



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
TEXTIL**

TEMA:

**“ELABORACIÓN DE UN ACABADO QUE ABSORBE CO₂ DEL AMBIENTE
UTILIZANDO ÓXIDO DE ZINC EN TELA 100% ALGODÓN”**

AUTORA: DANIELA RAQUEL CACUANGO TUQUERRES

DIRECTOR: Msc. WILLAM RICARDO ESPARZA ENCALADA

IBARRA-ECUADOR

2019-2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DEL CONTACTO | |
|----------------------|-----------------------------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 100382655-7 |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | CACUANGO TUQUERRES DANIELA RAQUEL |
| DIRECCIÓN: | SANTO DOMINGO DE SAN ANTONIO |
| EMAIL: | danielis.150.cacuango@gmail.com |
| TELÉFONO: | 969549494 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|----------------------------|--|
| TÍTULO: | ELABORACIÓN DE UN ACABADO QUE ABSORBE CO ₂ DEL AMBIENTE UTILIZANDO ÓXIDO DE ZINC EN TELA 100% ALGODÓN |
| AUTOR(ES): | Daniela Raquel Cacuango Tuquerres |
| FECHA: | 18-12-2019 |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE SE OPTA: | Ingeniería Textil |
| ASESOR/DIRECTOR: | Msc. Willam Esparza |

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá a defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, noviembre del 2019.

LA AUTORA:



Daniela Raquel Cacuango Tuquerres

C.C: 100382655-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA ES CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por la egresada DANIELA RAQUEL CACUANGO TUQUERRES, para optar el título de INGENIERA TEXTIL, cuyo tema es “ELABORACIÓN DE UN ACABADO QUE ABSORBE CO₂ DEL AMBIENTE UTILIZANDO ÓXIDO DE ZINC EN TELA 100% ALGODÓN”, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los opositores que se designe.

En la ciudad de Ibarra, 18 de diciembre del 2019

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Willam Esparza". The signature is written in a cursive style and is positioned above the printed name.

MSC. WILLAM ESPARZA

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA ES CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Dedicado, a mi padre Alfonso Cacuango y a mi madre Aida Tuquerres que siempre tuvieron sus brazos abiertos y sus corazones llenos de amor para inculcarme valores humanos y de responsabilidad desde pequeña. Quienes me apoyaron y me ayudaron incondicionalmente a lo largo de estos años con el único objetivo de que pudiera cumplir mis metas y sueños.

A mis hermanos, en especial a mis hermanos Silvia y Luis que fueron los primeros en apoyarme para que pudiera iniciar con mi carrera profesional, quienes nunca dejaron de confiar en mi y me brindaron todo su amor y apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera.

A mi hija Romina que desde el primer instante ilumino mi vida y se a convertido en mi motor de vida, quien me da las fuerzas para seguir adelante superando todos los obstaculos o malos momentos que se presenten.

A mi compañero de vida y padre de mi hija Alex, quien en los momentos más difíciles continuó a nuestro lado; quien con su amor y apoyo me motiva a seguir cumpliendo mis metas y sueños.

Daniela Cacuango Tuquerres



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA ES CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A mis padres y familiares quienes fueron el pilar fundamental para que pueda continuar con mis estudios.

Mis profundos agradecimientos a mi tutor de tesis Msc. Willam Esparza por toda su paciencia, compromiso y ayuda quien supo guiarme con sus conocimientos técnicos en todos procesos de la investigación.

A mis compañeros y amigos, en especial a Jessy, Anita, Laurita y Frank que fueron un gran apoyo, con quienes tuve la suerte de desarrollar una linda amistad convirtiendose en una segunda familia.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, a la carrera de Ingeniería Textil, sus docentes y en especial al Msc. Fernando Fierro quien supo guiarme en mis practicas pre-profesionales.

A todas las personas que de una u otra forma me apoyaron y confiaron en que podia culminar una carrera universitaria.

