas hipermedia adaptativos aplicados a entornos de educación superior semi-presencial (tesis doctoral)*. España: Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado en: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6551/01Fgm01de01.pdf?sequence=1> (08/01/2019).
- Guasch, A. Piera, M. y Casanovas, J. (2009). *Modelado y simulación*. España: UPC Edicions.
- Gross, B. (1992). *La inteligencia Artificial y su Aplicación en la enseñanza*. España: Universidad de Barcelona. Recuperado en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/126244.pdf> (08/01/2019).
- Guenaga, M., Arranz, S., Rubio, I., Aguilar, E., Ortiz, A., Rayón, A., Bezanilla, M., y Menchaca, I. (2013). *Serious Games para el Desarrollo de Competencias Orientadas al Empleo*. España: VAEP-RITA. Recuperado en: http://www.innova.deusto.es/images/archivos/201303_uploads_VAEP-RITA_2013_V1_N1_A6.pdf (08/01/2019).
- Hernández, G. (2016). *Análisis del uso y manejo de la plataforma Moodle en docentes de matemáticas, para el desarrollo de competencias integrales en estudiantes de primaria*. Colombia: Revista Q. recuperado en: https://revistas.upb.edu.co/index.php/revista_Q/article/view/7700/7022 (16/02/2020).

- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill. Recuperado en: https://ubc.edu.mx/plataformavirtual/pluginfile.php/28809/mod_resource/content/1/Metodologia%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20%285ta.%29.%20Fern%C3%A1ndez%20Sampieri.pdf (12/11/2017).
- Herrero, P. (2001). Topología. España: Universidad de Murcia. Recuperado en: <https://www.um.es/docencia/pherrero/esp-top.pdf> (15/09/2019).
- Hurtado, J. (2004). Cómo formular objetivos de investigación. Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio. Recuperado en: [http://acueductofacatativa.com/archivos/menu%20acueducto/normatividad/FORMULAR%20OBJETIVOS%20PARA%20TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%20\(1\).pdf](http://acueductofacatativa.com/archivos/menu%20acueducto/normatividad/FORMULAR%20OBJETIVOS%20PARA%20TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%20(1).pdf) (11/01/2019).
- Hofmann, H., Follett, L., Majumder, M., y Cook, D. (2012). "Graphical Tests for Power Comparison of Competing Designs,". IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. Recuperado en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6327249> (09/08/2019).
- Horváth, J. (1969). Introducción a la topología general. Estados Unidos: Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.
- Iregui, A., Melo, L., y Ramos, J. (2006). Análisis de eficiencia de la educación en Colombia. Colombia: Revista de economía del Rosario. Recuperado en: <http://revistas.urosario.edu.co/index.php/economia/article/view/1113> (08/01/2019).
- Jimenez, J. y Otros. (2011). Sistema Modular de Robótica Colaborativa Aplicado en Educación. Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperado en: <https://search-proquest-com.ezproxy.uniminuto.edu/docview/1612427157/fulltextPDF/BE06BA38095E4789PQ/2?accountid=48797> (24/02/2020).
- Johnson, R. y Christensen, L. (2014). Educational Research: Quantitative, Qualitative, and Mixed approaches. Estados Unidos: SAGE publications inc.
- Kohonen, T. (1995). Self-Organizing Maps. Alemania: Springer.
- Kohonen, T. (2014). MATLAB Implementations and Applications of the Self Organizing Map. Finlandia: Aalto University School of science. Recuperado en: http://docs.unigrafia.fi/publications/kohonen_teuvo/MATLAB_implementations_and_applications_of_the_self_organizing_map.pdf (03/07/2020).

- Kruse, A., y Pongsajapan, R. (2016). Student-Centered Learning Analytics. Estados Unidos: CNaLS Thought Papers. Recuperado en: <https://cndls.georgetown.edu/m/documents/thoughtpaper-krusepongsajapan.pdf> (09/08/2019).
- Long, P. y Siemens G. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. Estados Unidos: EDUCAUSE. Recuperado en: <https://er.educause.edu/~media/files/article-downloads/erm1151.pdf%20> (09/08/2019).
- Lozares, C. (2004). La simulación social, ¿una nueva manera de investigar en ciencia social?. España: Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado en: <https://es.scribd.com/document/340609098/La-simulacion-social-Una-nueva-manera-de-investigar-en-ciencia-social-pdf> (08/01/2019).
- Macho, M. (2006). De la homología a la cohomología: teoremas de dualidad. España: Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea. Recuperado en: <http://www.ehu.es/~mtwmastm/CD0506.pdf> (10/09/2019).
- Maldonado, C. (2003). Un problema difícil en ciencia y filosofía: como medir la complejidad de un sistema. Colombia: Perspectivas epistemológicas. Recuperado en: https://drive.google.com/file/d/1e5UUOvYcsHd1_ptwNdIFUPo5waYVmc0/view?usp=sharing (21/04/2019).
- Maldonado, C. (2008). Complejidad y ciencias sociales desde el aporte de las matemáticas cualitativas. Chile: Universidad de Chile. Recuperado en: <http://www.facso.uchile.cl/publicaciones/moebio/33/maldonado.pdf> (21/04/2019).
- Maldonado, C. (2014). ¿Qué es eso de pedagogía y educación en complejidad?. México: Intersticios Sociales. Recuperado en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-49642014000100002 (15/04/2019).
- Maldonado, C. y Gómez, N. (2019). El mundo de las ciencias de la complejidad. Colombia: Universidad del Rosario. Recuperado en: https://www.ugr.es/~raipad/investigacion/excelencia/seminarioXV/2011_el_mundo_de_las_ciencias_de_la_complejidad.pdf (09/05/2019).
- Martínez, H. (2017). Introducción a la simulación de sistemas discretos. México: Instituto tecnológico de Tepic. Recuperado en: <http://hemaruce.angelfire.com/Unidad1.pdf> (08/01/2019).
- Medina, N. (2008). La ciencia cognitiva y el estudio de la mente. Perú: Revista IIPSI. Recuperado en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2747355.pdf> (08/01/2019).

- Morris, S. (2010). Topología sin dolor. Australia: Sidney A. Morris. Recuperado en: <http://www.topologywithouttears.net/topbookspanish.pdf> (15/09/2019).
- Munkres, J. (1984). Elements of Algebraic Topology. Estados Unidos: Massachusetts Institute of Technology. Recuperado en: <http://people.dm.unipi.it/benedett/MUNKRES-ETA.pdf> (02/07/2020).
- Navarro, L. pasadas, S. y Ruiz, J. (2018). La triangulación metodológica en el ámbito de la investigación social: dos ejemplos de uso. España: Instituto de Estudios Sociales de Andalucía. Recuperado en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/82068/1/409413.pdf> (08/01/2019).
- Noss, R. y Hoyles, C. (2019). Micromundos, construccionismo y matemáticas. México: Educación matemática. Recuperado en: dialnet.ezproxy.uniminuto.edu/servlet/articulo?codigo=7129833 (16/02/2020).
- Observatorio de innovación tecnológica de Monterrey. (2014). Aprendizaje y evolución adaptativos. México: Tecnológico de Monterrey. Recuperado en: <https://observatorio.tec.mx/edutrendsaprendizajeadaptativo/> (08/01/2019).
- Odorico, A. Lage, F. y Cataldi, Z. (2009). Educación en robótica una tecnología integradora. Argentina: laboratorio de informática educativa y medios audiovisuales, facultad de ingeniería UBA. Recuperado en: <https://es.scribd.com/document/148909536/EDUCACION-EN-ROBOTICA-UNA-TECNOLOGIA-INTEGRADORA> (08/01/2019).
- Okuda, M. y Gómez, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. Colombia: Revista colombiana de psiquiatría. Recuperado en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcp/v34n1/v34n1a08.pdf> (08/01/2019).
- OSHOWA (2012): Open Source Initiative: Estados Unidos: OSHOWA. Recuperado en: <https://www.oshowa.org/wp-content/uploads/2012/10/OSI-OSHOWA-Agreement.pdf> (08/01/2019).
- Pajares, G. (2006). Inteligencia Artificial e ingeniería del conocimiento. México: Alfaomega grupo editor S. A.
- Paredes, P. (2008). Una propuesta de incorporación de los estilos de aprendizaje a los modelos de usuario en sistemas de enseñanza adaptativos (tesis doctoral). España: Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado en: <http://arantxa.ii.uam.es/~pparedes/tesis.pdf> (08/01/2019).
- Papert, S. y Harel, I. (2002). Situar el construccionismo. Costa Rica: INCAE. Recuperado en:

http://web.media.mit.edu/~calla/web_comunidad/Readings/situar_el_construccionismo.pdf (08/01/2019).

Papert, S. (1984). *Desafío a la mente: Computadoras y educación*. Argentina: Editorial Galápagos. Recuperado en: <http://neoparaiso.com/logo/documentos/desafio-a-la-mente.pdf> (08/01/2019).

Payer, M. (2005). *Teoría del constructivismo social de Lev Vygotsky en comparación con la teoría Jean Piaget*. Venezuela: Universidad Central de Venezuela. Recuperado en: <http://www.proglocode.unam.mx/system/files/TEORIA%20DEL%20CONSTRUCTIVISMO%20SOCIAL%20DE%20LEV%20VYGOTSKY%20EN%20COMPARACION%20CON%20LA%20TEORIA%20JEAN%20PIAGET.pdf> (09/01/2019).

Pérez, M. (2015). *Minería de datos a través de ejemplos*. México: Alfaomega Grupo Editor S.A.

Piaget, J. (1979). *Tratado de lógica y conocimiento científico (1). Naturaleza y métodos de la epistemología*. Argentina: Paidós.

Pineda (2015). *Análisis bibliométrico para la identificación de factores de innovación en la industria alimenticia*. Colombia: AD-MINISTER. Recuperado en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/administer/article/download/2867/2797> (06/07/2020).

Polya, G. (1989). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Editorial Trillas.

Ponce, P. (2010). *Inteligencia Artificial con aplicaciones a la ingeniería*. México: Alfaomega grupo editor S. A. recuperado en: <https://lelinopontes.files.wordpress.com/2014/09/inteligencia-artificial-con-aplicaciones-a-la-ingenierc3ada.pdf> (09/01/2019).

Popham, W. (1999). *¿Por qué las pruebas estandarizadas no miden la calidad educativa?* Estados Unidos: PREAL. Recuperado en: http://www.oei.es/historico/evaluacioneducativa/pruebas_estandarizadas_no_miden_calidad_educativa_popham.pdf (09/01/2019).

Puebla, E. (2014). *Teoría de grupos, un primer curso*. México: Publicaciones Electrónicas Sociedad Matemática Mexicana. Recuperado en: https://www.pesmm.org.mx/Serie%20Textos_archivos/T6.pdf (28/04/2021).

Purdy, M. y Daugherty, P. (2017). *Inteligencia Artificial, el futuro del crecimiento*. Estados Unidos: Accenture Institute for High Performance. Recuperado en: https://www.accenture.com/t00010101T000000Z__w_/es-

es/_acnmedia/PDF-16/Accenture_Inteligencia_artificial_el-futuro-del_crecimiento_esp.pdf (09/01/2019).

- Raschka, S. y Mirjalili, V. (2017). Python Machine Learning. Colombia: Marcombo.
- Rivero, M. (2012). Teoría genética de Piaget: Constructivismo cognitivo. España: Universidad de Barcelona. Recuperado en: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/32321/6/Teoria%20de%20Jean%20Piaget.pdf> (09/01/2019).
- Rodríguez, H. (2008). Del constructivismo al construccionismo: implicaciones educativas. Colombia: revista educación y desarrollo social. Recuperado en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2692738.pdf> (09/01/2019).
- Romero, R., Castro, J., Galviz, D., Acuña, L. y Zea, L. (2017). Ambientes de aprendizaje y sus mediaciones en el contexto educativo de Bogotá. Colombia: Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico –IDEP-. Recuperado en: <http://www.idep.edu.co/sites/default/files/libros/Libro%20%20IDEP%20-%20Ambientes%20de%20aprendizaje.pdf> (29/07/2019).
- Sabulsky, G. (2019). Analíticas de aprendizaje para mejorar la enseñanza y el seguimiento a través de los entornos virtuales. Argentina: Revista Iberoamericana de Educación. Recuperado en: <https://rieoei.org/RIE/article/view/3340/4029> (09/08/2019).
- Saldarriaga, P., Bravo, G., y Loor, M. (2016). La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea. Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Recuperado en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5802932.pdf> (09/01/2019).
- Santamaría, L. y Mendoza, J. (2009). Herramientas en 3d para el modelado de escenarios virtuales basados en LOGO. Estado del arte. Colombia: Ciencia e ingeniería neogranadina. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91112316006> (07/08/2019).
- Sanchez, E. y Lama, M. (2007). Monografía: técnicas de la inteligencia artificial aplicadas a la educación. España: revista iberoamericana de inteligencia artificial. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92503302> (09/01/2019).
- Secretaría de Educación del Distrito. (2019). Ambientes de aprendizaje para el desarrollo humano. Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá. Recuperado en: https://www.academia.edu/25649217/Ambientes_de_aprendizaje_para_el_desarrollo_humano (30/07/2019).

- Simanca, F., Gonzalez, R., Rodriguez, L., y Burgos, D. (2019). Identifying Students at Risk of Failing a Subject by Using Learning Analytics for Subsequent Customized Tutoring. Suiza: Applied Sciences. Recuperado en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/3/448> (16/08/2019).
- Solano, J. (2002). Educación y Aprendizaje. Costa Rica: Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana. Recuperado en: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/icap/unpan031175.pdf> (09/01/2019).
- Serrano, J. y Pons, R. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. México: Revista Electrónica de Investigación Educativa. Recuperado en: <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/268/708> (09/01/2019).
- Stewart, C. (2017). Learning Analytics: Shifting from theory to practice. Estados Unidos: Journal on Empowering Teaching Excellence. Recuperado en: <https://pdfs.semanticscholar.org/2713/fbdb6380a8e189d81a456e5bf3dc1734fbbf.pdf> (12/08/2019).
- Shuthers, D., y Verbert, K. (2013). Learning analytics as a middle space. Bélgica: Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/262282937_Learning_analytics_as_a_middle_space (13/08/2019).
- Tejada, J. (2003). Alcances y limitaciones de la Teoría del Caos aplicada al análisis del Comportamiento Organizacional, Cultura y la necesidad del cambio con la finalidad de afrontar la turbulencia del entorno de las Organizaciones. Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado en: http://www.academia.edu/14613325/Alcances_y_limitaciones_de_la_teor%C3%ADa_del_caos_aplicada_al_an%C3%A1lisis_del_comportamiento_organizacional_cultura_y_la_necesidad_del_cambio_con_la_finalidad_de_afrontar_la_turbulencia_del_entorno_de_las_organizaciones (09/01/2019).
- Torrente, O. (2013). ARDUINO: curso práctico de formación. México: Alfaomega Grupo Editor. Recuperado en: http://cienciasvirtuales.com/wp-content/uploads/2016/11/Arduino_Curso_Practico_de_Formacion.pdf (09/01/2019).
- Vargas, L. (2017). Introducción a la homología simplicial y algunas consecuencias. Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado en: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5575/1/trabajofinal.pdf> (17/09/2019).

- Vicario, C. (2009). Construcciónismo referente sociotecnopedagógico para la era digital. México: Innovación educativa. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/pdf/1794/179414895005.pdf> (09/01/2019).
- Vielma, E y Salas, M. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner. Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo. Venezuela: Universidad de los Andes. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/pdf/356/35630907.pdf> (09/01/2019).
- Villar, F. (2003). Psicología evolutiva y Psicología de la educación. España: Universitat de Barcelona. Recuperado en: http://www.ub.edu/dppsed/fvillar/principal/pdf/proyecto/cap_05_piaget.pdf (09/01/2019).
- Wouters, P., Van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., y van der Spek E. (2013). A Meta-Analysis of the Cognitive and Motivational Effects of Serious Games. Estados Unidos: American Psychological Association. Recuperado en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5883545> (09/01/2019).
- Zatarain, R. y Barrón, M. (2011). Herramienta de autor para la identificación de estilos de aprendizaje utilizando mapas autoorganizados en dispositivos móviles. México: Revista Electrónica de Investigación Educativa. Recuperado en: <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/270/433> (09/01/2019).

ANEXOS

ANEXO 1. FICHA TÉCNICA NodeMCU ESP 12E

DESCRIPCIÓN.

NodeMCU ESP8266 es una plataforma de desarrollo similar a Arduino especialmente orientada al Internet de las cosas (IoT). La placa NodeMcu v2 ESP8266 tiene como núcleo al SoM ESP-12E que a su vez está basado en el SoC Wi-Fi ESP8266, integra además el conversor USB-Serial TTL CP2102 y conector micro-USB necesario para la programación y comunicación a PC. NodeMcu v2 ESP8266 está diseñado especialmente para trabajar montado en protoboard o soldado sobre una placa. Posee un regulador de voltaje de 3.3V en placa, esto permite alimentar la placa directamente del puerto micro-USB o por los pines 5V y GND. Los pines de entradas/salidas (GPIO) trabajan a 3.3V por lo que para conexión a sistemas de 5V es necesario utilizar convertidores de nivel como: Conversor de nivel 3.3-5V 4CH o Conversor de nivel bidireccional 8CH - TXS0108E.

NodeMCU viene con un firmware preinstalado el cual nos permite trabajar con el lenguaje interpretado LUA, enviándole comandos mediante el puerto serial (CP2102). Las tarjetas NodeMCU y Wemos D1 mini son las plataformas más usadas en proyectos de Internet de las cosas (IoT). No compete con Arduino, pues cubren objetivos distintos.

El SoC (System On a Chip) ESP8266 de Espressif Systems es un chip especialmente diseñado para las necesidades de un mundo conectado, integra un potente microcontrolador con arquitectura de 32 bits (más potente que el Arduino Due) y conectividad Wi-Fi. El SoM (System on Module) ESP-12E fabricado por Ai-Thinker integra en un módulo el SoC ESP8266, memoria FLASH, cristal oscilador y antena WiFi en PCB.

La plataforma ESP8266 permite el desarrollo de aplicaciones en diferentes lenguajes como: Arduino, Lua, MicroPython, C/C++, Scratch. Al trabajar dentro del entorno Arduino podremos utilizar un lenguaje de programación conocido y hacer uso de un IDE sencillo de utilizar, además de hacer uso de toda la información sobre proyectos y librerías disponibles en internet. La comunidad de usuarios de Arduino es muy activa y da soporte a plataformas como el ESP8266. Dentro de las principales placas de desarrollo o módulos basados en el ESP8266 tenemos: [ESP-01](#), [ESP-12E](#), [Wemos D1 mini](#) y [NodeMCU v2](#).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Voltaje de Alimentación: 5V DC
Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC (No usar 5V)
Placa: NodeMCU v2 (Amica)
Chip conversor USB-serial: CP2102
SoM: ESP-12E (Ai-Thinker)
SoC: ESP8266 (Espressif)
CPU: Tensilica Xtensa LX3 (32 bit)
Frecuencia de Reloj: 80MHz/160MHz
Instruction RAM: 32KB
Data RAM: 96KB
Memoria Flash Externa: 4MB
Pines Digitales GPIO: 17 (4 pueden configurarse como PWM a 3.3V)
Pin Analógico ADC: 1 (0-1V)
Puerto Serial UART: 2
Certificación FCC
Antena en PCB
802.11 b/g/n

Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
 Stack de Protocolo TCP/IP integrado
 PLLs, reguladores, DCXO y manejo de poder integrados
 Potencia de salida de +19.5dBm en modo 802.11b
 Corriente de fuga menor a 10uA
 STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
 A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4ms guard interval
 Wake up and transmit packets in < 2ms
 Consumo de potencia Standby < 1.0mW (DTIM3)
 Pulsador RESET y FLASH
 Led indicadores: 2
 Dimensiones: 49*26*12 mm
 Peso: 9 gramos

CONECTIVIDAD

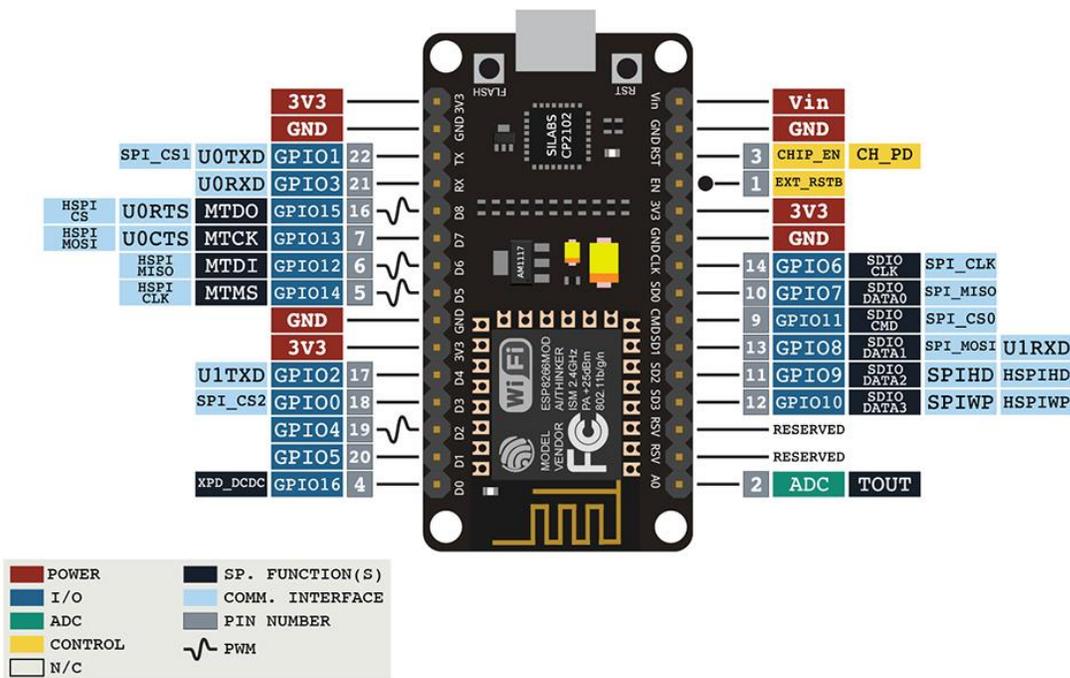
SDIO 2.0, SPI, UART
 Integra RF switch, balun, 24dBm PA, DCXO y PMU
 Posee un procesador RISC, memoria en chip e interface para memoria externa
 Procesador MAC/Baseband integrado
 Interface I2S para aplicaciones de audio de alta calidad
 Reguladores de voltaje lineales "low-dropout" en chip
 Arquitectura propietaria de generacion de clock "spurious free"
 Módulos WEP, TKIP, AES y WAPI integrados

ESP-12E DEVELOPMENT BOARD

PINOUT

NOTES:

- ▲ Typ. pin current 6mA (Max. 12mA)
- ▲ For sleep mode, connect GPIO16 and EXT_RSTB. On wakeup, GPIO16 will output LOW for system reset.
- ▲ On boot/reset/wakeup, keep GPIO15 LOW and GPIO12 HIGH.



ANEXO 2. BASE DE DATOS MySQL

ESTRUCTURA

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a table named 'tabla'. The table structure is as follows:

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
1	id	int(11)			No	None	AUTO_INCREMENT	Change Drop More
2	chipld	int(11)			No	None		Change Drop More
3	fecha	timestamp		on update CURRENT_TIMESTAMP	No	CURRENT_TIMESTAMP	ON UPDATE CURRENT_TIMESTAMP	Change Drop More
4	HinD1	int(11)			No	None		Change Drop More
5	HinD2	int(11)			No	None		Change Drop More
6	HinA1	float(5,2)			No	None		Change Drop More
7	HinA2	float(5,2)			No	None		Change Drop More
8	inpinDi1	int(11)			No	None		Change Drop More
9	inpinDi2	int(11)			No	None		Change Drop More
10	inpinAn1	int(11)			No	None		Change Drop More
11	inpinAn2	float			No	None		Change Drop More
12	outpinAn2	int(11)			No	None		Change Drop More
13	outpinAn1	int(11)			No	None		Change Drop More
14	outpinDi2	int(11)			No	None		Change Drop More
15	outpinDi1	int(11)			No	None		Change Drop More

NAVEGADOR

The screenshot shows the data rows for the 'tabla' table. The columns are: id, chipld, fecha, HinD1, HinD2, HinA1, HinA2, inpinDi1, inpinDi2, inpinAn1, inpinAn2, outpinAn2, outpinAn1, outpinDi2, outpinDi1.

	id	chipld	fecha	HinD1	HinD2	HinA1	HinA2	inpinDi1	inpinDi2	inpinAn1	inpinAn2	outpinAn2	outpinAn1	outpinDi2	outpinDi1
Delete	3153	6774056	2021-02-09 18:02:00	0	0	50.00	25.00	0	0	0	0	0	75	0	0
Delete	3154	6774626	2021-02-09 18:02:03	0	0	25.00	50.00	100	100	50	50	0	0	0	0
Delete	3155	6892258	2021-02-09 18:02:14	100	0	50.00	25.00	100	100	50	50	0	0	0	0
Delete	3156	6771232	2021-02-09 18:02:31	0	0	50.00	25.00	0	0	0	0	0	0	0	100
Delete	3157	2170502	2021-02-09 18:02:32	0	0	50.00	25.00	0	0	75	0	0	75	0	0
Delete	3158	2173835	2021-02-09 18:02:47	0	0	50.00	25.00	0	0	0	0	0	50	0	0
Delete	3159	2160354	2021-02-09 18:02:48	0	0	25.00	0.00	0	0	50	50	0	0	100	100
Delete	3160	6774056	2021-02-09 18:03:01	0	0	50.00	25.00	0	0	0	0	0	75	0	0
Delete	3161	6774626	2021-02-09 18:03:03	0	0	25.00	50.00	100	100	50	50	0	0	0	0
Delete	3162	2173391	2021-02-09 18:03:08	0	0	50.00	25.00	0	0	0	0	0	35	0	35
Delete	3163	6892258	2021-02-09 18:03:14	100	0	50.00	25.00	100	100	50	50	0	0	0	0
Delete	3164	2171663	2021-02-09 18:03:15	0	0	50.00	25.00	100	0	0	0	0	0	0	100
Delete	3165	6771232	2021-02-09 18:03:32	0	0	50.00	25.00	0	0	0	0	0	0	0	100
Delete	3166	2170502	2021-02-09 18:03:32	0	0	50.00	25.00	0	0	75	0	0	75	0	0
Delete	3167	2160354	2021-02-09 18:03:48	0	0	25.00	0.00	0	0	50	50	0	0	100	100
Delete	3168	2173835	2021-02-09 18:03:48	0	0	50.00	25.00	0	0	0	0	0	50	0	0
Delete	3169	6774056	2021-02-09 18:04:02	0	0	50.00	25.00	0	0	0	0	0	75	0	0
Delete	3170	6774626	2021-02-09 18:04:03	0	0	25.00	50.00	100	100	50	50	0	0	0	0

ANEXO 3. CODIGO KERNEL ANÁLIS MATLAB

```
%06/08/2021 conexión con la base de datos y toma de los últimos 11 datos de
%la base MySQL a matlab en matrices multidimensionales para tres cortaduras
% SOM diferentes en tiempo real;entradas (Ni) se definen automáticamente en
%función del número de columnas que tenga la base de datos de MySQL, la
%matriz W aleatoria es diferente en cada cortadura SOM

close all;
clear all;

for s=1:3
%% Automate Importing Data by Generating Code Using the Database Explorer App
% This code reproduces the data obtained using the Database Explorer app by
% connecting to a database, executing a SQL query, and importing data into the
% MATLAB(R) workspace. To use this code, add the password for connecting to the
% database in the database command.

% Auto-generated by MATLAB Version 9.6 (R2019a) and Database Toolbox Version 9.1 on 04-Aug-
    2021 11:15:42

%% Make connection to database
conn = database('tabla','root','');

%Set query to execute on the database
query = ['SELECT * ' ...
        'FROM tutorial.tabla ' ...
        'ORDER BY id ASC'];

%% Execute query and fetch results
data = fetch(conn,query);

%% Close connection to database
close(conn)

%% Clear variables
clear conn query
A=data; %se tomala tabla de datos,
%disp(A((end-10):end,1:15));%esto es solo para mostrar los últimos 11 datos
disp(A);
%B=table2array(A((end-10):end,1:15)); %se tomala tabla de datos A(todas las filas,de la columna4:
    hasta 15), se convierte a array y se guarda en la matriz B
%disp(B);
A = removevars(A,{'id','fecha'});%remueve las 2 columnas indicadas de la tabla A
disp(A);

A=table2array(A); %se tomala tabla de datos, se convierte a array y se guarda en la matriz A
Bi=A((end-10):end,:); % las últimas 11 filas son ahora la matriz Bi
Bi(end+1,:)=1; % a la matriz Bi se le agrega una última fila de unos para garantizar que
    ninguna columna se encuentre en 0;ahpra B tiene 20 filas
disp(Bi);

B=[1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;2160354 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;2170502 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;2171663
    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;2173391 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;2173835 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;2173862
    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;6770487 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;6771232 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;6774056
    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;6774626 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;6892258 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
```

```

%-----algoritmo de detección de posición de las tarjetas SCAECH-----
for m=0:19

    Ci = circshift(Bi,[-1 0]);
    %disp(Ci);

for n=1:12

    Bi=Ci;

    if B(n,1)~= Bi(n,1)
        B(n,:)= Bi(n,:);

    else

    end

end

end

end

B=sortrows(B,1); % ordenador de filas de acuerdo con el número chipid (primera columna)
disp (B);
%-----

%%%------
%%% eliminación de esta primera columna chipid con B(:,1)=[] para que no interfiera en el orden
SOM
B(:,1)=[];
disp(B);
%%%------

%%%------generador del archivo SCAECH.xlsx-----
%para instrumento de validación, cuando se valide el SCAECH se pueden quitar estas 3 líneas-
etiqueta=[72 111 106 97 48+s];
Hoja=char(etiqueta); %convierte el vector en caracteres
xlswrite('SCAECH',B,Hoja,'B2');
%%%------

%%----anexo de columnas de coherencia de modelo-----
dimB=size(B,2);
for k=1:size(B,1)
    B(k,dimB+1)= abs(B(k,1)-B(k,5))+abs(B(k,2)-B(k,6))+abs(B(k,3)-B(k,7))+abs(B(k,4)-B(k,8));
    if B(k,dimB+1)==0
        B(k,dimB+1)=100;
        % B(k,dimB+2)=1;
    else
        B(k,dimB+1)=0;
        % B(k,dimB+2)=0;

    end

% --anexas dos columnas de coherencia de modelo-----
end
end

```



```

% between rows.
% try imagesc(K) to understand what is the
% aspect of K.
%ojo K son vectores columna k' y los repite 20 veces
% utilizar imagesc(X) para ver la forma de x, X,k,K,X
% es una matriz de 20x20
% We pass the values of the X matrix
% through a gaussian function, with mean
% defined by K for each value of x.
% Now The 10 colimns of X are
% gaussians distributions, each centered
% on a different row;
% try again imagesc(X) to understand what
% is the aspect of X now.
X = exp(-5*(X-K).^2);
L=ones(No,Ni);
W=L*X;
%-----

%---normalización 8/01/2020 de datos opcional -----
% for i=1:size(B,2)
%   mi=min(B(:,i,s));
%   ma=max(B(:,i,s));
%   B(:,i,s)=(B(:,i,s)-mi)/(ma-mi);
% end
%-----

X=B(:,:,s)';
msize=[sqrt(No) sqrt(No)]; %un som de 7x7
lattice='hexa'; %de tipo hexagonal
lr      = .1; % tasa de aprendizaje
neig_width  = ceil(No/2); % tamaño inicial de la vecindad: ceil(No/2)
nartime     = 50; % tiempo de estrechamiento de la vecindad por defecto: 50
%simtime    = 13; % total simulation time 1300 es óptimo para SCAECH, 1250 entrenamiento grueso,
              250 entrenamiento fino pero por defecto 2500
simtime     = neig_width*50+150;
% init layer //capa inicial
y = zeros(No,simtime);% y es una matriz de 10x2500 inicializa en cero

for t = 1:simtime

%----escoge el q-esimo vector aleatoriamente para el enternamiento -----

%q=ceil(rand*size(B(:,:,s),1));
% q es un número entero más cercano entre [0:Ni]
%
%-----

%----escoge el q-esimo vector en orden para el enternamiento-----
q=t; % 08/06/2020
if q>size(B(:,:,s),1)
    q=mod(t,size(B(:,:,s),1));
    if q==0

```

```

    q=size(B(:,s),1);
else
end
else
    q=t;
end
% -----

%%%%%%%%%%
%% SPREADING %% extension
%%%%%%%%%%

%la matriz de pesos W por el q-esimo vector X(:,q)
y(:,t) = W*X(:,q);
%X(:,q) todas las filas de X pero solo la columna q

% busca la máxima activación de y, es decir la fila de W que al
% multiplicarla por el vector X es maxima, encontrando entre las No filas
% la máxima, es decir de las No neuronas de salida la máxima activacion (no
% utiliza la menor distancia euclidea sini más bien el max producto
% interno)esa es la neurona de salida ganadora.
[ymax,ymaxind] = max(y(:,t)); % the function max() returns two values.
% The first, ymax, is the value of the
% maximum element of y.
% The second, ymaxind, is the index on the
% y element of the maximum value, so that
% y(ymaxind) == ymax

%La función max () devuelve dos valores.
%El primero, ymax, es el valor de la
%Elemento máximo de y.
%La segunda, ymaxind, es el índice de la
%Y del valor máximo, de manera que
%Y (ymaxind) == ymax
% el resultado es una matriz 1x2 el primer dato es el maximo
%el segundo es la posicion de maximo, el número de la fila ddonde se
%encuentra este en el vector columna.....lo mismo se hace en todas y cada
%una de las 2500 columnas de la matriz 10x2500

% calculate the neighborhood
% of the maximum activation.

% Ahora se Calcula la vecindad de la activación máxima

fn = max(1,ymaxind - neig_width); % this is the index of the
% upper neighbor of ymax in the
% y vector.
%Este es el índice del vecino superior de ymax en el vector y
%el máximo entre 1 y el valor de la resta. max(1, )

ln = min(No,ymaxind + neig_width); % this is the index of the lower
% neighbour of ymax in the y vector
%Este es el índice del vecino inferior de ymax en el vector y
%el mínimo entre No y el valor de la suma. min(No, )

% example (neig_width==3 and ymaxind==5):

```

```

%
% 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
% /\      /\      /\
% |       |       |
% lower   |       |
%         ymaxind |
%                 upper
%
% The initial value of neig_width must be
% so that the initial neighbourhood takes
% all the output elements (see line 9).
% In such case the network can find the
% topology between the categories of input

NEIGH = zeros(No,Ni); % create a matrix// matriz de ceros 10x20
% to mask all weights that
% do not reach any of the
% neighbours of ymax

%crea una matriz de ceros 10x20 Para enmascarar todos los pesos que
%No llegue a ninguna de las
%Vecinos de ymax

NEIGH( (1:No)>=fn & (1:No<=ln) , :) = 1; % Each of the elements of NEIGH
% is set to 1 if it belongs to
% a NEIGH row corresponding to a
% W row that weights the input
% to an output unit belonging to the
% neighbourhood of ymax.

%cada uno de los elementos del conjunto se establece en 1 si pertenece a
%Una fila NEIGH correspondiente a una fila
%W la entrada
%A una unidad de salida perteneciente a la
%vecindad de ymax.
%lo que está en la vecindad se deja lo que no pertenece a ella se vuelve 0

%%%%%%%%%%%%%%
%% LEARNING %%
%%%%%%%%%%%%%%
% simplemente se actualizan los pesos
% update the weights of connections
% projecting to the units of the
% neighborhood. We use the general
% kohonen learning rule:
%  $\Delta w = lr * (x - w)$ .
% Element per element multiplication
% allows to switch off all
% increments of weights not reaching
% the neighborhood. The matrix made
% by repmat(x(:,k),No,1) simply
% repeats the input for each W row.
W = W + lr*(NEIGH.*(repmat(X(:,q),No,1)-W));

```

```

% cuando el módulo es 0 entre t y nartime, es decir el resto de la division
% entre t y nartime es 0 entonces la vecindad se reduce en 1
if mod(t,nartime)==0 % the function mod(n,d) gives
% the remainder of a division
% by n times.
neig_width = max(0,neig_width-1); % control that the
% neighbourhood width
% is >=0
% we decrease the learning rate with
% the narrowing of the neighbourhood so to
% refine learning.
    lr = lr *.99;
end

```

```

% graficando:
figure(1);
% se divide el espacio en 2x3 grid
%
%
% | 1 | 2 | 3 |
% | 4 | 5 | 6 |
%
% then we cal three subplots
% defining different groups of cells:

```

```

% subplot(2,3,1:2)
%
% | 1 | 2 | 3 |
% | 4 | 5 | 6 |

```

```

subplot(2,3,1);
title('vector de entrada');
bar(1:Ni,X(:,q));
xlabel('vector de entrada')

```

```

% subplot(2,3,4)
%
% | 1 | 2 | 3 |
% | 4 | 5 | 6 |

```

```

subplot(2,3,2);
title('vecindad');
imagesc(NEIGH);
ylabel('vecindad neurona de salida')

```

```

subplot(2,3,4:5);
title('neuronas de salida');
bar(1:No,y(:,t));
colormap gray;
xlabel('neuronas de salida')

```

```

% subplot(2,3,3)
%
% | 1 | 2 | -3- |
% | 4 | 5 | 6 |

```

```

subplot(2,3,3);
title('pesos W');
imagesc(W);
colormap bone;
xlabel('pesos W')
ylabel('neuronas de salida')
% a little bit of pause
% to allow the complete
% redrawing of the figure,
% before starting the next
% iteration
% subplot(2,3,3)
%
% | 1 | 2 | 3 |
% | 4 | 5 | -6- |

subplot(2,3,6);

h = plot(t,neig_width);
xlabel('iteraciones')
ylabel('vecindad')

%pause(.1);

end
%se muestra el vector de pesos obtenidos de la clasificación
%disp(W);

%----PROGRAMA PARA OBTENER EL SOM CON ETIQUETAS A PARTIR DE LA MATRIZ W-----
-----

L3=B(:,dimB+1).*77/100; %L3= traspuesta del vector columna 13 (0s y100s) de coherencia de
    modelo de la matriz B y multiplicado por 77/100
La3=char(L3); %La3= el vector fila L3 covertido en caracteres ASCII 0=espacio 77=M

labels1='000000001111'; %etiqueta para identificar las B filas
labels2='123456789012'; %etiqueta para identificar las B filas
labels3=La3; %28/05/2020 etiqueta puesta segun vector 13 de coherencia del modelo

labels4='00000000111111111111222222'; %etiqueta para identificar las No neuronas
labels5='1234567890123456789012345'; %etiqueta para identificar las No

figure(s+1); %una figura para cada cortadura SOM
subplot(1,2,1); %aparece el som en toda la pantalla lado derecho,si se elimina aparece como una
    sub-grafica en la posición 2,3

som_cplane('hexa',msize,'none')

for uu=1:No %size(Xt,1) significa desde uu=1 hasta No
    cc=uu;

    cch=mod(cc-1,sqrt(No))+1; %c horizontal de cada neurona;
    ccv=floor((cc-1)/sqrt(No))+1; %c vertical de cada neurona;

```

```

%-----
if mod(ccv,2)==1
    shift=-.01;
else
    shift=.44;
end
%texto para identificar cada neurona del SOM
text(cch+shift-.4,ccv,[labels4(uu)...
    labels5(uu)],'FontSize',7);

end

norms2=sum(W.*W,2);    %cada elemento de W al cuadrado y luego se suman los componentes
    de las filas
for u=1:size(B(:,s),1) %size(B,1) significa desde u=1 hasta la dimension1 de la matriz B, es decir
    el número de filas.
    X1=B(u,:,s);
    Y=norms2-2*W*X1;
    [C,c]=min(Y);    %C mínimo c índice del mínimo, pag 58

%se toma el vector Y de 49x1 y se convierte a una matriz 7x7
%el llenado es por filas sea Y= [1 2 3 4 5 6 7 8 ...36]
% su llenado es [1 2 3 4 5 6 7; 8 9 10 11 12 13 14;15 16 17 18 19 20 21;...;
% 43 44 45 46 47 48 49]

ch=mod(c-1,sqrt(No))+1;    %c horizontal del mínimo;
cv=floor((c-1)/sqrt(No))+1;    %c vertical del mínimo;
d(u)=cv;    %la verticalidad se define en el eje X y se guarda en un vector d
e(u)=ch;    %la horizontalidad se define en el eje Y se guarda en un vector e
%-----
if mod(cv,2)==1
    shift=-.01;
else
    shift=.44;
end
%texto para identificar el mínimo
text(ch+shift,cv+(-.65+.06*u),[labels1(u)...
    labels2(u) labels3(u)],'FontSize',4);

end
subplot(1,2,2);    %lado derecho de la pantalla
title('pesos W');    %matriz W
imagesc(W);    %w en colores

grid on    % grilla activada
grid minor

ax = gca;    % combinar colores a partir de RGB
ax.GridColor = [0.99, 0.99, 0.0]; % [R, G, B]

colormap bone;    %color del mapa de W
xlabel('pesos W ')
ylabel('neuronas de salida')
xticks([1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13]);