Daniela Cacuango Tuguerres

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA..... | ii |
| 2. CONSTANCIAS..... | iii |
| CERTIFICACIÓN DEL ASESOR | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO..... | vi |
| INDICE DE CONTENIDO..... | vii |
| INDICE DE TABLAS | x |
| INDICE DE ILUSTRACIONES..... | xi |
| Resumen..... | xii |
| CAPITULO I..... | 1 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.2. Antecedentes..... | 2 |
| 1.3. Importancia | 4 |
| 1.4. Objetivos..... | 6 |
| 1.4.1. Objetivo General | 6 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos..... | 6 |
| 1.5. Características del sitio del proyecto | 6 |
| CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE | 8 |

| | | |
|-------------------------------|---|----|
| 2. | Estudios previos..... | 8 |
| 2.1. | Marco conceptual..... | 11 |
| 2.1.1. | Óxido de zinc | 11 |
| 2.1.2. | Dióxido de carbono | 11 |
| 2.1.3. | Adsorción | 12 |
| 2.1.4. | Contaminación ambiental..... | 12 |
| CAITULO III: METODOLOGÍA..... | | 13 |
| 3.1. | Flujo grama general | 13 |
| 3.2. | Método de la investigación | 14 |
| 3.3. | Lugar de la investigación | 14 |
| 3.4. | Equipos y materiales de laboratorio..... | 15 |
| 3.5. | Flujo grama muestral | 16 |
| 3.6. | Curva y variables | 17 |
| 3.6.1. | Curva de acabado | 17 |
| 3.6.2. | Variables..... | 18 |
| 3.1. | Auxiliares y procedimiento de aplicación..... | 19 |
| 3.1.1. | Definición de los auxiliares | 19 |
| 3.2. | Pruebas en laboratorio..... | 20 |
| 3.2.1. | Procedimiento..... | 20 |
| 3.2.2. | Medición de pH durante el proceso de acabado..... | 21 |

| | |
|---|----|
| 3.2.3. Práctica de laboratorio: Acabado textil | 22 |
| 3.3. Medición de resultados | 27 |
| 3.3.1. Proceso de medición de dióxido de carbono..... | 28 |
| 3.3.2. Práctica de laboratorio: Medición de CO2 | 29 |
| 3.4. Pruebas de lavado | 33 |
| 3.4.1. Materiales y auxiliares | 33 |
| 3.4.2. Procedimiento de lavado | 33 |
| CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 35 |
| 4.1. Resultados | 35 |
| 4.2. Discusión de resultados..... | 36 |
| 4.2.1. Análisis de resultados en tejidos con y sin lavado | 36 |
| 4.2.2. Estequiometria de la reacción | 37 |
| 4.2.3. Análisis de la varianza..... | 39 |
| 4.2.4. Test de normalidad | 40 |
| 4.2.5. Gráficos estadísticos..... | 41 |
| CAPTULO V | 44 |
| 6.1. Conclusiones | 44 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 46 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 48 |
| Anexos..... | 54 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Instrumentos de laboratorio | 15 |
| Tabla 2. Concentración de ZnO | 18 |
| Tabla 3. Materiales para la aplicación de acabado con óxido de zinc | 19 |
| Tabla 4. Tabla de pH..... | 21 |
| Tabla 5. Aplicación de acabado muestra 1..... | 22 |
| Tabla 6. Aplicación de acabado muestra 2..... | 23 |
| Tabla 7. Aplicación de acabado muestra 3..... | 24 |
| Tabla 8. Aplicación de acabado muestra 4..... | 25 |
| Tabla 9. Aplicación de acabado muestra 5..... | 26 |
| Tabla 10. Proceso de medición muestra 1..... | 30 |
| Tabla 11. Proceso de medición muestra 2..... | 30 |
| Tabla 12. Proceso de medición muestra 3..... | 31 |
| Tabla 13. Proceso de medición muestra 4..... | 31 |
| Tabla 14. Proceso de medición muestra 5..... | 32 |
| Tabla 15. Proceso de medición muestra 6..... | 32 |
| Tabla 16. Resultados de medición de dióxido de carbono..... | 35 |
| Tabla 17. Diferencia de resultados en ppm entre tejido sin lavado/con lavado..... | 36 |
| Tabla 18. Resultados de peso molar..... | 37 |
| Tabla 19. Resultados de gramos y moles de compuestos | 38 |
| Tabla 20. Análisis de la varianza | 40 |
| Tabla 21. Test de normalidad..... | 41 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Ubicación Planta académica Textil | 7 |
| Ilustración 2. Reacción química | 10 |
| Ilustración 3. Flujo grama General | 13 |
| Ilustración 4. Medidor de la calidad de aire interior..... | 15 |
| Ilustración 5. Flujo grama muestral..... | 16 |
| Ilustración 6. Curva de acabado tintura pigmentada | 17 |
| Ilustración 7. Proceso de adsorción | 27 |
| Ilustración 8. Proceso de medición de un gas..... | 28 |
| Ilustración 9. Gráfico general | 41 |
| Ilustración 10. Matrix | 42 |
| Ilustración 11. Desviación estándar | 43 |
| Ilustración 12. Aplicación de acabado textil | 54 |
| Ilustración 13. Equipo y materiales para medición | 55 |
| Ilustración 14. Proceso de medición de dióxido de carbono..... | 56 |
| Ilustración 15. Proceso de lavado y medición de dióxido de carbono | 57 |