```

```

xticklabels({'D1','D2','A1','A2','sD1','sD2','sA1','sA2','sa2','sa1','sd2','sd1','M'});
yticks(1:1:25);
%disp(d);
%disp(e);

D(:,s)=d; %guarda las coordenadas x de cada uno de los chipID
E(:,s)=e; %guarda las coordenadas y de cada uno de los chipID
F(:,s)=ones(1,size(B,1))*s; %guarda la coordenada t de cada uno de los 20 chipID
%s=s+1;
pause; %pulsas una tecla para que calcule las cortaduras SOM
end
%-----

%-----CONSTRUCCIÓN DEL ATRACTOR SCAECH A PARTIR DE LAS SECCIONES SOM -3----
figure(s+2); %la figura s+2 esima es la del atractor
for i=1:size(B,1) %los diferentes chipID

    plot3(D(:,1),E(:,1),F(:,1),'ob') %sección SOM 1
    hold on

    text(D(i)+(-.45+.04*i),E(i)-.1,F(1),[labels1(i)...
        labels2(i) labels3(i)],'FontSize',4);

    plot3(D(:,2),E(:,2),F(:,2),'or') %sección SOM 2
    hold on

    text(D(:,2)+(-.45+.04*i),E(:,2),2,[labels1(i)...
        labels2(i) labels3(i)],'FontSize',4);

    plot3(D(:,3),E(:,3),F(:,3),'og') %sección SOM 3

    text(D(:,3)+(-.45+.04*i),E(:,3)+.1,3,[labels1(i)...
        labels2(i) labels3(i)],'FontSize',4);
    hold on
    grid on

    X=[D(:,1) D(:,2) D(:,3)];
    Y=[E(:,1) E(:,2) E(:,3)];
    Z=[F(:,1) F(:,2) F(:,3)];

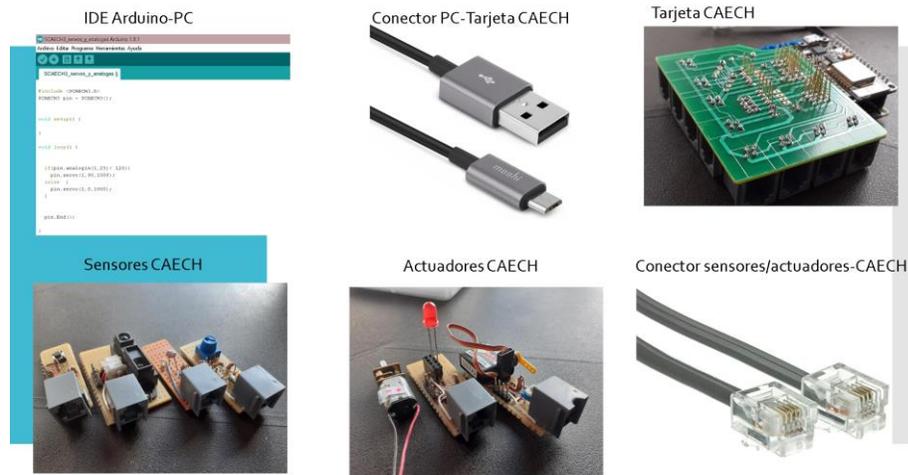
    line(X,Y,Z,'LineWidth',1)
    hold on
    subplot(1,1,1); %aparece el atractor en toda la pantalla,si se elimina aparece como una sub-grafica
        en la posición 2,3
    plot3(X,Y,Z)

end
axis([1 sqrt(No) 1 sqrt(No)]);
title(' SOM en función del tiempo');
xlabel('SOM fila');
ylabel('SOM columna');
zlabel('tiempo');
pause; %pulsas una tecla para que muestre todas las cortaduras SOM en forma de atractor
%-----

```

ANEXO 4. CONJUNTOS CAECH

1. Módulos que componen el un conjunto CAECH



Conjunto CAECH



Componentes:

Numeral	Componente	cantidad	descripción
1	Conector PC-tarjeta CAECH	1	Conector
2	Conector sensores/actuadores CAECH	8	
3	Tarjeta CECH	1	Tarjeta de control
4	Sensor de posición	2	Sensor
5	Sensor de luz	2	
6	Sensor de distancia	1	
7	Sensor de tacto	2	
8	Motor	2	Actuador
9	LED	2	
10	Servo	1	

ANEXO 5. CODIGO PHP

```
<?php
$conexion = mysql_connect("localhost", "root", "root");
mysql_select_db("tutorial", $conexion);
mysql_query("SET NAMES 'utf8'");

$chipid = $_POST ['chipid'];
$HinD1 = $_POST ['HinD1'];
$HinD2 = $_POST ['HinD2'];
$HinA1 = $_POST ['HinA1'];
$HinA2 = $_POST ['HinA2'];
$inpinDi1 = $_POST ['inpinDi1'];
$inpinDi2 = $_POST ['inpinDi2'];
$inpinAn1 = $_POST ['inpinAn1'];
$inpinAn2 = $_POST ['inpinAn2'];
$outpinAn2 = $_POST ['outpinAn2'];
$outpinAn1 = $_POST ['outpinAn1'];
$outpinDi2 = $_POST ['outpinDi2'];
$outpinDi1 = $_POST ['outpinDi1'];

mysql_query("INSERT INTO `tutorial`.`tabla` (`id`, `chipId`, `fecha`, `HinD1`, `HinD2`, `HinA1`,
`HinA2`, `inpinDi1`, `inpinDi2`, `inpinAn1`, `inpinAn2`, `outpinAn2`, `outpinAn1`, `outpinDi2`,
`outpinDi1`) VALUES (NULL, '$chipid', CURRENT_TIMESTAMP, '$HinD1', '$HinD2',
'$HinA1', '$HinA2', '$inpinDi1', '$inpinDi2', '$inpinAn1', '$inpinAn2', '$outpinAn2', '$outpinAn1',
'$outpinDi2', '$outpinDi1');");
mysql_close();
echo "Datos ingresados correctamente.";
?>
```

ANEXO 6. CODIGOS LIBRERÍA SCAECH 3

1.CÓDIGO DE LA CABECERA

```
#ifndef SCAECH3_H
#define SCAECH3_H

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1015.h>

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>

//Cambia Arduino.h por Wprogram.h si usas una version antigua de la IDE.
#include <Arduino.h> //Permite utilizar los comandos de Arduino
    //ojo tal vez aqui hay que incluir las librerias del ads y esp
#include <Servo.h>

class SCAECH3 //Definicion de la clase
{

    public:

    //Constructor de la clase
    SCAECH3();

    int analogin(int inpinAn, int tiposensor);
    int digitalin(int inpinDi);

    void motorA(int dirA, int velA);
    void motorB(int dirB, int velB);
    void servo(int outpinAn, int angulo, int tempservo);
    void analogout(int outpinAn, int outpwm);
    void digitalout(int outpinDi, int outestado);

    void End(); //----- la funcion y las variables del enviar datos----

    int contconexion = 0;

    const char *ssid = "JCORTES";
    const char *password = "52977038";

    unsigned long previousMillis = 0;

    char host[48];
    String strhost = "192.168.43.29";    /*esta direcccion se averigua entando al CMD de windows
        y luego tecleando ipconfig, la ip es la Dirección que aparece enIPv4
    String strurl = "/tutorial/enviardatos.php";
    String chipid = "";

    //-----
```

```

//-----globales deteccion de software-----
int inpinAn1, inpinAn2;
int inpinDi1, inpinDi2;
int inpinAn;

int outpinAn1, outpinAn2;
int outpinDi1, outpinDi2;

//----globales detección de hardware----

int16_t HinA1, adc1, adc2, HinA2;
int HinD2;
float HinD1;
//-----

private:

//Nada que declarar
};

#endif

```

2. CÓDIGO DE LA LIBRERÍA

```

#include "SCAECH3.h"
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_ADS1015.h>

#include <Arduino.h>
#include <Servo.h>

SCAECH3::SCAECH3()
{
//-----esto es el void setup-----
// Inicia Serial
Serial.begin(115200);
Serial.println("");

Serial.print("chipId: ");
chipid = String(ESP.getChipId());
Serial.println(chipid);

// Conexión WIFI
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED and contconexion <100) { //Cuenta hasta 50 si no se
    puede conectar lo cancela
    ++contconexion;
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
if (contconexion <100) {

```

```

//para usar con ip fija
IPAddress ip(192,168,43,156); //ojo las 3 primeras cifras de la ip son las mismas del strhost,
    en este caso 192,168,8,.. para que comunique con SQL
IPAddress gateway(192,168,43,1); //ojo las 3 primeras cifras de la gateway son las mismas
    del strhost, en este caso 192,168,8,.. para que comunique con SQL
IPAddress subnet(255,255,255,0);
WiFi.config(ip, gateway, subnet);

Serial.println("");
Serial.println("WiFi conectado");
Serial.println(WiFi.localIP());
}
else {
    Serial.println("");
    Serial.println("Error de conexion");
}
}

Wire.begin(D6, D5); //D6 se conecta a SDA del ADS 1115 y D5 se conecta a SCL del
    ADS1115....originalmente es (D2, D1)

} //Constructor: Inicia la conexión con la base de datos

void SCAECH3::motorA(int dirA, int velA)
{
    //Establecer pin como salida
    pinMode(0, OUTPUT);
    pinMode(5, OUTPUT);
    outpinAn1=35;
    outpinDi1=35;

    digitalWrite(0, dirA);
    analogWrite(5, velA);
}

void SCAECH3::motorB(int dirB, int velB)
{
    //Establecer pin como salida
    pinMode(2, OUTPUT);
    pinMode(4, OUTPUT);
    outpinAn2=35;
    outpinDi2=35;

    digitalWrite(2, dirB);
    analogWrite(4, velB);
}

void SCAECH3::servo(int outpinAn, int angulo, int tempservo) //(1-2,0-180)
{
    Servo servo1;
    int PULSOMIN = 480;
    int PULSOMAX = 2180;
}

```

```

if(outpinAn == 1){
  outpinAn=5;
  outpinAn1=75;

}else if(outpinAn == 2){
  outpinAn=4;
  outpinAn2=75;

}else{
  outpinAn=5; //esta opción es clave para enviar un error*****
  outpinAn1=0;
  outpinAn2=0;
}

//-----lo que va en void setup-----
servo1.attach(outpinAn,PULSOMIN,PULSOMAX);
//-----lo que va en void loop-----
servo1.write(angulo);
delay(tempservo);
}

void SCAECH3::analogout(int outpinAn, int outpwm) //función para escoger la salida analógica 1 o 2
{
  if(outpinAn == 1){
    outpinAn=5;
    outpinAn1=50;

  }else if(outpinAn == 2){
    outpinAn=4;
    outpinAn2=50;

  }else{
    outpinAn=5; //esta opción es clave para enviar un error*****
    outpinAn1=0;
    outpinAn2=0;
  }
  pinMode(outpinAn, OUTPUT);
  analogWrite(outpinAn, outpwm);
}

void SCAECH3::digitalout(int outpinDi, int outestado) //función para escoger la salida digital 1 o 2
{
  if(outpinDi == 1){
    outpinDi=0;
    outpinDi1=100;

  }else if(outpinDi == 2){
    outpinDi=2;
    outpinDi2=100;

  }else{
    outpinDi=0; //esta opción es clave para enviar un error*****
    outpinDi1=0;
    outpinDi2=0;
  }
}

```

```

    }

    pinMode(outpinDi, OUTPUT);
    digitalWrite(outpinDi, outestado);
}

int SCAECH3::analogin(int inpinAn, int tiposensor)
{
    Adafruit_ADS1115 ads;

    ads.begin();

    //HinA1 = ads.readADC_SingleEnded(0)/100;
    adc1 = ads.readADC_SingleEnded(1)/100;
    adc2 = ads.readADC_SingleEnded(2)/100;
    //HinA2 = ads.readADC_SingleEnded(3)/100;

    if(inpinAn == 1){
        inpinAn=adc1;
        inpinAn1=tiposensor;
        Serial.print("analogin1 ");
        Serial.println(adc1);

    }else if(inpinAn == 2){
        inpinAn=adc2;
        inpinAn2=tiposensor;
        Serial.print("          ");
        Serial.print("analogin2 ");
        Serial.println(adc2);

    }else{
        inpinAn=adc1; //esta opción es clave para enviar un error*****
        inpinAn1=0;
        inpinAn2=0;
    }
    return inpinAn;
}

int SCAECH3::digitalin(int inpinDi)
{
    if(inpinDi == 1){
        inpinDi=16;
        inpinDi1=100;
        Serial.print("          ");
        Serial.print("inpinDi1 ");
        Serial.println(digitalRead(16));

    }else if(inpinDi == 2){
        inpinDi=15;
        inpinDi2=100;
        Serial.print("          ");
        Serial.print(" inpinDi2 ");
        Serial.println(digitalRead(15));
    }
}

```

```

    }else{
    inpinDi=16; //esta opción es clave para enviar un error*****
    inpinDi1=0;
    inpinDi2=0;
    }
    pinMode(inpinDi, INPUT);

    int leedigitalin=digitalRead(inpinDi);

    return leedigitalin;
}

void SCAECH3::End()
{

//-----void loop-----

    unsigned long currentMillis = millis();

    if (currentMillis - previousMillis >= 60000) { //envia los datos cada 60 segundos
        previousMillis = currentMillis;
        int hinD1 = analogRead(17); // entrada análoga corresponde en la NodeMCU a A0 que al mismo
            tiempo es GPIO 17
        //int analog = 25; // 30/02/2020 entrada análog pero con valor fijo en 25 mandado desde el IDE
            de arduino opcional a la linea anterior que corresponde a la NodeMCU A0 que al mismo
            tiempo es GPIO 17
        if(hinD1 < 50){
            HinD1=0;
        }else if(hinD1 >= 50){
            HinD1=100;
        }

        int hinD2 = digitalRead(13); // entrada digital utilicé la D0 que es la GPIO 16
        //float HinD1 = hinD1*0.322265625;
        if(hinD2 < 1){
            HinD2=0;
        }else if(hinD1 >= 1){
            HinD2=4;
        }

        Adafruit_ADS1115 ads;
        ads.begin();

        int16_t hinA1=0;

        hinA1 = ads.readADC_SingleEnded(0)/100;
        if(hinA1 > 250){
            HinA1=0;
        }else if(hinA1>200 && hinA1<=250){
            HinA1=100;
        }else if(hinA1>150 && hinA1<=200){
            HinA1=75;
        }else if(hinA1>100 && hinA1<=150){
            HinA1=50;
        }
    }
}

```

```

}else if(hinA1>50 && hinA1<=100){
  HinA1=25;
}else if(hinA1<=50){
  HinA1=0;
}

adc1 = ads.readADC_SingleEnded(1)/100;

int16_t hinA2=0;

hinA2 = ads.readADC_SingleEnded(3)/100;
if(hinA2 > 250){
  HinA2=0;
}else if(hinA2>200 && hinA2<=250){
  HinA2=100;
}else if(hinA2>150 && hinA2<=200){
  HinA2=75;
}else if(hinA2>100 && hinA2<=150){
  HinA2=50;
}else if(hinA2>50 && hinA2<=100){
  HinA2=25;
}else if(hinA2<=50){
  HinA2=0;
}

adc2 = ads.readADC_SingleEnded(2)/100;

Serial.println(" ");
Serial.print("HinD1 ");Serial.println(HinD1);
Serial.print("HinD2 ");Serial.println(HinD2);
Serial.print("HinA1 ");Serial.println(HinA1);
//Serial.print("hinA1 ");Serial.println(hinA1); //activar solo para prueba
Serial.print("HinA2 ");Serial.println(HinA2);
//Serial.print("hinA2 ");Serial.println(hinA2); //activar solo para prueba

Serial.print("inpinDi1 ");Serial.println(inpinDi1);
Serial.print("inpinDi2 ");Serial.println(inpinDi2);
Serial.print("inpinAn1 ");Serial.println(inpinAn1);
Serial.print("inpinAn2 ");Serial.println(inpinAn2);

Serial.print("outpinAn2 ");Serial.println(outpinAn2);
Serial.print("outpinAn1 ");Serial.println(outpinAn1);
Serial.print("outpinDi2 ");Serial.println(outpinDi2);
Serial.print("outpinDi1 ");Serial.println(outpinDi1);

String datos = ("chipid=" + chipid + "&HinD1=" + String(HinD1, 2)+ "&HinD2=" + String(HinD2, 2)+
"&HinA1=" + String(HinA1, 10)+ "&HinA2=" + String(HinA2, 10)+ "&inpinDi1=" +
String(inpinDi1, 10)+ "&inpinDi2=" + String(inpinDi2, 10)+ "&inpinAn1=" + String(inpinAn1,
10)+ "&inpinAn2=" + String(inpinAn2, 10)+ "&outpinAn2=" + String(outpinAn2, 10)+
"&outpinAn1=" + String(outpinAn1, 10)+ "&outpinDi2=" + String(outpinDi2, 10)+ "&outpinDi1="
+ String(outpinDi1, 10)); //aqui envia toda la fila

//-----antes Función para Enviar Datos a la Base de Datos SQL-----
String linea = "error";

```

```

WiFiClient client;
strhost.toCharArray(host, 49);
if (!client.connect(host, 80)) {
  Serial.println("Fallo de conexion");
}

client.print(String("POST ") + strurl + " HTTP/1.1" + "\r\n" +
  "Host: " + strhost + "\r\n" +
  "Accept: */*" + "\r\n" +
  "Content-Length: " + datos.length() + "\r\n" +
  "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded" + "\r\n" +
  "\r\n" + datos);
delay(10);

Serial.print("Enviando datos a SQL...");
unsigned long timeout = millis();
while (client.available() == 0) {
  if (millis() - timeout > 5000) {
    Serial.println("Cliente fuera de tiempo!");
    client.stop();
  }
}
// Lee todas las lineas que recibe del servidor y las imprime por la terminal serial
while(client.available()){
  linea = client.readStringUntil('\r');
}
Serial.println(linea);
}
}

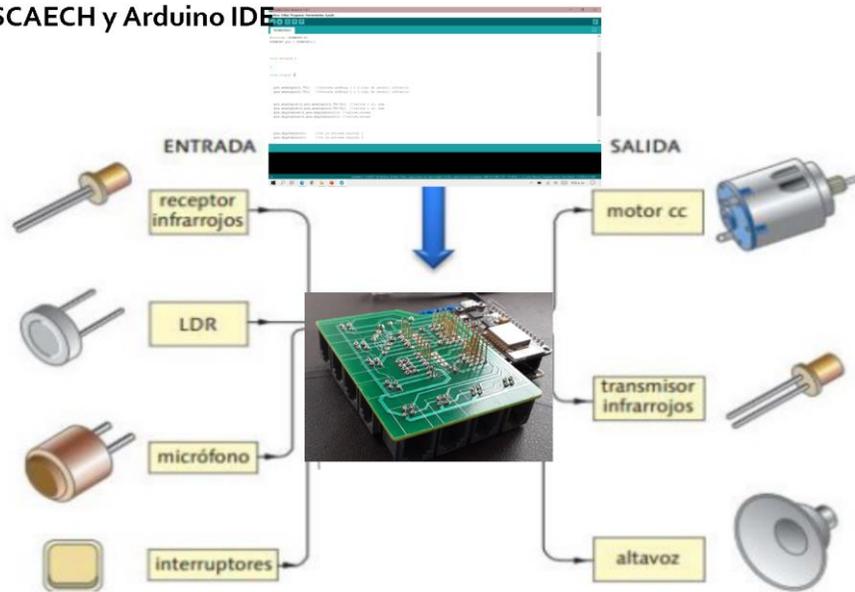
```

ANEXO 7. GUÍA ESTUDIANTES, EXPERIMENTOS GUIADOS

Plataforma SCAECH para modelamiento y simulación

José Ferney Cortés Garnica

Plataforma SCAECH y Arduino IDE

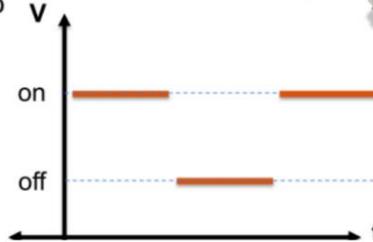


- Una **señal es digital** cuando puede tomar solo dos valores (valores finitos).