Resumen

El presente trabajo investigativo tiene como finalidad aprovechar la capacidad de adsorción que tiene el óxido de zinc para reducir las emisiones de dióxido de carbono en el ambiente, contribuyendo a la concientización humana sobre el daño irreversible que la industrialización de nuestra época causará a las futuras generaciones.

Las nuevas aplicaciones de acabados textiles permiten la realización de nuevos proyectos sustentables y ecológicos. En la presente investigación se detalla el proceso de impregnación de óxido de zinc en tejido jersey 100% algodón mediante el uso de ligante textil y auxiliares de acabado, siendo este proceso la primera fase de investigación.

Con el material textil adsorbente ya preparado se continua con la siguiente fase medición de dióxido de carbono tomando como sustento para el proceso de medición varias investigaciones sobre adsorción de gases. Las pruebas de medición se realizan a 6 muestras de tejido, las cuales tienen diferentes porcentajes de óxido de zinc en su acabado, con el fin de analizar el comportamiento de adsorción de cada muestra al ser expuestas a dióxido de carbono.

Mediante un análisis a los resultados se concluye que el tejido con 25% de óxido de zinc en su acabado textil es la muestra resultante con mayor adsorción de dióxido de carbono. Generando una nueva alternativa sustentable para reducir las emisiones de dióxido de carbono excesivas que se han registrado en los últimos años y mejorar la calidad del aire.

ABSTRACTS

The purpose of this research is to take advantage of the adsorption capacity of zinc oxide to reduce carbon dioxide emissions in the environment. The new applications of textile finishes allow the realization of new sustainable and ecological projects. This research details the process of impregnating zinc oxide in 100% cotton jersey fabric through the use of textile binder and finishing auxiliaries.

With the adsorbent textile material already prepared, the next phase of carbon dioxide measurement is performed, taking into account several researches on gas adsorption as support for the measurement process. Measurement tests were performed on 6 tissue samples, which have different percentages of zinc oxide in their finish, in order to analyze the adsorption behavior of each sample when exposed to carbon dioxide.

An analysis of the results concludes that the tissue with 25% zinc oxide in its textile finish is the resulting sample with the highest adsorption of carbon dioxide. Generating a new sustainable alternative to reduce excessive carbon dioxide emissions that have been recorded in recent years and improve air quality.

V.ctor Pacheco



CAPITULO I

1.1.INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como finalidad aprovechar la potencial propiedad de adsorción de dióxido de carbono (CO_2) que tiene el óxido de zinc (ZnO) dentro de la industria textil. Mediante la aplicación de un acabado en tejido de algodón 100% destinado en un segundo paso al uso en prendas de vestir o textiles técnicos para usos industriales, con el objetivo de reducir en cierto grado el impacto ambiental que produce los altos niveles de CO_2 en la actualidad.

Por lo cual, se definen los objetivos por los cuales se da inicio a la investigación. Realiza un contraste entre la importancia del dióxido de carbono en la atmosfera para la supervivencia humana en cantidades equilibradas y los efectos negativos que se producen con el incontrolado aumento del gas gracias a la industrialización. Revisa situaciones semejantes en el pasado y los efectos que estas causaron al no dar la debida importancia al aumento incontrolado de dióxido de carbono en la atmosfera.

Además, muestran investigaciones que tratan sobre compuestos químicos con diversas aplicaciones que tienen como finalidad adsorber dióxido de carbono del aire para transformarlo en nuevas sustancias que no tengan un impacto negativo en el ambiente, se estudia la reacción química que produce la combinación de óxido de zinc con el dióxido de carbono mediante los métodos hipotético-deductivo y experimental que se tomarán en cuenta para validar la investigación.

Finalmente se presentan los resultados cuantitativos obtenidos después de la aplicación del acabado textil en el tejido y la medición de resultados, se realizan las respectivas interpretaciones a los datos receptados por el equipo medidor de la calidad del aire interior DELTA OHM. Con base a las interpretaciones de los datos obtenidos se generan las conclusiones respectivas a cada

muestra de tejido sometida a investigación. Además, se presentan algunas recomendaciones para estudios posteriores de acuerdo a la experiencia generada al realizar el estudio de adsorción de dióxido de carbono.

1.2. Antecedentes

La preocupación por el calentamiento global se dio inicio a finales del siglo XIX, sin embargo, fue un tema al que no se le dio la debida importancia por lo cual no se estudiaron las causas por las cuales se estaría generando el incremento de temperatura en la tierra; hasta años más tarde donde se registraron datos que ratificaban dicha suposición. “En 1930 se descubre una posible tendencia al calentamiento global, detectado ya a finales del XIX, no relacionado con el desarrollo industrial, muy pujante en la época” (Useros Fernández, 2012, pág. 78).

Una vez determinados los factores que producen el efecto invernadero y por ende el calentamiento global varias organizaciones tomaron conciencia y es así que en el año 1997 se crea el protocolo de Kyoto donde países industrializados se comprometen a reducir las emisiones dióxido de carbono, cumpliéndose desde el año 2008 hasta el año 2012 el primer período de puesta en marcha el protocolo, el segundo período comprende desde el año 2013 hasta el año 2020.

(Carral, 2018) Menciona:

La entrada en vigor del Protocolo de Kioto derivó en que los gobiernos suscribientes establezcan leyes y políticas para cumplir sus compromisos ambientales, que las empresas tengan al medio ambiente en cuenta al tomar decisiones de inversión, y fomentar la creación del mercado del carbono, cuyo fin es lograr la reducción de emisiones al menor costo. (pág. 3)

Pese a que países como Estados Unidos no ratificaron el protocolo de Kyoto, en la actualidad el protocolo sigue en vigencia. Posteriormente apareció el Grupo Intergubernamental de Expertos

sobre el Cambio Climático (IPCC) el cual investigaba las posibles causas por las cuales el cambio climático ya era latente en esos años. “Se creó en 1998 con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta”. (Benito, 2016, pág. 2).

En los años posteriores han ido en aumento el número de organizaciones y personas naturales las que han tomado conciencia y han actuado brindando soluciones. Algunas empresas comercializadoras de gases para uso industrial logran capturar el dióxido de carbono para dar usos beneficios para el ambiente reemplazando a sustancias mucho más nocivas y tóxicas que el mismo gas. Así lo menciona (THE LINDE GROUP, 2017): “El dióxido de carbono sustituye a otras sustancias que tienen un impacto negativo sobre el medioambiente” (pág. 1). Por otro lado, también existen estudios sobre aplicaciones con elementos químicos específicos que adsorben dióxido de carbono del ambiente para producir nuevos elementos que no afectan al ambiente. (Ontaneda Rojas, 2011) Menciona:

Se han propuesto muchas alternativas para este fin, siendo una de ellas, el uso de catalizadores especialmente de superficies de óxidos metálicos debido a su amplio rango de aplicación en adsorción. (...) La idea es fijar el CO_2 en dichas superficies para producir otras moléculas termodinámicamente estables e inofensivas. (pág. 11)

Tomando como fundamento las investigaciones realizadas en los últimos años se pretende aprovechar la propiedad de adsorción del óxido de zinc en aplicaciones textiles con el objetivo de fabricar en un segundo paso prendas de vestir o textiles técnicos para usos industriales que disminuyan el incremento de dióxido de carbono, aportando así con un grano de arena y mitigando

las consecuencias que vivirán las futuras generaciones sino se toman medidas de precaución en la actualidad.