- ✓ El máximo está asociado a: 1, on, verdadero, fuente
- ✓ El mínimo está asociado a: 0, off, falso, tierra

- Elementos digitales:

- ✓ Entrada: pulsador
- ✓ Salida: prendido – apagado
abierto - cerrado



Is the box present?
YES



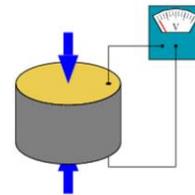
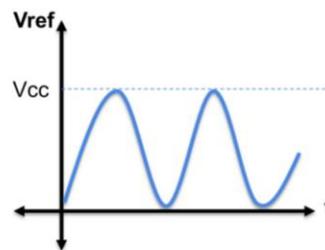
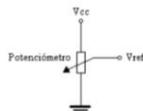
Digital Sensor



- Una **señal es analógica** cuando puede tomar infinitos valores entre su valor mínimo y máximo.

- Elementos analógicos:

- ✓ Entrada: potenciómetro
- ✓ Salida: intensidad de luz

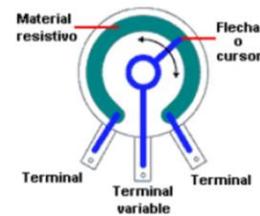


POTENCIOMETRO

Es una resistencia variable

Usos:

- Elemento de control en los aparatos electrónicos. Ej: control de volumen
- Detectar posición de dispositivos. Ej: posición de la articulación de un brazo robótico



LDR

Usos:

- Control de iluminación. Ej: Encendido y apagado de luces automáticamente
- Detectar fuentes de luz. Ej: robot seguidor de luz
- Detector de presencia



El **Sharp 2Y0A21 Sensor de Distancia Infrarrojo** basa su funcionamiento en la emisión de luz infrarroja

Usos:
medición de distancia de forma muy precisa.



PULSADOR

Usos:

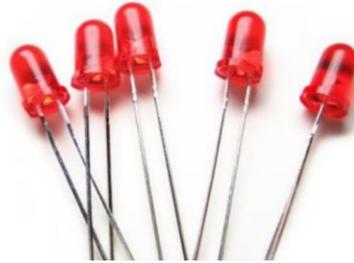
- Encendido y apagado. Ej: interruptor de un bombillo.
- Activar momentáneamente un dispositivo (pulsador). Ej: timbre.
- Detector de obstáculo



LED

Usos:

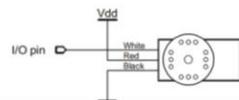
- Indicadores de estado (encendido/apagado)
- Pantallas electrónicas de LEDs
- Control remoto (LEDs infrarrojos)
- Iluminación
 - Alumbrado público y semaforización
 - Pantallas electrónicas
 - Iluminación de edificaciones y estructuras
 - Iluminación decorativa



SERVOMOTOR

Usos

- Cualquier sistema que requiera un posicionamiento mecánico preciso y controlado
 - Aerodelismo (alergones, timón, etc.)
 - Movimiento de cámaras de vigilancia
 - Robótica. Ej: Brazo robótico, control de ruedas motrices.



Configuración Software y Hardware en el SCAECH

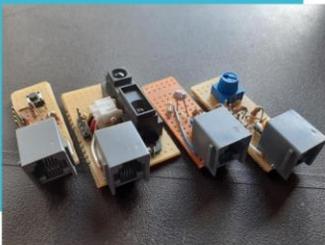
IDE Arduino-PC

```
SCAECH_servo_y_actuador Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
SCAECH_servo_y_actuador 1
#include <POMODI.h>
POMODI pm = POMODI(1);

void setup() {
}

void loop() {
  if(pm.analogIn(1,251) > 1200){
    pm.servo(1,90,1000);
    delay(1);
    pm.servo(1,0,1000);
  }
  pm.digitalOut(1);
}
```

Sensores SCAECH



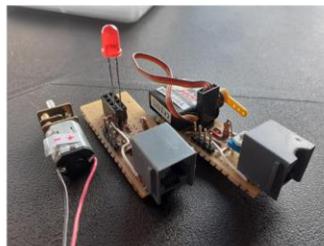
Conector PC-Tarjeta SCAECH



Tarjeta SCAECH



Actuadores SCAECH



Conector sensores/actuadores-SCAECH





```

#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

void setup() {
}

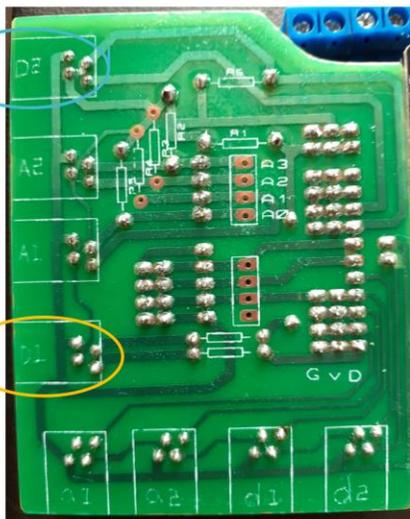
void loop() {
  pin.digitalin(1); //es la entrada digital 1
  pin.digitalin(2); //es la entrada digital 2
  pin.End(); |
}

```

Pulsador



Arduino IDE Entradas digitales



```

#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

void setup() {
}

void loop() {
  pin.analogin(1, 75);
  pin.analogin(2, 75);
  pin.End(); |
}

```

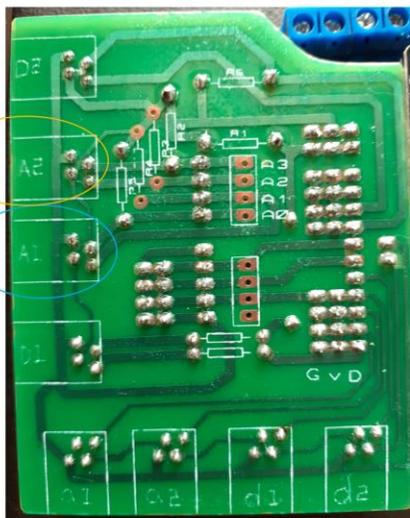
25 Potenciómetro

50 LDR

75 Infrarrojo



Arduino IDE Entradas Análogas



SCAECH3v1 Arduino 1.8.1

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

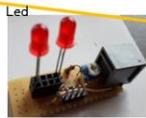
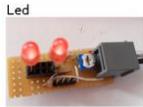


```
#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

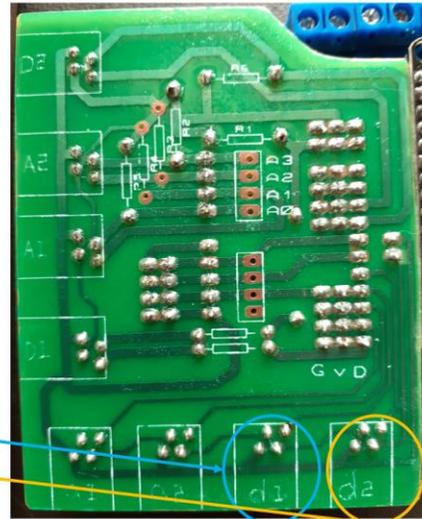
void setup() {
}

void loop() {
  pin.digitalout(1, HIGH); //salida, estado
  pin.digitalout(2, LOW); //salida, estado

  pin.End();
}
```



Arduino IDE Salidas digitales



SCAECH3_servos_y_analogas Arduino 1.8.1

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda



```
#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

void setup() {
}

void loop() {
  pin.servo(1, 0, 1000);
  pin.servo(2, 90, 1000);

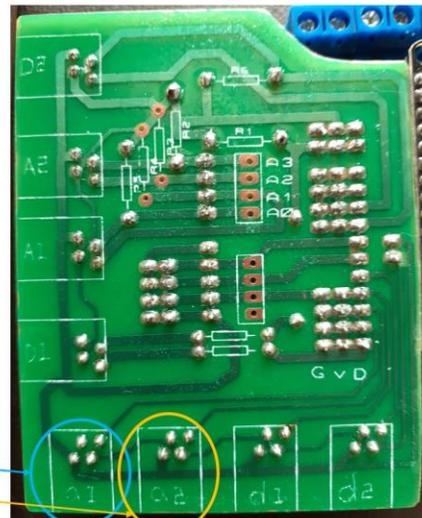
  pin.End();
}
```



Ángulo entre 0° y 180°

Tiempo en la posición

Arduino IDE Salidas Análogas



SCAECH3_servos_y_analogas Arduino 1.8.1

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda



```
#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();
```

```
void setup() {
}
```

```
void loop() {
```

```
pin.analogout(1, 400);
pin.analogout(2, 200);
```

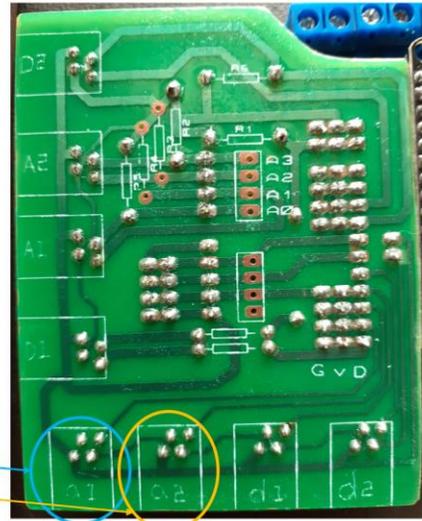
```
pin.End();
```

```
}
```

Led



Valor PWM



Arduino IDE Salidas Análogas

SCAECH3_servos_y_analogas Arduino 1.8.1

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda



```
#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();
```

```
void setup() {
}
```

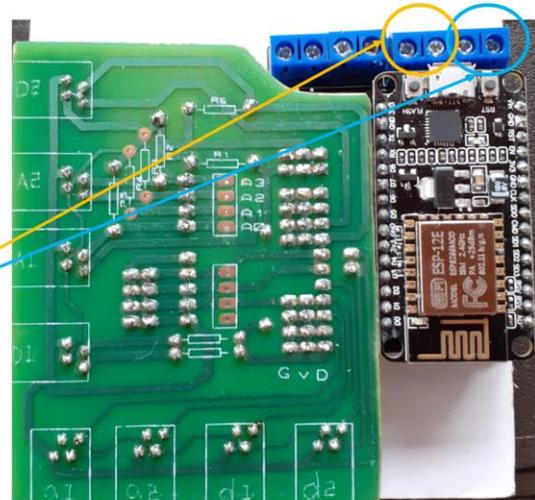
```
void loop() {
```

```
pin.motorA(HIGH, 500); //dirección, velocidad
pin.motorB(LOW, 300); //dirección, velocidad
```

```
pin.End();
```

```
}
```

Moto reductor



Arduino IDE Salidas Análogas

```

SCAECH3_servos_y_analogas Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
SCAECH3_servos_y_analogas $

```

Un Ejemplo y su configuración

```

#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

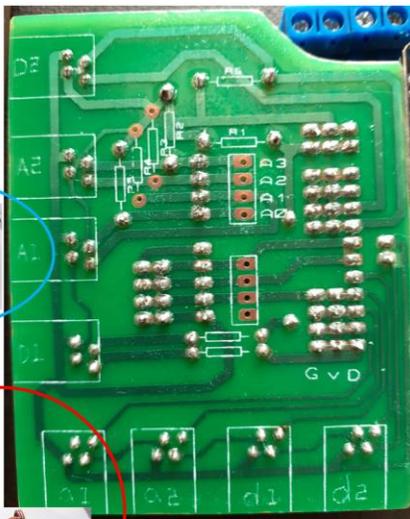
void setup() {
}

void loop() {

if (pin.analogin(1,25) < 120) {
pin.servo(1,90,1000);
} else {
pin.servo(1,0,1000);
}

pin.End();
}

```



```

SCAECH3_servos_y_analogas Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
SCAECH3_servos_y_analogas $

```

Un Ejemplo y su configuración

```

#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

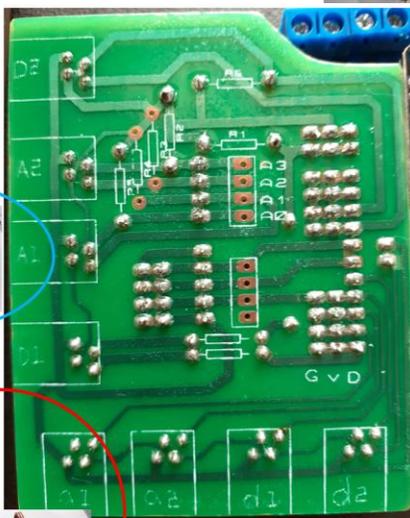
void setup() {
}

void loop() {

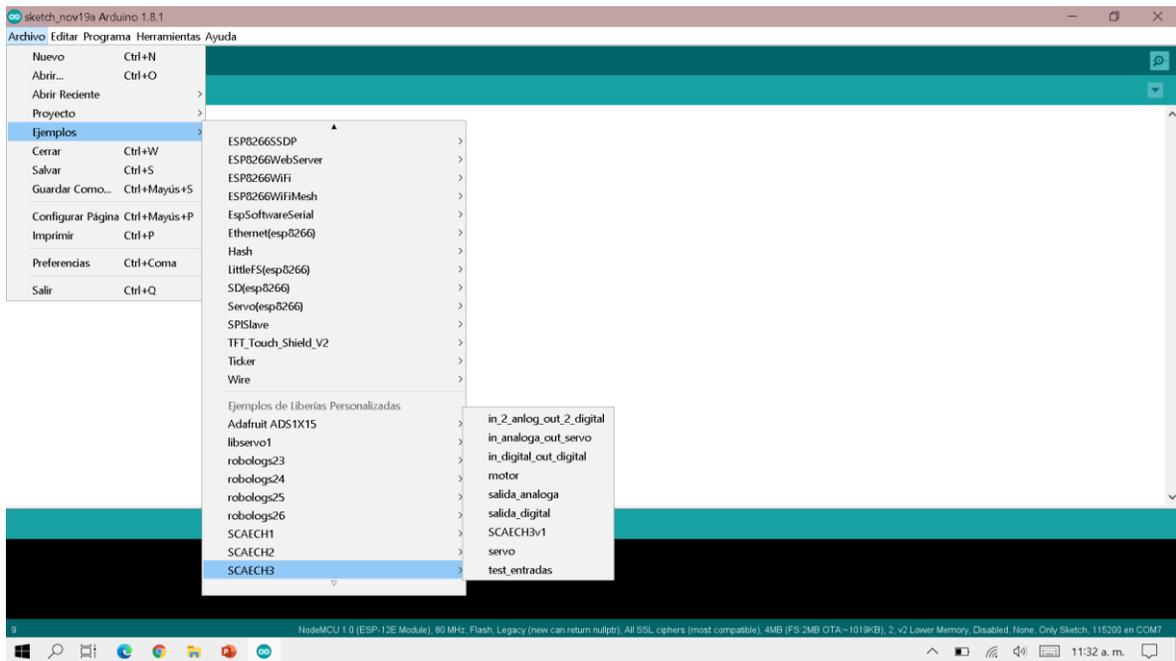
if (pin.analogin(1,25) < 120) {
pin.servo(1,90,1000);
} else {
pin.servo(1,0,1000);
}

pin.End();
}

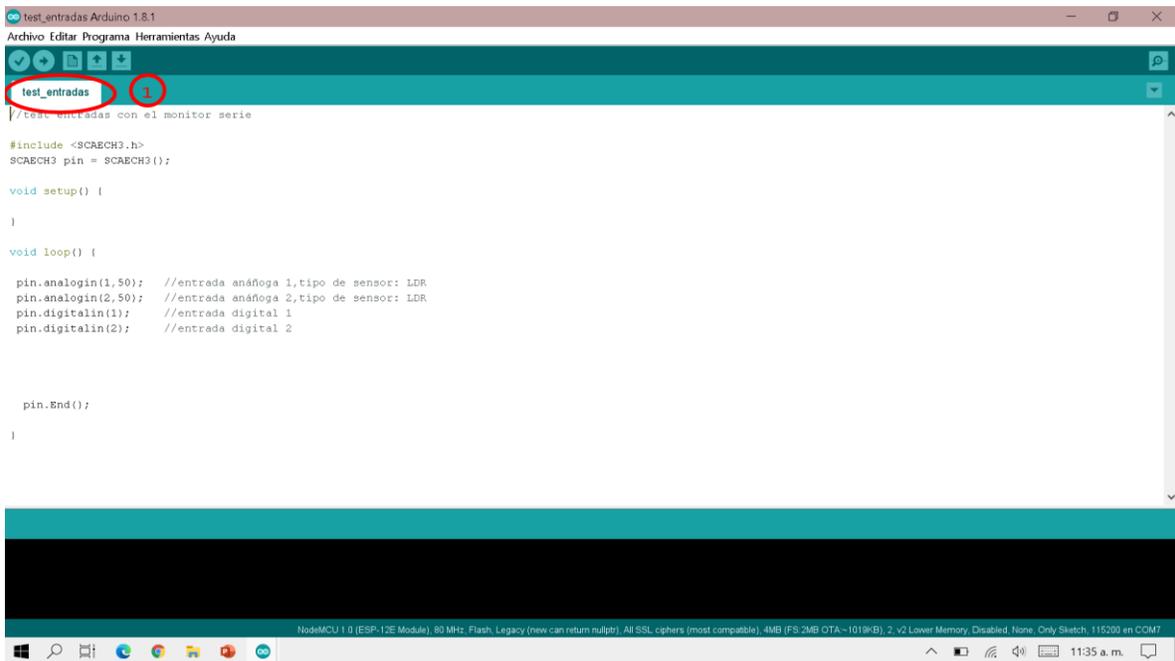
```