1.3.Importancia

“El dióxido de carbono es un gas inodoro e incoloro. También se encuentra comúnmente como un líquido bajo presión o como sólido (hielo seco)” (New Jersey Department of Health, 2016, pág. 1). Es un gas que se encuentra en el aire de forma natural, además es el responsable de que en conjunto con la luz solar se produzca la fotosíntesis en las plantas, proceso por el cual se genera oxígeno; elemento de vital importancia para la supervivencia de los seres vivos. Sin embargo, el aumento creciente de este gas gracias a la industrialización está produciendo graves consecuencias en el ambiente. Así lo menciona (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007): “Un aumento en la cantidad de CO₂ atmosférico está incrementando el efecto invernadero y contribuyendo al Calentamiento Global” (pág. 6).

La contaminación ambiental ha sido un tema de alarma a nivel mundial, con la llegada de la industrialización la contaminación atmosférica por emisiones de humos de las grandes industrias y el sector automovilístico ha ido en constante aumento, produciendo grandes cambios climáticos que afectan notablemente a los glaciales, produciendo inundaciones en diferentes partes del mundo donde anteriormente la lluvia era escasa y etapas de verano intenso que causan enfermedades cutáneas entre otras.

Los gases de efecto invernadero afectan la salud humana indirectamente con el aumento de temperatura, humedad y lluvias en una determinada región. Directamente la contaminación disminuye la capa de ozono e incrementa la radiación UV con aumento de lesiones dérmicas y oculares. (Ramirez & León, 2014, pág. 2)

Uno de los gases que producen el efecto invernadero es el dióxido de carbono que pese a ser de fundamental importancia en procesos biológicos necesarios para la vida en la tierra es también el principal responsable de generar el calentamiento global como producto del efecto invernadero. “El CO₂ es uno de los gases más comunes e importantes en el sistema atmósfera-oceano-Tierra, es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua” (Benavides Ballesteros & León Aristizabal, 2017, pág. 36).

En los últimos años se ha tratado de concientizar a las grandes industrias de países industrializados sobre la contaminación ambiental con el objetivo de tomar medidas y reducir el impacto que estas producen al ambiente. Así lo ratifica (WWF/Adena, 2010) refiriéndose al protocolo de Kyoto donde menciona: “El objetivo de esta Convención es estabilizar las concentraciones de los Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera a un nivel tal que ya no existan interferencias antropógenas significativas en el sistema climático” (pág. 3).

Con el mismo objetivo en este trabajo de investigación se busca realizar un acabado textil con óxido de zinc sobre un tejido el cual permitirá reducir el impacto ambiental de las industrias mediante la adsorción del dióxido de carbono del aire, generando una reacción química que dé como resultado un nuevo compuesto químico que no sea nocivo para el ambiente ni para los seres vivos. El resultado a largo plazo que se pretende obtener es la fabricación de prendas ecológicas que contribuyan a la reducción de este gas contaminante en la atmósfera.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Elaborar un acabado que absorbe CO₂ del ambiente utilizando óxido de zinc en tela 100% algodón

1.4.2. Objetivos Específicos

Investigar en fuentes bibliográficas como: libros, artículos científicos, bases de datos científicos sobre estudios que fundamenten la presente investigación.

Determinar el método de acabado que se utilizará para la aplicación del óxido de zinc en el textil mediante la revisión del método más adecuado para obtener resultados favorables.

Caracterizar los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de laboratorio para determinar el grado de adsorción de CO₂ en el sustrato textil con la utilización de un medidor de CO₂ en el aire.

1.5.Características del sitio del proyecto

La presente investigación se desarrolló en los laboratorios de la carrera de ingeniería textil de la universidad técnica del norte ubicados en las calles Luciano Solano y Morona Santiago, sector Azaya en la ciudad de Ibarra.



Ilustración 1. Ubicación Planta académica Textil

Fuente: Google maps

El laboratorio de ingeniería textil cuenta con equipos de análisis de telas de última tecnología los cuales brindan un gran refuerzo académico-práctico a los estudiantes de la carrera preparándolos para su futura experiencia laboral, así como también brinda servicios de análisis de telas a industrias públicas o privadas. Actualmente cuenta con el laboratorio de análisis de telas y el laboratorio de tintorería y acabados.

CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE

2. Estudios previos

(Suárez Fernández, 2014) Afirma: “El objetivo de los métodos de captura de dióxido de carbono consiste en retener este compuesto y separarlo de los demás gases para posteriormente almacenarlo y evitar que se emita a la atmosfera” (pág. 10) .

“Un material adsorbente es un sólido que tiene la capacidad de retener sobre su superficie un componente presente en corrientes líquidas o gaseosas” (pág. 11).

(Ruiz, Maroño, & Sánchez-Hervás, 2010) Menciona acerca del proceso de adsorción: “La corriente de gases a purificar se hace circular por una torre que contiene un lecho de material adsorbente, produciéndose la captura de la especie gaseosa a separar a temperatura constante” (pág. 11)

De acuerdo a (Schneider, 2004) citado en (Ontaneda Rojas, 2011)”Los estudios (...) con CaO indican que el CO₂ es preferentemente adsorbido sobre un oxígeno presente en la superficie formando un carbonato” (pág. 13).

En lo referente al tema de captura de CO₂ Silvestre-Alvero, Silvestre-Albero Ana, Casco, & Rodríguez-Reinoso, (2014) Menciona:

Esta tecnología consiste en el desarrollo de sólidos inorgánicos y/o orgánicos con un entramado interno de canales con dimensiones bien definidas de tal manera que la presencia de interacciones específicas entre la molécula a adsorber y la superficie del sólido favorezca la concentración de la molécula a separar en la superficie del sólido, fenómeno que se conoce como adsorción. (pág. 31)

En un segundo estudio sobre adsorción de CO₂ con respecto al procedimiento y resultados obtenidos (Montejo-Mesa, y otros, 2018) Mencionan:

Con el objetivo de mejorar estos resultados es conveniente la búsqueda de ligandos capaces de funcionalizar la superficie de dichas nanopartículas. Con la funcionalización se lograría aumentar la afinidad adsorbato adsorbente con la incorporación de sitios energéticamente más fuertes por el CO₂ y aumentar por tanto la cantidad adsorbida. (pág. 127)

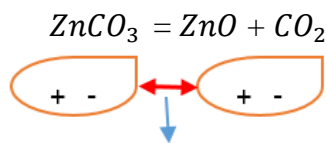
(Gómez Perales, 2015) Menciona sobre la adsorción:

El proceso de adsorción como operación de separación es ampliamente aplicado en la industria química, es un proceso en el cual átomos, iones o moléculas llevados en un fluido son retenidos en la superficie de un compuesto (adsorbente) con el que se encuentra en contacto. Los principales factores que intervienen en la adsorción son: El relleno utilizado, la naturaleza del adsorbido y del adsorbente, temperatura y concentración (pág. 4)

“No es un método adecuado para separar grandes cantidades por lo que no se considera como forma primaria de captación. Su campo de aplicación típico es la separación de componentes minoritarios con miras a la purificación de la corriente principal”. (Ontaneda Rojas, 2011, pág. 12)

En un estudio se detallan la reacción química entre el óxido de zinc y el dióxido de carbono: $ZnCO_3 = ZnO + CO_2$. Una vez llevada a cabo la reacción, el ZnO obtenido tendrá un color blanco adecuado para hacer pigmentos estables e inoos. (Martínez Troya & Martín-Pérez, 2011). Por lo tanto, al adsorber dióxido de carbono con óxido de zinc se obtiene como producto final carbonato de zinc.