Ejemplos de programas con manejo de entradas y salidas en el SCAECH



Ejemplo 1: test_entradas



```
test_entradas Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
test_entradas
//test_entradas con el monitor serie

#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

void setup() {
}

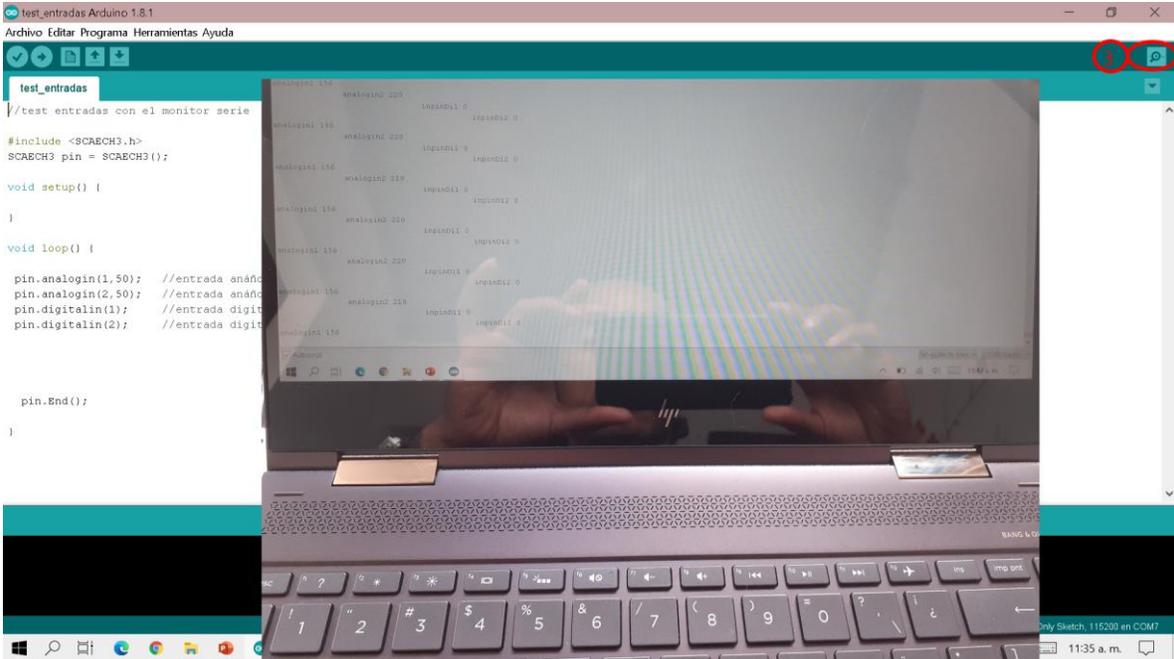
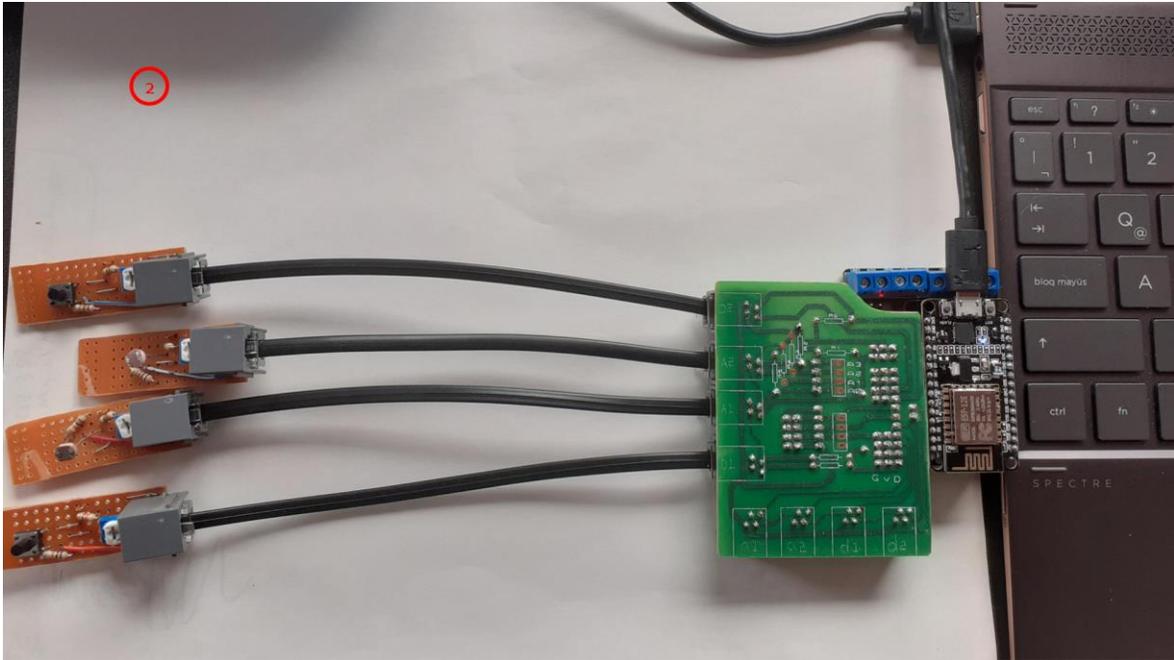
void loop() {

  pin.analogIn(1,50); //entrada anafoga 1,tipo de sensor: LDR
  pin.analogIn(2,50); //entrada anafoga 2,tipo de sensor: LDR
  pin.digitalIn(1); //entrada digital 1
  pin.digitalIn(2); //entrada digital 2

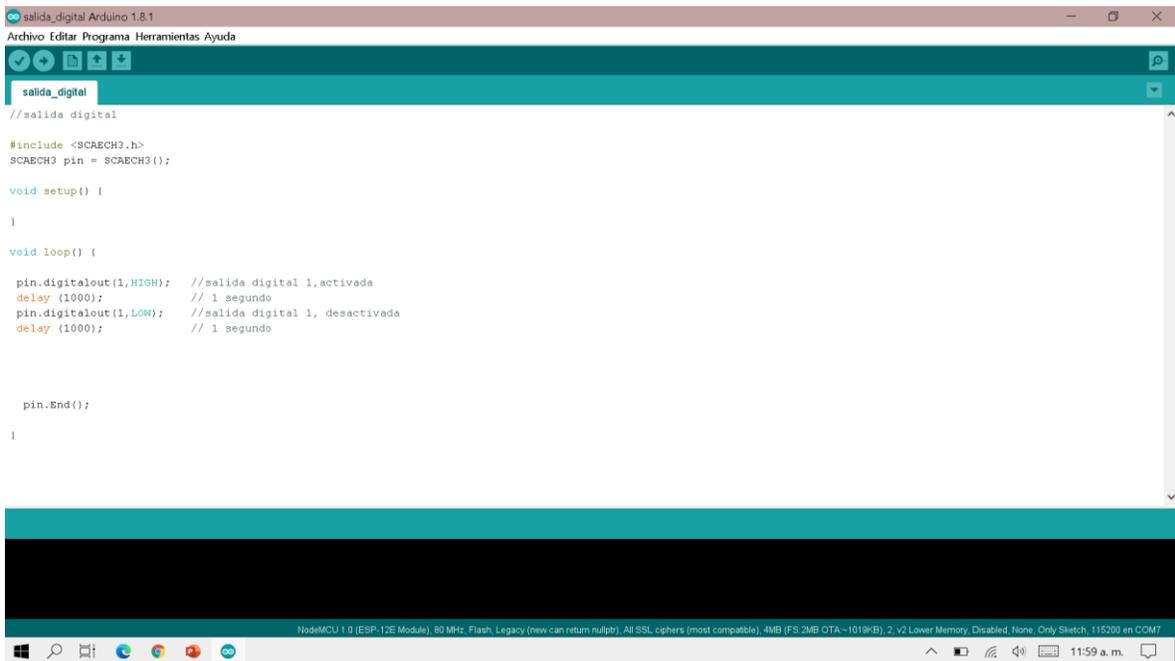
  pin.End();
}
```

NodeMCU 1.0 (ESP-12E Módulo), 80 MHz; Flash, Legacy (new can return nullptr), All SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS:2MB OTA~1019kB), 2 v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 en COM7

11:35 a. m.



Ejemplo 2: salida_digital



The screenshot shows the Arduino IDE interface with the following code in the editor:

```
//salida digital

#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

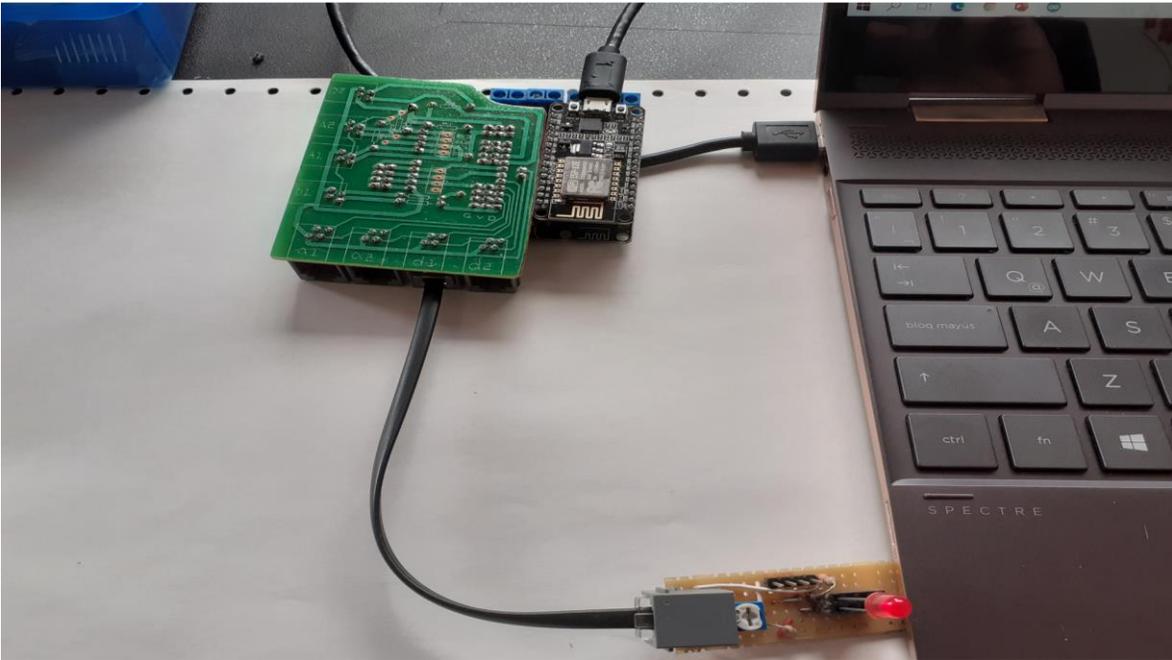
void setup() {
}

void loop() {

  pin.digitalout(1,HIGH); //salida digital 1,activada
  delay (1000); // 1 segundo
  pin.digitalout(1,LOW); //salida digital 1, desactivada
  delay (1000); // 1 segundo

  pin.End();
}
```

The IDE status bar at the bottom indicates: NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module), 80 MHz; Flash, Legacy (new can return nullptr); All SSL ciphers (most compatible); 4MB (FS:2MB OTA~1019kB); 2 v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 en COM7. The system tray shows the time as 11:59 a.m.



Ejemplo 3: salida_analoga

```
salida_analoga Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
salida_analoga
//salida analoga

#include <SCA3CH3.h>
SCA3CH3 pin = SCA3CH3();

void setup() {
}

void loop() {

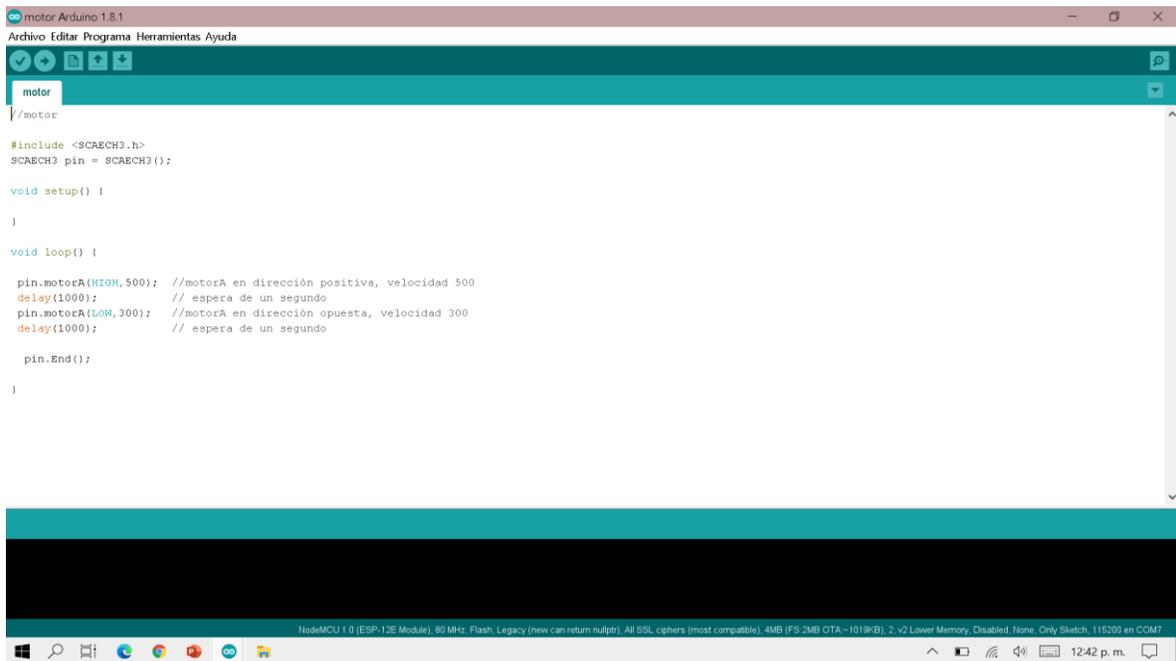
  pin.analogout(1,200); //salida analoga 1, PWM 200
  delay(1000); // 1 segundo
  pin.analogout(1,500); //salida analoga 1, PWM 500
  delay(1000); // 1 segundo

  pin.End();
}

NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module), 80 MHz, Flash, Legacy (new can return nullptr), All SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS,2MB OTA~1019kB), 2 v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 en COM7
12:15 p.m.
```



Ejemplo 4: motor



```
motor Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
motor
//motor

#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

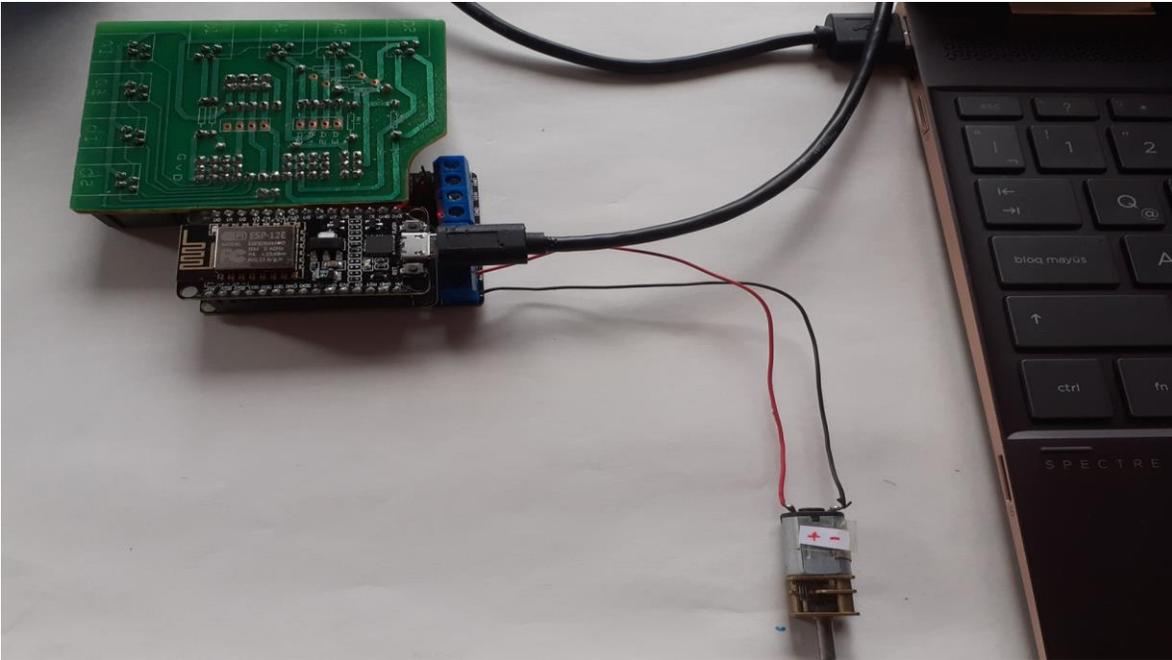
void setup() {
}

void loop() {

  pin.motorA(HIGH, 500); //motorA en dirección positiva, velocidad 500
  delay(1000); // espera de un segundo
  pin.motorA(LOW, 300); //motorA en dirección opuesta, velocidad 300
  delay(1000); // espera de un segundo

  pin.End();
}

NodeMCU 1.0 (ESP-12E Módulo), 80 MHz, Flash, Legacy (new can return nullptr), All SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS:2MB OTA~1019kB), 2 v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 en COM7
12:42 p. m.
```



Ejemplo 5: servo

```
servo Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
servo
//servo

#include <SCABCH3.h>
SCABCH3 pin = SCABCH3();

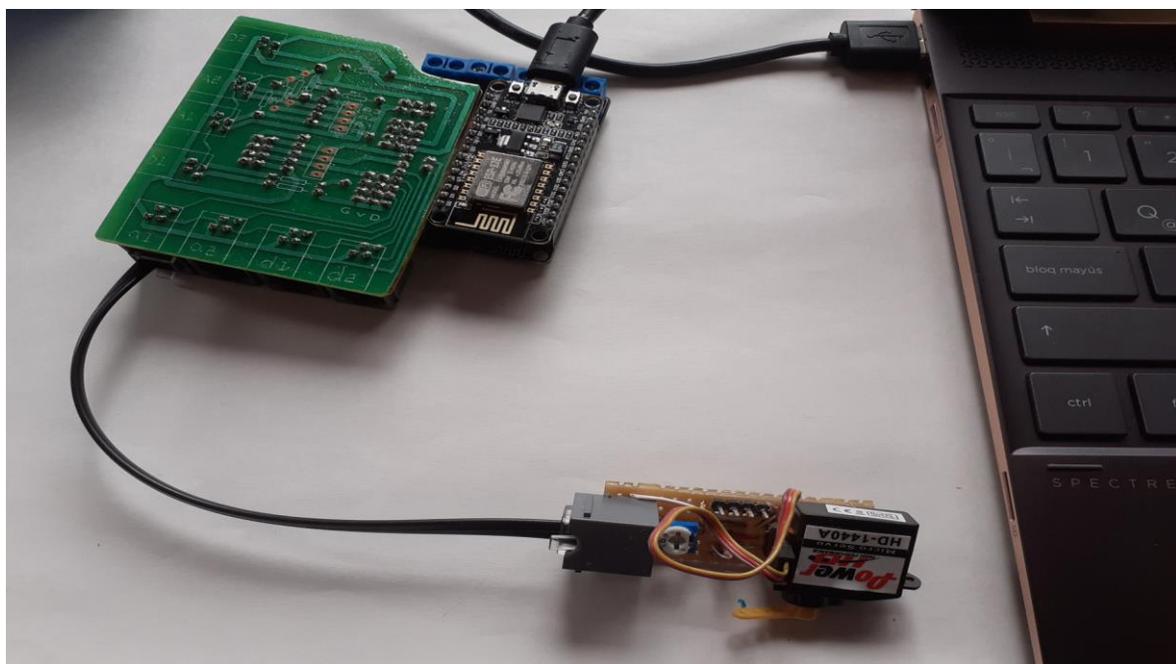
void setup() {
}

void loop() {

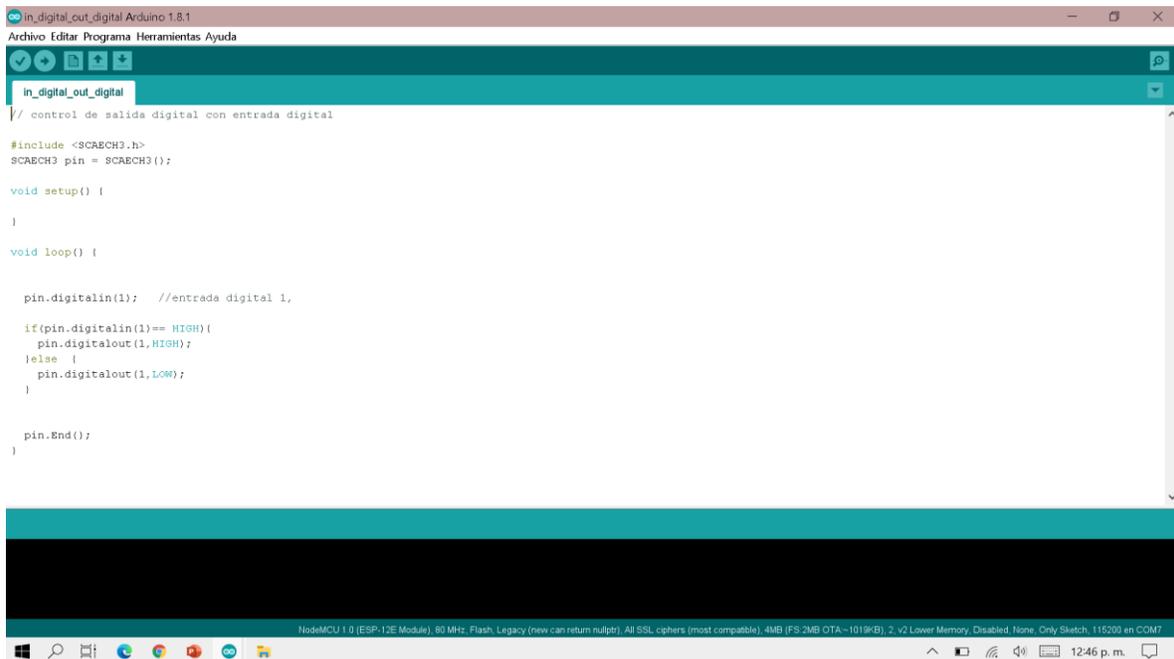
  pin.servo(1,0,1000); //servo 1,ángulo 0°, por un segundo
  pin.servo(1,90,1000); //servo 1,ángulo 90°, por un segundo

  pin.End();
}

NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module), 80 MHz, Flash, Legacy (new can return nullptr), All SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS,2MB OTA~1019kB), 2-v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 en COM7
12:43 p.m.
```



Ejemplo 6: in_digital_out_digital



The screenshot shows the Arduino IDE interface with the following code:

```
in_digital_out_digital Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
in_digital_out_digital
// control de salida digital con entrada digital

#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

void setup() {
}

void loop() {

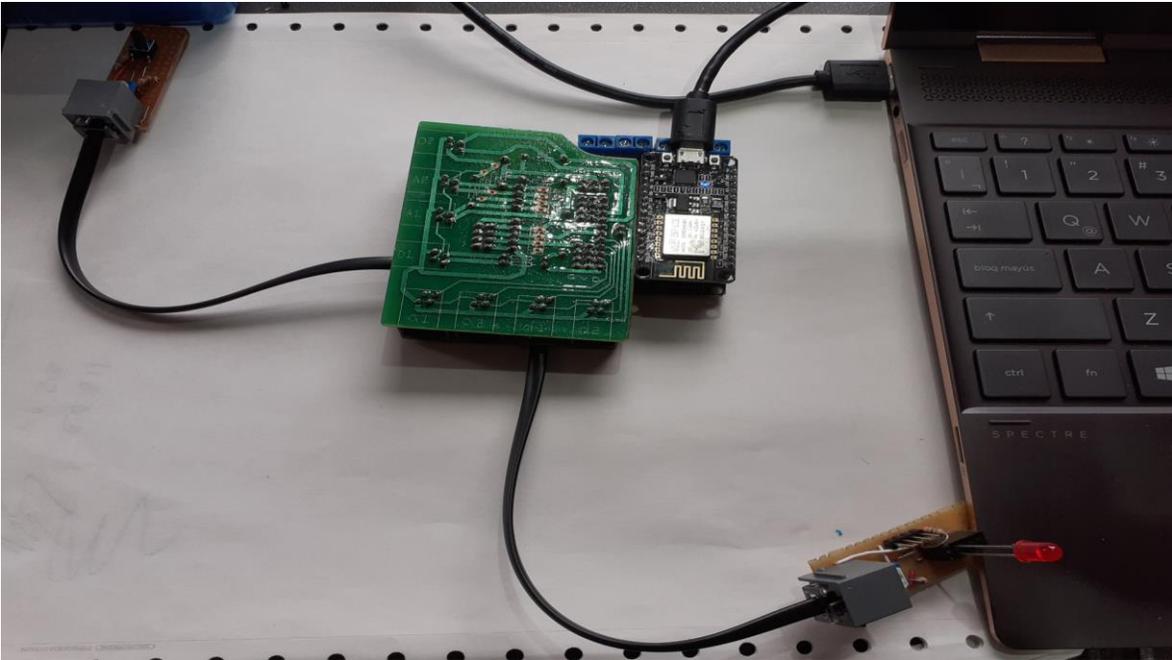
  pin.digitalin(1); //entrada digital 1,

  if(pin.digitalin(1)== HIGH){
    pin.digitalout(1,HIGH);
  }else {
    pin.digitalout(1,LOW);
  }

  pin.End();
}
```

NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module), 80 MHz, Flash, Legacy (new can return nullptr), All SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS:2MB OTA~1019kB), 2 v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 en COM7

12:46 p. m.