Para explicar la reacción es necesario mencionar que en este caso existe un enlace dipolo-dipolo que son aquellos que tienen dos polos: positivo y negativo. Los cuales por interacciones electrostáticas generan una fuerza de atracción formando nuevos compuestos (Vlad, 2017).



Interacciones electrostáticas
Fuerza de atracción

Ilustración 2. Reacción química

Fuente: (Vlad, 2017)

(Farias, Longo, Gargano, & Martins, 2013) menciona:

La adsorción química de CO_2 en la superficie de ZnO muestra que los orbitales p de CO_2 se mezclaron con el estado de la banda de valencia ZnO que aparece en la parte superior de la banda de valencia y en regiones de baja energía. (pág. 3)

Se analizó la naturaleza de la unión de CO_2 a los sustratos de óxido y los estados de 2p de CO_2 se verificó que podían mezclarse tanto con el orbital 4s de zinc superficial como con los orbitales 2p de oxígeno superficial (...). Curiosamente, cuanto más fuerte es la transferencia de electrones entre los dos restos que interactúan, más fuerte es su interacción y más fuerte es la activación del enlace C=O. (Departamento de Química Aplicada, 2013, pág. 2)

En cuanto a usos farmacéuticos de carbonato de zinc (Palomar Garcia, 2019) Menciona:

“Algunos componentes del carbonato de zinc suelen ser aplicados en tratamientos para pacientes con problemas en la piel” (pág. 1)

(NORKEM, 2019) Menciona al respecto:

Se utilizan en gran variedad de productos, incluyendo maquillaje, cuidado capilar y de la piel, productos para el baño y artículos de afeitado. Su capacidad para mejorar la transparencia hace que cada vez se utilice más en la fabricación de cremas con filtro solar. (pág. 1)

Sobre la aplicación de óxido de zinc en tejidos de algodón (Salas Balseca, 2016) menciona:

Las muestras de tejido se sumergieron durante 10 minutos en una dispersión del 5% en peso de nanopartículas de ZnO en isopropanol, con agitación magnética constante. Se escurrió el tejido y se secó en una estufa a 130°C durante 15 minutos, la etapa de secado se llevó a cabo sobre una superficie plana horizontal, disponiendo las telas sobre dicha superficie. (pág. 96)

2.1.Marco conceptual

2.1.1. Óxido de zinc

(Ospina, 2010) Menciona:

El óxido de zinc es un polvo blanco de alta finura, inodoro, sabor amargo. Extremadamente abrasivo y sumamente estable, adsorbe dióxido de carbono del aire, es el pigmento comercial de mayor absorción de ultravioleta. Soluble en ácidos y álcalis, insoluble en alcohol y agua. No combustible, no tóxico. (pág. 1)

2.1.2. Dióxido de carbono

“Es un gas inodoro e incoloro. También se encuentra comúnmente como un líquido bajo presión o como sólido (hielo seco). Se utiliza como refrigerante, para congelar alimentos, para fabricar otras sustancias químicas, como agente extintor de incendios” (New Jersey Department of Health, 2016, pág. 1).

2.1.3. Adsorción

(Juan, 2012) Menciona:

Es una operación de separación de mezclas fluidas que se produce por la retención de uno o varios componentes sobre la superficie interna de un sólido. Esta adsorción se produce por la existencia de interacción entre el adsorbato y el adsorbente. Según el grado de interacción entre el adsorbato-adsorbente la acción puede ser física por fuerzas de Van der Waals o puentes de hidrógeno o química. (pág. 13)

En una segunda contextualización (Universidad de Valencia, 2014) Menciona:

Cuando una molécula de gas golpea una superficie sólida, puede rebotar o quedar fijada sobre la superficie y sufrir adsorción. La molécula adsorbida puede difundirse (moverse) sobre la superficie, quedarse fija, sufrir una reacción química o disolverse en el interior del sólido. (pág. 4)