Ejemplo 7:
in_analoga_out_servo

```
in_analoga_out_servo Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
in_analoga_out_servo
// control de salida servo con entrada analoga

#include <SCA3CH3.h>
SCA3CH3 pin = SCA3CH3();

void setup() {
}

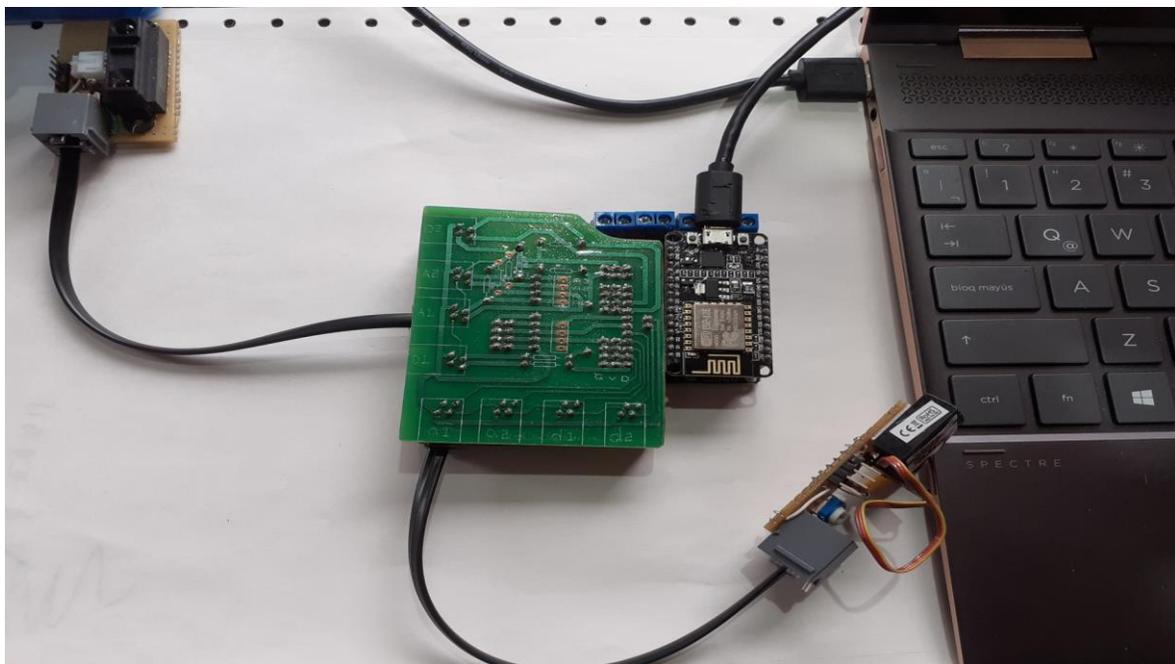
void loop() {

  pin.analogIn(1,75); //entrada analoga 1,tipo de sensor: infrarrojo

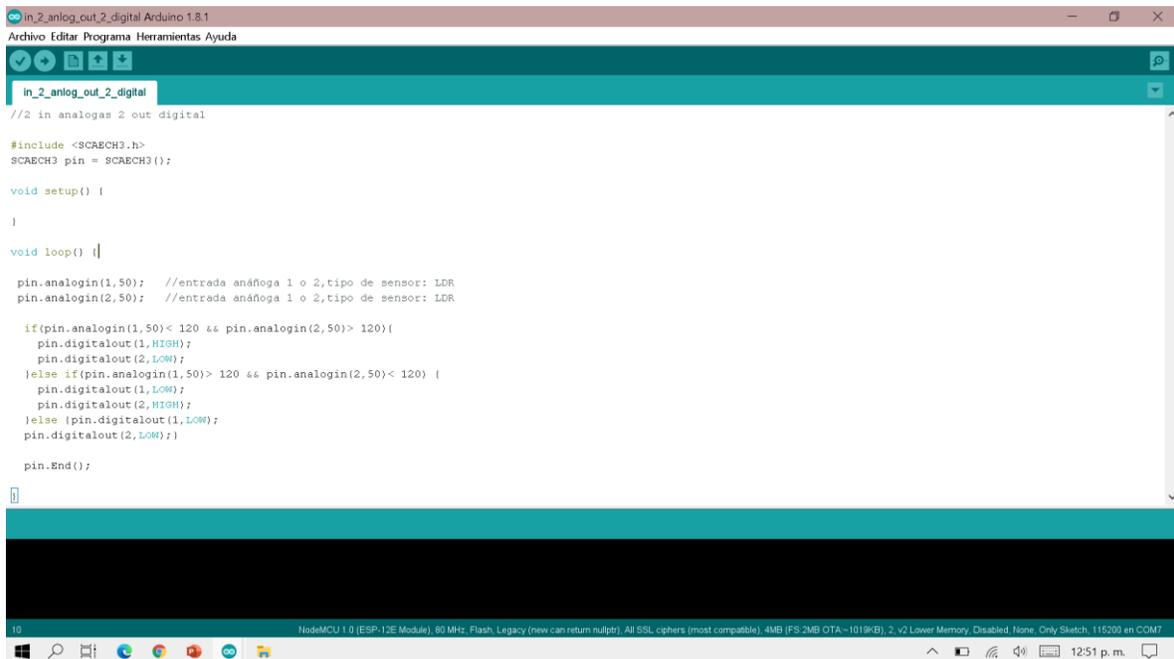
  if(pin.analogIn(1,75)< 120){
    pin.servo(1,90,1000);
  }else {
    pin.servo(1,0,1000);
  }

  pin.End();
}

NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module), 80 MHz, Flash, Legacy (new can return nullptr), All SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS,2MB OTA~1019kB), 2 v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 en COM7
12:49 p. m.
```



Ejemplo 8: in_2_analog_out_2_digital



```
in_2_analog_out_2_digital Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
in_2_analog_out_2_digital
//2 in analogas 2 out digital

#include <SCAECH3.h>
SCAECH3 pin = SCAECH3();

void setup() {
  }

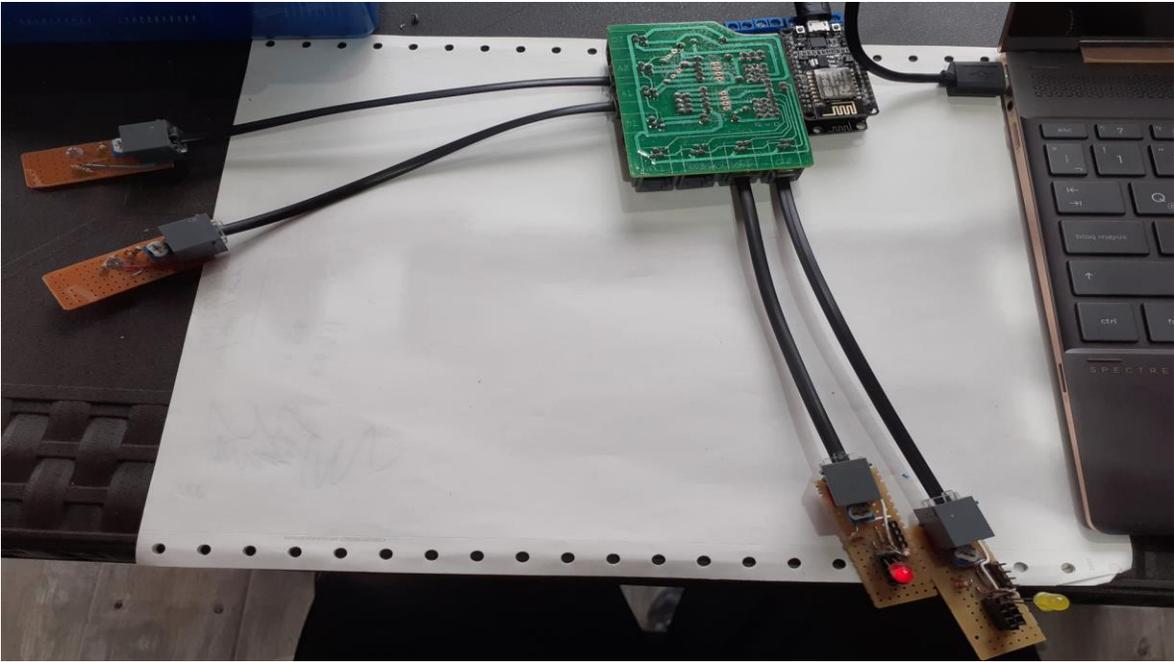
void loop() {

  pin.analogIn(1,50); //entrada anafoga 1 o 2,tipo de sensor: LDR
  pin.analogIn(2,50); //entrada anafoga 1 o 2,tipo de sensor: LDR

  if(pin.analogIn(1,50)< 120 && pin.analogIn(2,50)> 120){
    pin.digitalout(1,HIGH);
    pin.digitalout(2,LOW);
  }else if(pin.analogIn(1,50)> 120 && pin.analogIn(2,50)< 120) {
    pin.digitalout(1,LOW);
    pin.digitalout(2,HIGH);
  }else {pin.digitalout(1,LOW);
    pin.digitalout(2,LOW);}

  pin.End();
}
```

10 NodeMCU 1.0 (ESP-12E Módulo), 80 MHz; Flash, Legacy (new can return nullptr), All SSL ciphers (most compatible), 4MB (FS:2MB OTA~1019kB), 2 v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 en COM7 12:51 p. m.



FIN

ANEXO 8. GUÍA ESTUDIANTES, MODELOS AUTÓNOMOS

Guía de modelos



MODELO 1

EL CAMALEÓN, UN LAGARTO EXPERTO EN CAMUFLAJE

El camaleón es conocido por su capacidad de cambiar de color cuando se siente amenazado y en respuesta a cambios de temperatura, luz, color y otras alteraciones ambientales.



Fuente: www.fotonostra.com/albums/animales/camaleon.htm

MODELO 2

¿COMO FUNCIONAN LAS PLANTAS CARNÍVORAS?

Hay más de 600 plantas carnívoras que se alimentan de insectos y arañas, y existen varios mecanismos de alimentación que han evolucionado para ayudarles a seducir, atrapar e ingerir una presa desprevenida, algunos de estos métodos son utilizados por la famosa Venus atrapamoscas, *Dionaea muscipula*; los cuales requieren un movimiento brusco. El atrapamoscas cierra sus delgadas hojas en forma de V cuando los insectos se posan allí. Pero ¿que es lo que causa el movimiento?

De acuerdo con Julia Cooke, ecóloga del instituto Hawkesbury y de medio ambiente de la universidad de Western Sydney, en Australia todo comienza con pequeños pelos en el interior de la hoja, los cuales constituyen una trampa. Estos diminutos pelos actúan como sensores de movimiento, "cuando un insecto toca estos pelos se dispara el cierre".



Fuente: ar.pinterest.com/pin/73324300159286585/

MODELO 3

¿PORQUE LOS GIRASOLES SE ORIENTAN HACIA EL SOL?

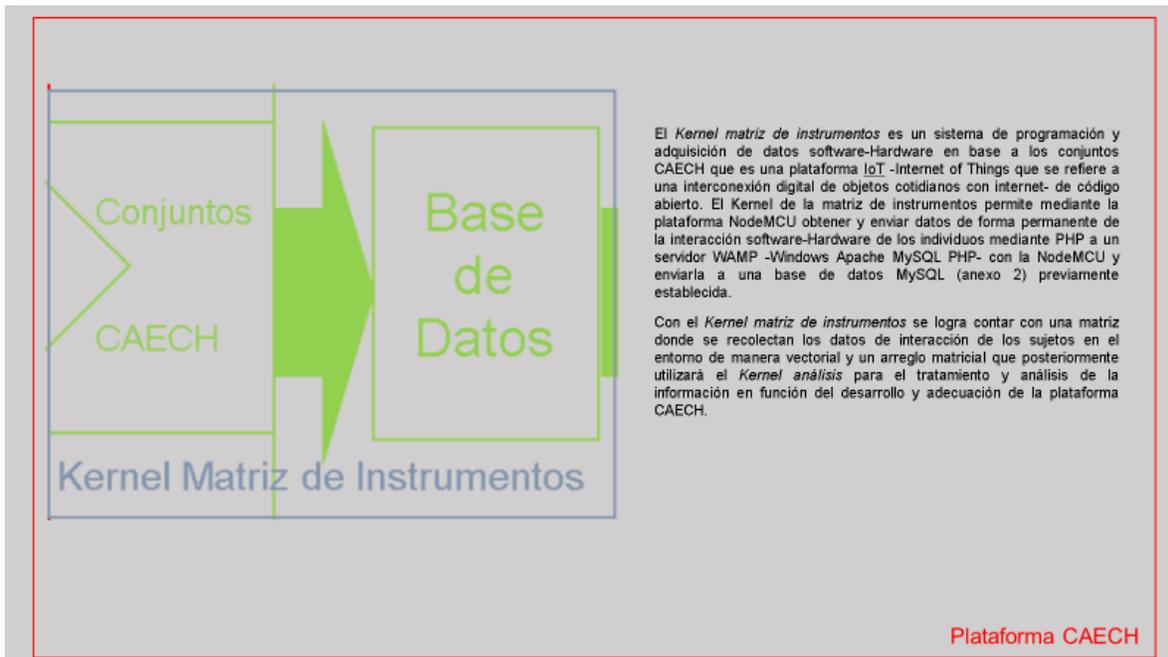
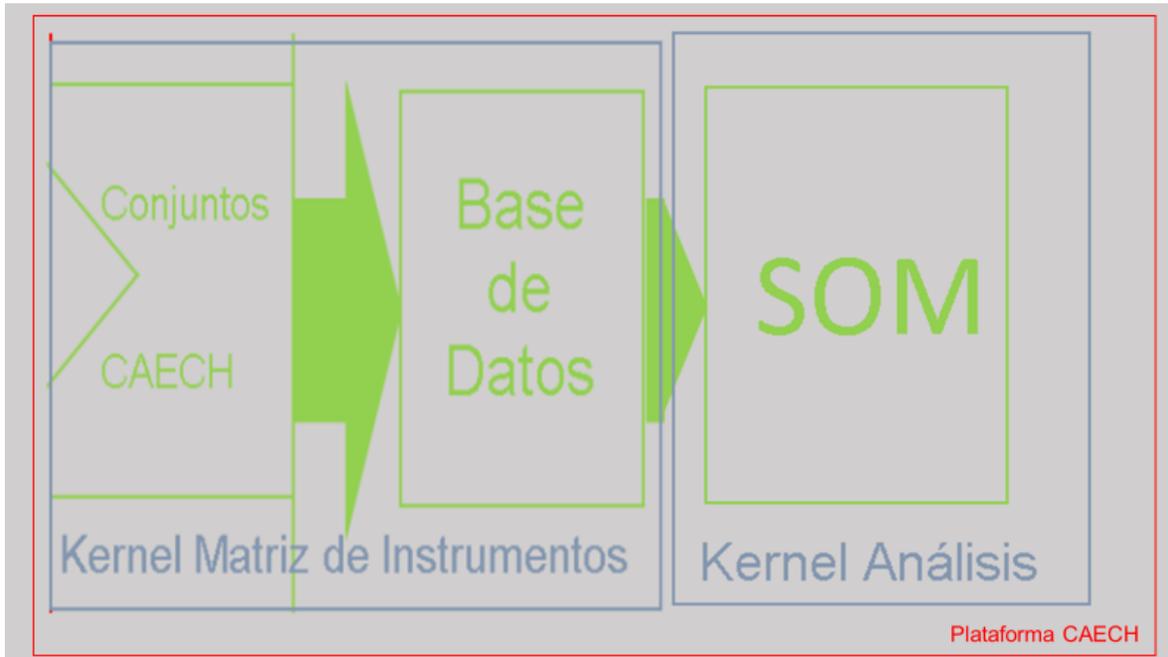
Sabemos que las plantas crecen hacia el sol para captar más luz con sus hojas, pero... ¿por qué orientan su flor? La respuesta se basa en un fenómeno denominado heliotropismo, que no es más que el movimiento que realizan las plantas hacia el sol. Por explicarlo de otra forma más sencilla, el girasol es capaz de responder al estímulo de la luz solar con giro para captar la mayor cantidad de luz posible.

Una última curiosidad es que la disposición de las semillas en los girasoles no están hechas de forma azarosa, sino que siguen un patrón matemático.



Fuente: www.lavidacotidiana.es/por-que-los-girasoles-giran-y-siguen-al-sol/

ANEXO 9. PLATAFORMA CAECH





Componentes conjuntos CAECH

Numeral	Componente	cantidad	descripción
1	Conector PC-tarjeta CAECH	1	Conector
2	Conector sensores/actuadores CAECH	8	
3	Tarjeta CAECH	1	Tarjeta de control
4	Sensor de posición	2	Sensor
5	Sensor de luz	2	
6	Sensor de distancia	1	
7	Sensor de tacto	2	
8	Motor	2	
9	LED	2	
10	Servo	1	

Conjunto CAECH

1-2. CONECTORES

Conector PC-Tarjeta CAECH

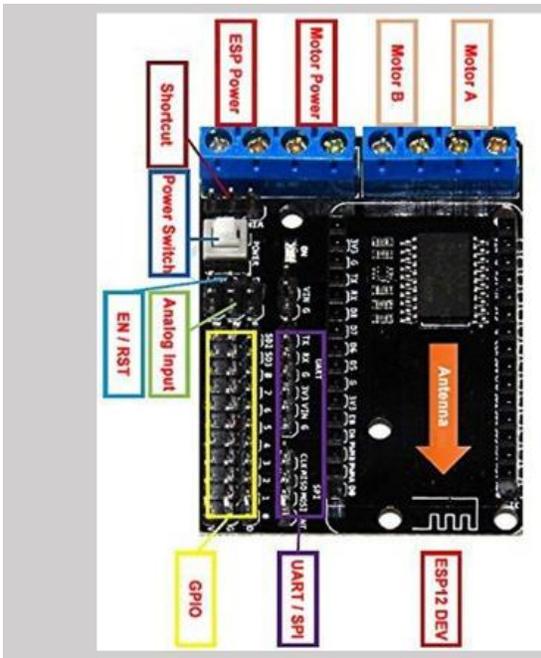
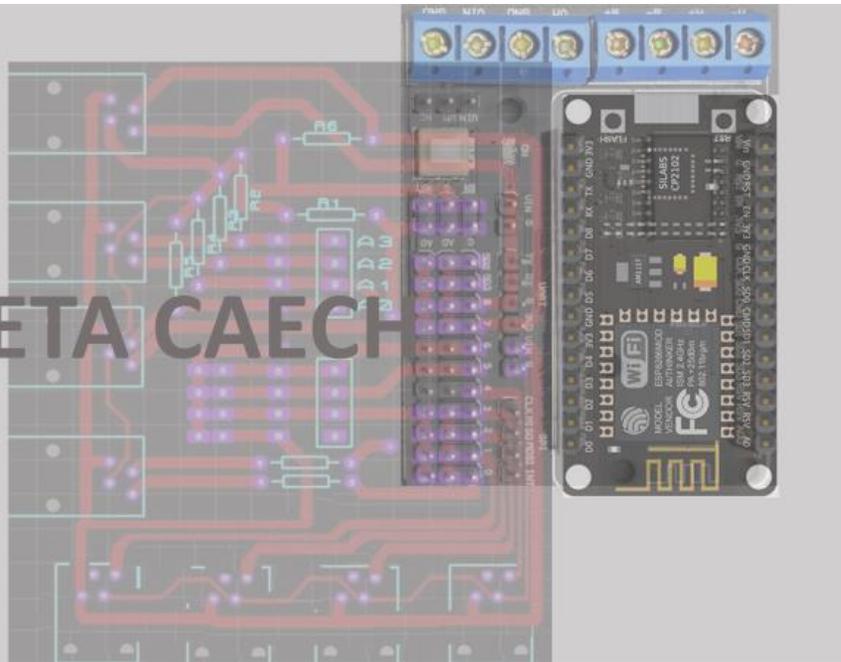


Conector Sensores/Actuadores CAECH

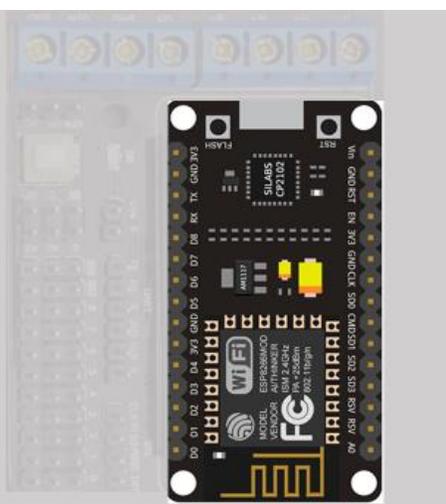
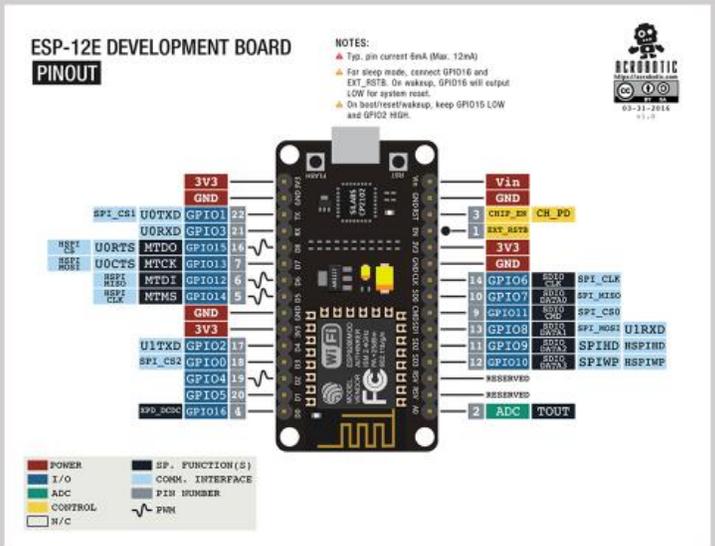


CONECTORES CAECH

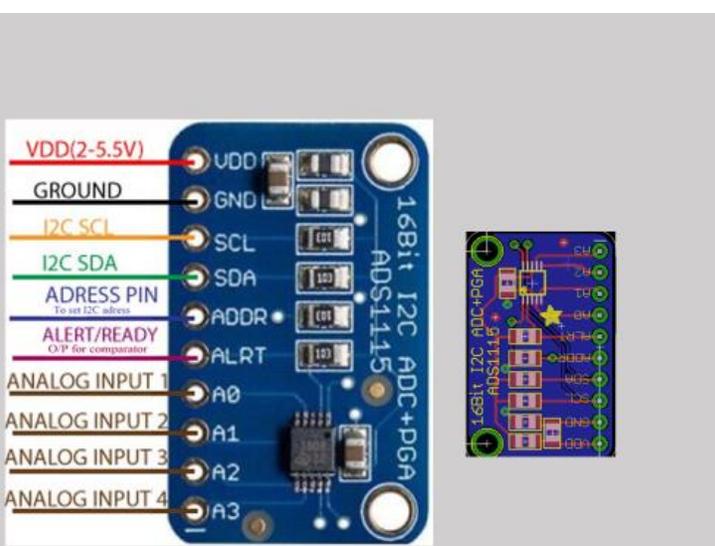
3. TARJETA CAECH



NodeMcu Motor Shield



NodeMcu ESP-12E



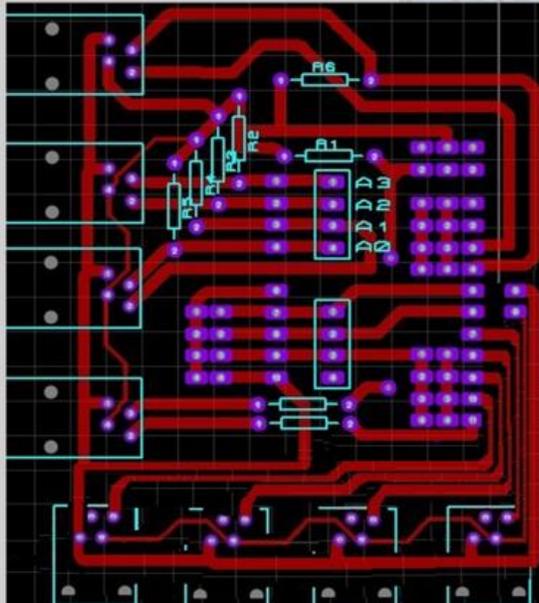
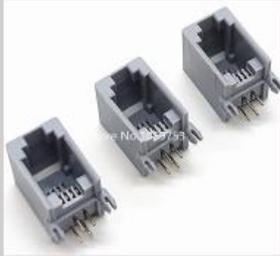
ADS 1115

R1=R2=R3=R4=R5=R6

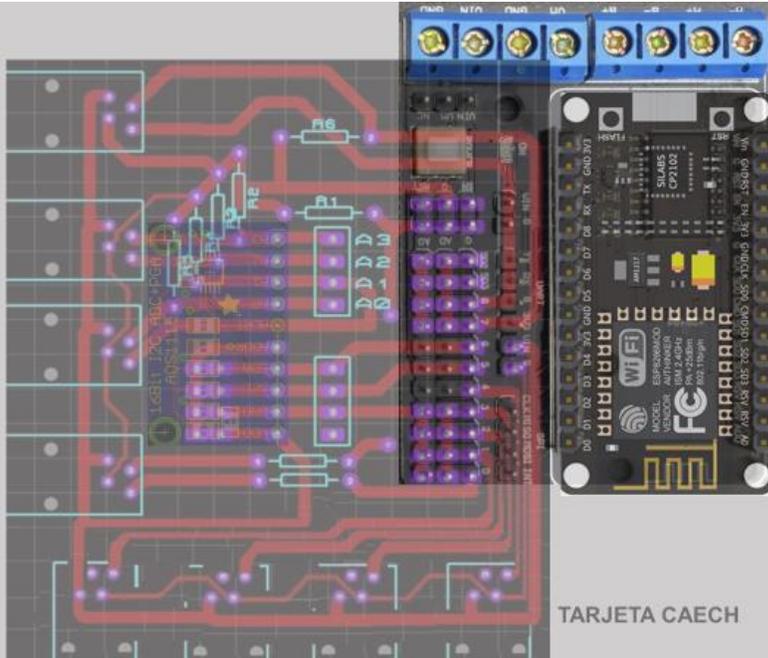


10k Ohm.

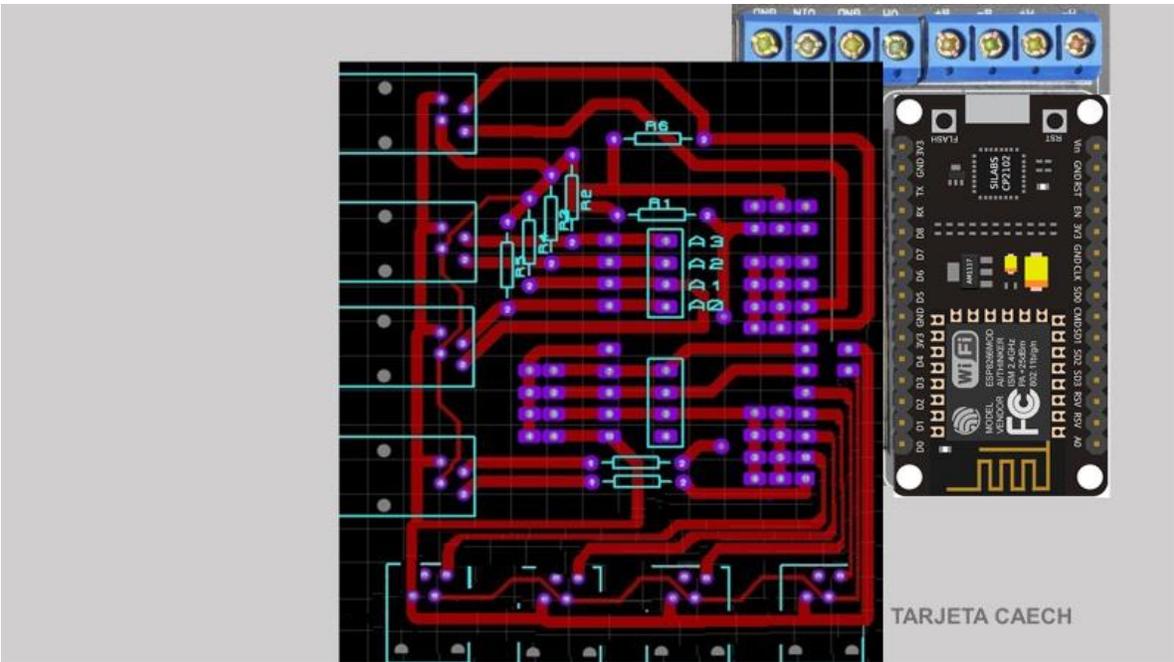
RJ25



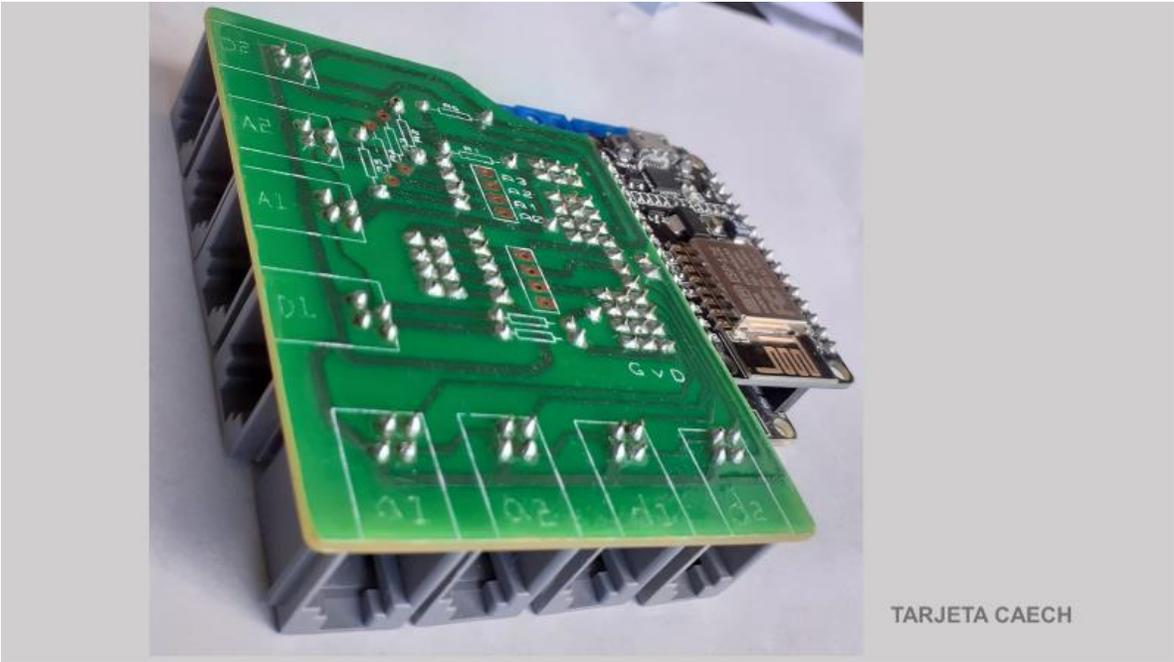
PCB CAECH



TARJETA CAECH



TARJETA CAECH



TARJETA CAECH

Sensores CAECH

Actuadores CAECH

Conector sensores/actuadores-CAECH

4-10 .SENSORES/ACTUADORES CAECH

SENSORES CAECH

Sensor de tacto



Sensor de distancia



Sensor de Luz

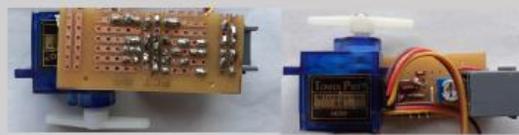


Sensor de posición



ACTUADORES CAECH

Servo



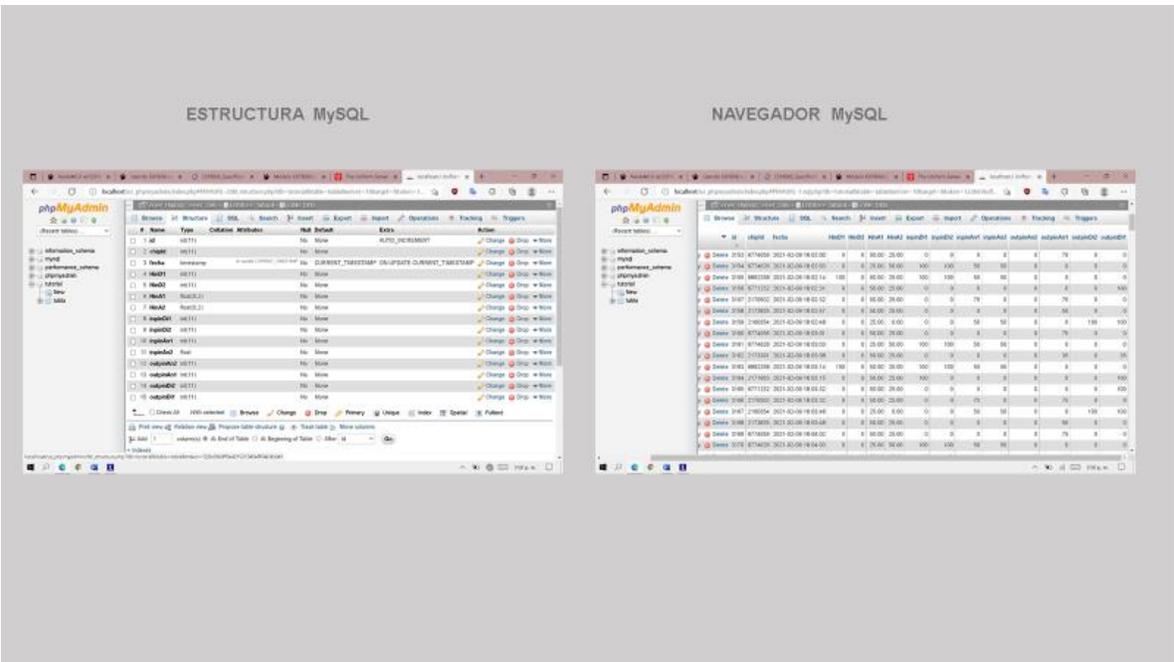
LED



Motor



SENSORES/ACTUADORES CAECH



El subsistema de análisis de información de la plataforma CAECH es el bloque *Kernel análisis* que consiste en una herramienta en base a redes neuronales SOM desarrollada en MATLAB (anexo 3) que hace parte de la inteligencia artificial en base a Mapas Autoorganizados -SOM- en concordancia con Buendía (2015), el bloque obtiene la información de la dinámica del estudiante en el entorno constructorista n-dimensional de la base de datos del bloque *Kernel matriz de instrumentos*, la almacena mediante matrices hiper-dimensionales y la presenta en un análisis 2-dimensional conservando la topología de los datos captados de la dinámica del entorno constructorista.



Plataforma CAECH

"Figure 1"

Cuando se inicia el Kernel Análisis lo primero que aparece en pantalla del servidor es una ventana (grafico 1) llamada "Figure 1" en Matlab con 5 gráficos, el primero de ellos de izquierda a derecha y de arriba abajo consiste en un gráfico en donde se presenta el vector 13-dimensional, el eje "x" del gráfico representa la coordenada n del vector y el eje "y" representa la magnitud de la coordenada n que se le presenta al SOM.

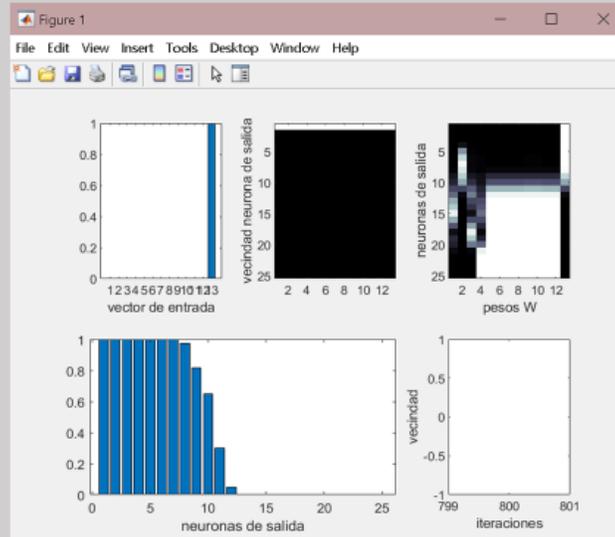
El segundo gráfico presenta la neurona y su correspondiente radio de vecindad topológico que está utilizando el SOM para clasificar la información, el eje "x" presenta las 12 dimensiones del vector de entrada y el eje "y" la neurona activada, en este caso el color blanco representa el radio topológico utilizado por la neurona para analizar los vectores de entrada.

Un tercer gráfico nos muestra la variación de los valores de aprendizaje en tiempo real en función de las iteraciones de la red neuronal, el eje "x" presenta cada uno de los valores del aprendizaje de las 13 dendritas de la neurona, el eje "y" presenta cada una de las neuronas del SOM.

El cuarto gráfico presenta en tiempo real los valores de salida de los axones de las neuronas de salida, el eje "x" presenta las 25 neuronas de salida y el eje "y" el valor de salida del axón.

El quinto gráfico de la ventana muestra el número de iteraciones de la red en función del radio de vecindad, el eje "x" presenta las iteraciones y el eje "y" el radio de vecindad.

La "figure 1" aparece siempre que se activa la tecla espacio en cada una de las 3 cortaduras de análisis de la dinámica de aprendizaje.

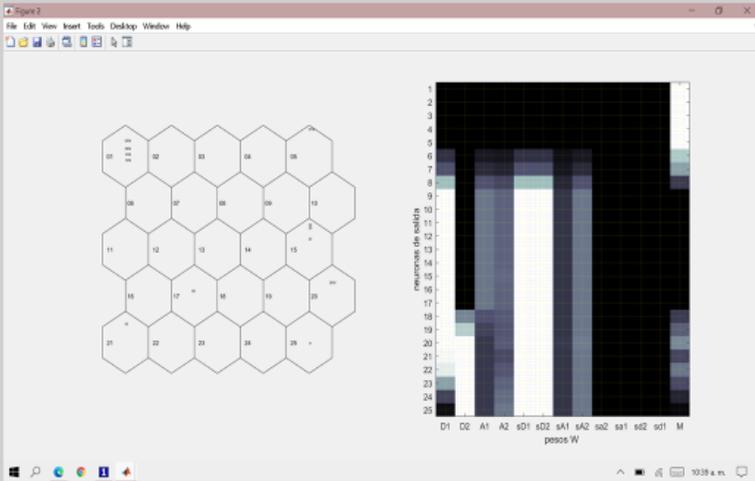


n-CORTADURAS: "Figure 2", "Figure 3", "Figure 4"

Cada vez que finaliza el cálculo el *kernel Análisis* la ventana "Figure 1" finaliza también su actividad y aparece una segunda ventana (gráfico 2) que corresponde a las cortaduras del SCAECH que muestran el mapeo de la interacción de los sujetos en el entorno constructorista en el momento n (n=2,3,4).

Cada cortadura está representada por la ventana llamada "Figure n" (n=2,3,4) donde se muestran dos gráficos de izquierda a derecha; el segundo gráfico presenta en tres dimensiones el resultado de la clasificación del SCAECH en función de las 13 variables (tabla 1) utilizadas. Las neuronas de clasificación de la red y los valores recursos de hardware y software utilizados. El eje "x" presenta cada una de las coordenadas de las variables de software y hardware y Moledo tenidas en cuenta por el SCAECH para hacer el análisis automático, el eje "y" presenta cada una de las neuronas de salida, finalmente el color partiendo del negro y migrando al blanco por una gama de grises representa el valor asignado por el SCAECH (figura 5) a la coherencia del modelo, al recurso software y al recurso hardware utilizados por el sujeto inmerso en el entorno constructorista.

El primer gráfico muestra la red neuronal con las 25 neuronas donde a partir de los resultados del análisis del gráfico anterior se clasifican los sujetos en las neuronas del SCAECH, algunos al lado de una letra M que identifica la coherencia software/hardware de entradas de los sujetos



n-CORTADURAS: "Figure 2", "Figure 3", "Figure 4"

Cada vez que finaliza el cálculo el *kernel Análisis* la ventana "Figure 1" finaliza también su actividad y aparece una segunda ventana (gráfico 2) que corresponde a las cortaduras del SCAECH que muestran el mapeo de la interacción de los sujetos en el entorno constructorista en el momento n (n=2,3,4).

Cada cortadura está representada por la ventana llamada "Figure n" (n=2,3,4) donde se muestran dos gráficos de izquierda a derecha; el segundo gráfico presenta en tres dimensiones el resultado de la clasificación del SCAECH en función de las 13 variables (tabla 1) utilizadas. Las neuronas de clasificación de la red y los valores recursos de hardware y software utilizados. El eje "x" presenta cada una de las coordenadas de las variables de software y hardware y Moledo tenidas en cuenta por el SCAECH para hacer el análisis automático, el eje "y" presenta cada una de las neuronas de salida, finalmente el color partiendo del negro y migrando al blanco por una gama de grises representa el valor asignado por el SCAECH (figura 5) a la coherencia del modelo, al recurso software y al recurso hardware utilizados por el sujeto inmerso en el entorno constructorista.

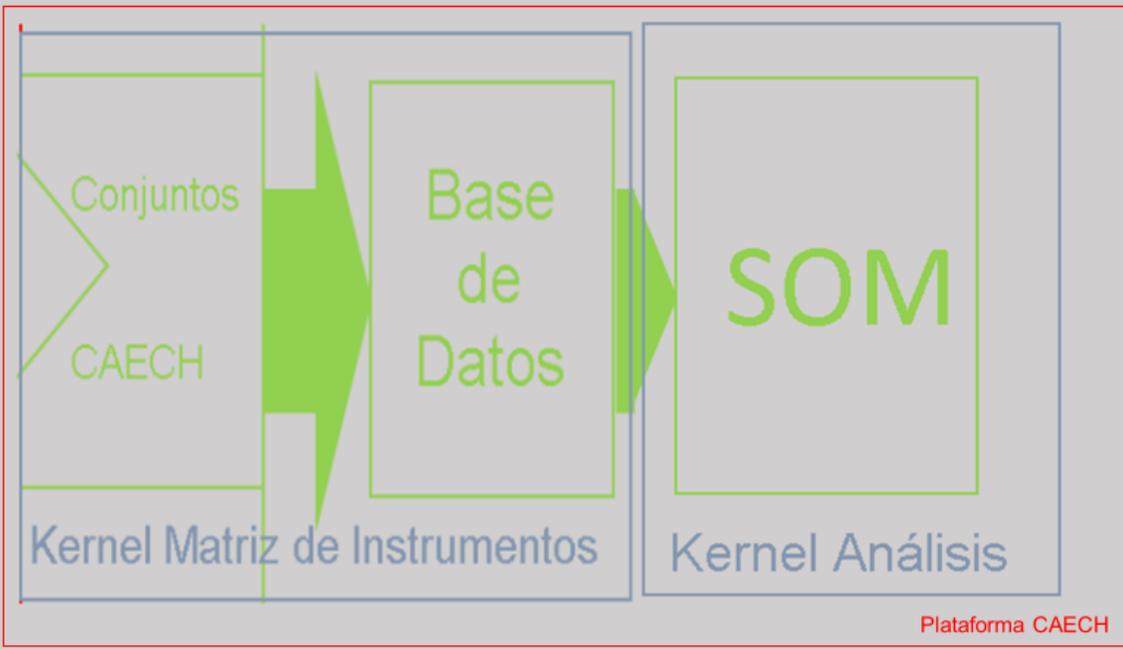
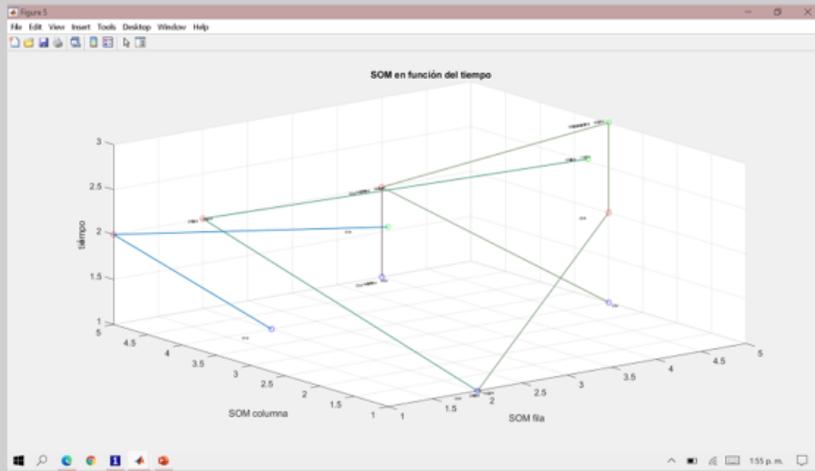
El primer gráfico muestra la red neuronal con las 25 neuronas donde a partir de los resultados del análisis del gráfico anterior se clasifican los sujetos en las neuronas del SCAECH, algunos al lado de una letra M que identifica la coherencia software/hardware de entradas de los sujetos

Clase	Variables	Entrada	Salida	Valor neuronal asignado por el SCAECH												
Hardware	D01	Puerto D01		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color asignado</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>75</td><td>75</td></tr> <tr><td>50</td><td>50</td></tr> <tr><td>25</td><td>25</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Color asignado	Valor asignado	100	100	75	75	50	50	25	25	0	0
	Color asignado	Valor asignado														
	100	100														
	75	75														
	50	50														
	25	25														
0	0															
D02	Puerto D02															
A01	Puerto A01															
A02	Puerto A02															
s01	pin digital s01															
s02	pin digital s02															
Software	sA1	pin analog s(1,25) pin analog s(1,50) pin analog s(1,75)		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color asignado</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>75</td><td>75</td></tr> <tr><td>50</td><td>50</td></tr> <tr><td>25</td><td>25</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Color asignado	Valor asignado	100	100	75	75	50	50	25	25	0	0
	Color asignado	Valor asignado														
	100	100														
	75	75														
	50	50														
	25	25														
	0	0														
	sA2	pin analog s(1,25) pin analog s(1,50) pin analog s(1,75)														
	sA3		pin analog s(2,500) pin analog s(2,1000)													
	sA4		pin analog s(2,500) pin analog s(2,1000)													
sD1		pin digital s(1,10-1) pin digital s(1,10-1) pin digital s(2,10-1) pin digital s(2,10-1)														
Coherencia	M			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color asignado</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>75</td><td>75</td></tr> <tr><td>50</td><td>50</td></tr> <tr><td>25</td><td>25</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Color asignado	Valor asignado	100	100	75	75	50	50	25	25	0	0
	Color asignado	Valor asignado														
100	100															
75	75															
50	50															
25	25															
0	0															

TRAYECTORIAS DE CORTADURAS NODALES 4D

Cuando el SCAECH elabora las tres ventanas de las cortaduras ("Figure 2", "Figure 3", "Figure 4") el administrador del sistema SCAECH puede proceder a oprimir nuevamente la tecla espacio y automáticamente el sistema elaborará una ventana llamada "Figure 5" que consta de un mapa de las trayectorias de cortaduras nodales en 4D de las tres cortaduras del sistema a partir de la ubicaciones de los sujetos en la red neuronal en función del tiempo, es decir se tendrán cuenta las tres dimensiones de los mapas de cortadura junto con la variable tiempo para tres momentos de la dinámica constructorista (grafico 3).

Los ejes "x" y "y" describen la fila y la columna de la red neuronal donde se encuentra la neurona que identifica el trabajo realizado por el sujeto inmerso en el entorno constructorista y el eje tiempo describe los tres momentos del trabajo del sujeto captados por las tres cortaduras lo que conlleva a una representación en 4 dimensiones de la dinámica de las estructuras del aprendizaje de los estudiantes en el entorno constructorista.



ANEXO 10: VALIDACIÓN EXPERTA



Universidad de Baja California

**SISTEMA DE CARACTERIZACIÓN DEL APRENDIZAJE EN UN ENTORNO
CONSTRUCCIONISTA VÍA HOMOLOGÍA SCAECH**

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
DOCTORADO EN EDUCACIÓN**

Presentado por:

AUTOR: José Ferney Cortés Garnica

ASESOR: Dr. DIEGO ARMANDO BAUTISTA DIAZ

Baja california -México

SISTEMA DE CARACTERIZACIÓN DEL APRENDIZAJE EN UN ENTORNO CONSTRUCCIONISTA VÍA HOMOLOGÍA SCAECH

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Caracterizar el aprendizaje de los estudiantes de la educación media en Bogotá Colombia en un entorno constructorista vía homología mediado por actividades de modelado y simulación escolar.

Objetivos específicos

Identificar parámetros que intervienen en la construcción de las estructuras de conocimiento en un entorno constructorista soportado por software y hardware en el modelamiento y la simulación escolar.

Describir el trabajo del estudiante en actividades de modelado y la simulación en el entorno constructorista.

Caracterizar las actividades relacionadas con el aprendizaje a partir de un sistema Software–Hardware de caracterización del aprendizaje de los estudiantes en un entorno constructorista.

Identificar rasgos comunes, regularidades, correlaciones o categorías en los datos obtenidos por un sistema de caracterización del aprendizaje de los estudiantes en un entorno constructorista.

1. Operacionalización de variables

Clase	Variables	Entrada	Salida	Valor nominal asignado por el SCAECH																								
Hardware	D1	Puerto D1		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de señal</th> <th>Tipo de sensor</th> <th>Color asignado SCAECH</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>digital</td> <td>Tacto</td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Analoga</td> <td>Distancia</td> <td></td> <td>75</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Luz</td> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rotación</td> <td></td> <td>25</td> </tr> <tr> <td></td> <td>No utilizado</td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de señal	Tipo de sensor	Color asignado SCAECH	Valor asignado	digital	Tacto		100	Analoga	Distancia		75		Luz		50		Rotación		25		No utilizado		0
	Tipo de señal	Tipo de sensor	Color asignado SCAECH		Valor asignado																							
	digital	Tacto			100																							
	Analoga	Distancia			75																							
	Luz		50																									
	Rotación		25																									
	No utilizado		0																									
D2	Puerto D2																											
A1	Puerto A1																											
A2	Puerto A2																											
Software	sD1	pin.digitalin(1)		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de señal</th> <th>Tipo de sensor</th> <th>Color asignado SCAECH</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>digital</td> <td>Tacto</td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Analoga</td> <td>Distancia</td> <td></td> <td>75</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Luz</td> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rotación</td> <td></td> <td>25</td> </tr> <tr> <td></td> <td>No utilizado</td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de señal	Tipo de sensor	Color asignado SCAECH	Valor asignado	digital	Tacto		100	Analoga	Distancia		75		Luz		50		Rotación		25		No utilizado		0
	Tipo de señal	Tipo de sensor	Color asignado SCAECH		Valor asignado																							
	digital	Tacto			100																							
	Analoga	Distancia			75																							
		Luz			50																							
		Rotación			25																							
		No utilizado			0																							
	sD2	pin.digitalin(2)																										
	sa1	pin.analogin(1,25)																										
		pin.analogin(1,50) pin.analogin(1,75)																										
sa2	pin.analogin(1,25)																											
	pin.analogin(1,50) pin.analogin(1,75)																											
sa2		pin.analogout(2,500) pin.servo(2,0,1000)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de señal</th> <th>Color asignado SCAECH</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>digital</td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Analoga</td> <td></td> <td>75</td> </tr> <tr> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td></td> <td>25</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de señal	Color asignado SCAECH	Valor asignado	digital		100	Analoga		75		50		25		0										
Tipo de señal	Color asignado SCAECH	Valor asignado																										
digital		100																										
Analoga		75																										
		50																										
		25																										
		0																										
sa1		pin.analogout(2,500) pin.servo(2,0,1000)																										
sd2		pin.digitalout(1,HIGH) pin.digitalout(1,LOW)																										
		pin.digitalout(2,HIGH) pin.digitalout(2,LOW)																										
sd1																												
coherencia software/hardware	M			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color asignado SCAECH</th> <th>Valor asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td></td> <td>75</td> </tr> <tr> <td></td> <td>50</td> </tr> <tr> <td></td> <td>25</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Color asignado SCAECH	Valor asignado		100		75		50		25		0												
Color asignado SCAECH	Valor asignado																											
	100																											
	75																											
	50																											
	25																											
	0																											

2 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El instrumento de recolección de datos de interacción en el entorno constructorista son los conjuntos CAECH un desarrollo propio con la tecnología IoT (anexo4), construidos en base a la placa de desarrollo NodeMCU que a su vez se basa en el micro ESP8266 (anexo1); estos conjuntos están compuestos por dispositivos electrónicos de entrada, salida y una tarjeta CAECH que a través de un equipo de cómputo con software libre (Arduino) permiten al usuario construir modelos y simulaciones en áreas STEM (ciencia tecnología, ingeniería y matemáticas) y de forma paralela recopilan información del usuario y la envía vía WIFI mediante PHP(anexo 5) a una base de datos MySQL (anexo 2) mediante una librería creada en Arduino por el autor de la investigación (anexo 6).

Es de gran importancia la calidad de los datos que se obtenga del entorno constructorista en el cual se hace el estudio, por ello se requiere un sistema óptimo de captación de datos de calidad que permita captar una gran cantidad de estos en tiempo real para un posterior análisis.

Con este objetivo se diseñó un sistema automatizado basado en tecnología IoT, llamado *Kernel Matriz de instrumentos* de la plataforma CAECH, compuesto por los conjuntos CAECH, un servidor WAMP -Windows Apache MySQL PHP- y una base de datos MySQL para garantizar una captación de calidad y con cantidad suficiente para albergar vectores de 12 dimensiones en tiempo real en intervalos muy cortos de tiempo. El funcionamiento del sistema adquisición de datos, los conjuntos CAECH y el tratamiento de datos se puede ver en detalle en el siguiente video:

<https://youtu.be/hH2izJKDr M>

La guía para el video es la siguiente:

0:00 Conjuntos CAECH

1:00 IDE Arduino y librería SCAECH

1:21 Conexión de Hardware

2:30 Explicación del programa mediado por el SCAECH

3:50 Monitor serie

4:21 Funcionamiento programa mediado por el SCAECH

5:22 adquisición de datos vía MySQL

7:12 Análisis vía Matlab

7:30 Verificación datos captados por Matlab de MySQL

7:42 Cálculos "figure 1" de la red neuronal

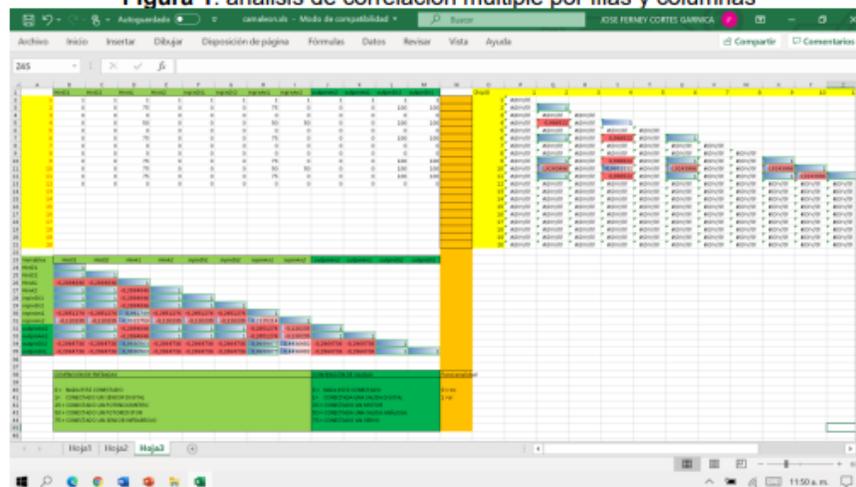
8.20 Resultados de cortaduras SCAECH, explicación

10:02 Explicación pedagógica

3 INSTRUMENTO DE COMPROBACIÓN DE DATOS (OPCIONAL)

Para la auditoría del *Kernel Matriz de instrumentos* de la plataforma CAECH se establece un protocolo de verificación de datos opcional mediante una matriz en Excel y un análisis parcial de correlación múltiple anexo proveniente de la base de datos MySQL (figura 1) mediante MATLAB que permite verificar los datos por parte de un observador externo y permite validar la recopilación de la información necesaria para caracterizar la dinámica del aprendizaje de los sujetos en el entorno constructorista.

Figura 1. análisis de correlación múltiple por filas y columnas



Fuente: elaboración propia

Las evidencias de las implementaciones con estudiantes, análisis parcial de correlación múltiple, mapas, explicación completa de la propuesta SCAECH y los anexos mencionados se encuentran en el servicio de almacenamiento en la nube Mega en el siguiente enlace:

https://mega.nz/folder/tFhyELZC#8W_ubmCQicievaxiqn5Q

ENCUESTA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

I. DATOS DEL EXPERTO INFORMANTE

Apellidos y nombres: Nelson Enrique Barrios Jara

Grado académico: PhD en Educación

II. DATOS DEL TESISISTA

Apellidos y nombres: José Ferney Cortés Garnica

Institución donde labora: Manuel Cepeda Vargas IED

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 00-30%	REGULAR 31-50%	BUENA 51-70%	MUY BUENA 71-90%	EXCELENTE 91-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					X
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X

4.Organizacion	Existe una organizaci3n l3gica.					X
5.Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
6.Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la investigaci3n a realizar.					X
7.Consistencia	Basado en aspectos te3rico-científicos del tema de investigaci3n .					X
8.Coherencia	Entre dimensiones (si hubiera), indicadores, items e índices					X
9.Metodología	La estrategia responde al prop3sito de la investigaci3n					X
10.Pertinencia	El instrumento es adecuado para el prop3sito de la investigaci3n .					X

IV. PROMEDIO DE VALORACI3N

100 (%)

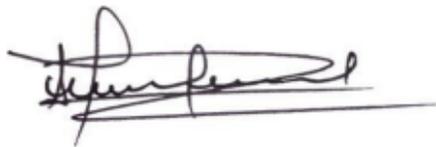
V. INFORME DE APLICABILIDAD

(x) El instrumento puede ser aplicado, tal como est3 elaborado.

() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado, y nuevamente validado.

VI. RECOMENDACIONES AL TESISISTA (en caso de mejoramiento)

Lugar y fecha: Bogotá 08/09/2021



Firma del Experto Informante.

Titulo doctoral en: Doctor en Gerencia y Política Educativa

Filiación laboral: Universidad Distrital Francisco José de Caldas

C.C.: 79.800.847

Correo Electrónico: nebarriosj@udistrital.edu.co

Celular:3017813886