2.1.4. Contaminación ambiental

Se puede considerar que la contaminación ambiental es la produce alteraciones al medio ambiente dañándolo de manera leve o grave, o destruyéndolo por completo. Se debe tener en cuenta el factor tiempo, ya que el daño puede ser temporal o continuo. (Orellana, 2005, pág. 1)

CAITULO III: METODOLOGÍA

3.1.Flujo grama general

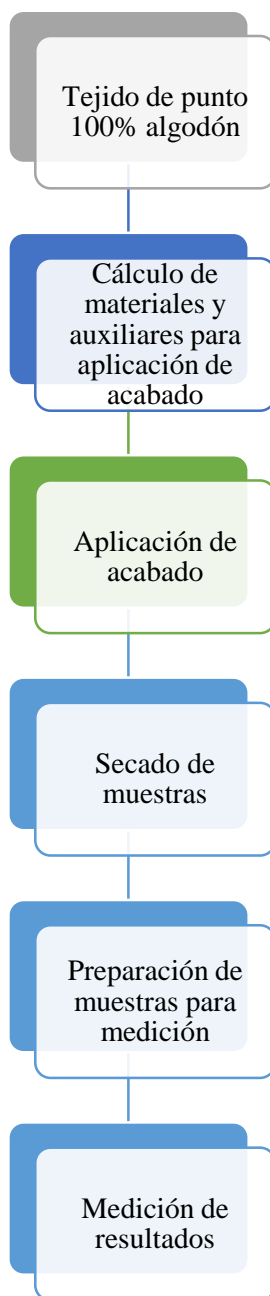


Ilustración 3. Flujo grama General

Fuente: Autor

3.2.Método de la investigación

El estudio se basa en un método de campo, incluye además los métodos hipotético-deductivo y experimental; ya que al conocer estudios de absorción de dióxido de carbono en materiales de construcción con compuestos químicos metálicos nace la hipótesis de poder reproducir dicho efecto en tejidos de algodón. (Ruiz R. , 2007)“La deducción desempeña un papel muy importante en la ciencia. Mediante ella se aplican los principios descubiertos a casos particulares”. (pág. 21).

En cuanto al proceso experimental según: (Hidalgo, 2017) “Se elaboran las hipótesis y se diseña el experimento, con el fin de reproducir el objeto de estudio, controlando el fenómeno para probar la validez de las hipótesis”. (pág. 7). Por lo tanto, se lo realiza mediante la aplicación de un acabado textil con óxido de zinc en tejidos 100% algodón utilizando diferentes porcentajes de concentración para finalmente realizar mediciones de adsorción de dióxido de carbono con un equipo de medición de gases DELTA OHM.

3.3.Lugar de la investigación

La presente investigación se desarrolló en los laboratorios de la carrera de ingeniería textil de la universidad técnica del norte ubicados en las calles Luciano Solano y Morona Santiago, sector Azaya en la ciudad de Ibarra.

El laboratorio de ingeniería textil cuenta con equipos de análisis de telas de última tecnología los cuales brindan un gran refuerzo académico-práctico a los estudiantes de la carrera preparándolos para su futura experiencia laboral, así como también brinda servicios de análisis de telas a industrias públicas o privadas. Para la medición de resultados se utilizará un equipo apropiado para la medición de gases DELTHA OHM facilitado por la carrera de Ingeniería Industrial.



Ilustración 4. Medidor de la calidad de aire interior

Fuente: (DELTA OHM, 2016)

3.4.Equipos y materiales de laboratorio

Para el proceso de laboratorio se lo realizará en las instalaciones de la carrera de ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte, para la aplicación del acabado textil con óxido de zinc que absorbe dióxido de carbono del ambiente los instrumentos y materiales necesarios se detallan a continuación en las tablas N°1 y N°2:

Tabla 1.
Instrumentos de laboratorio

| Instrumentos |
|-----------------------|
| Pipeta |
| Agitador |
| Vaso de precipitación |
| Cuchara |
| Balanza |
| Vidrio reloj |
| Balanza Analítica |

Fuente: Autor

3.5. Flujo grama muestral

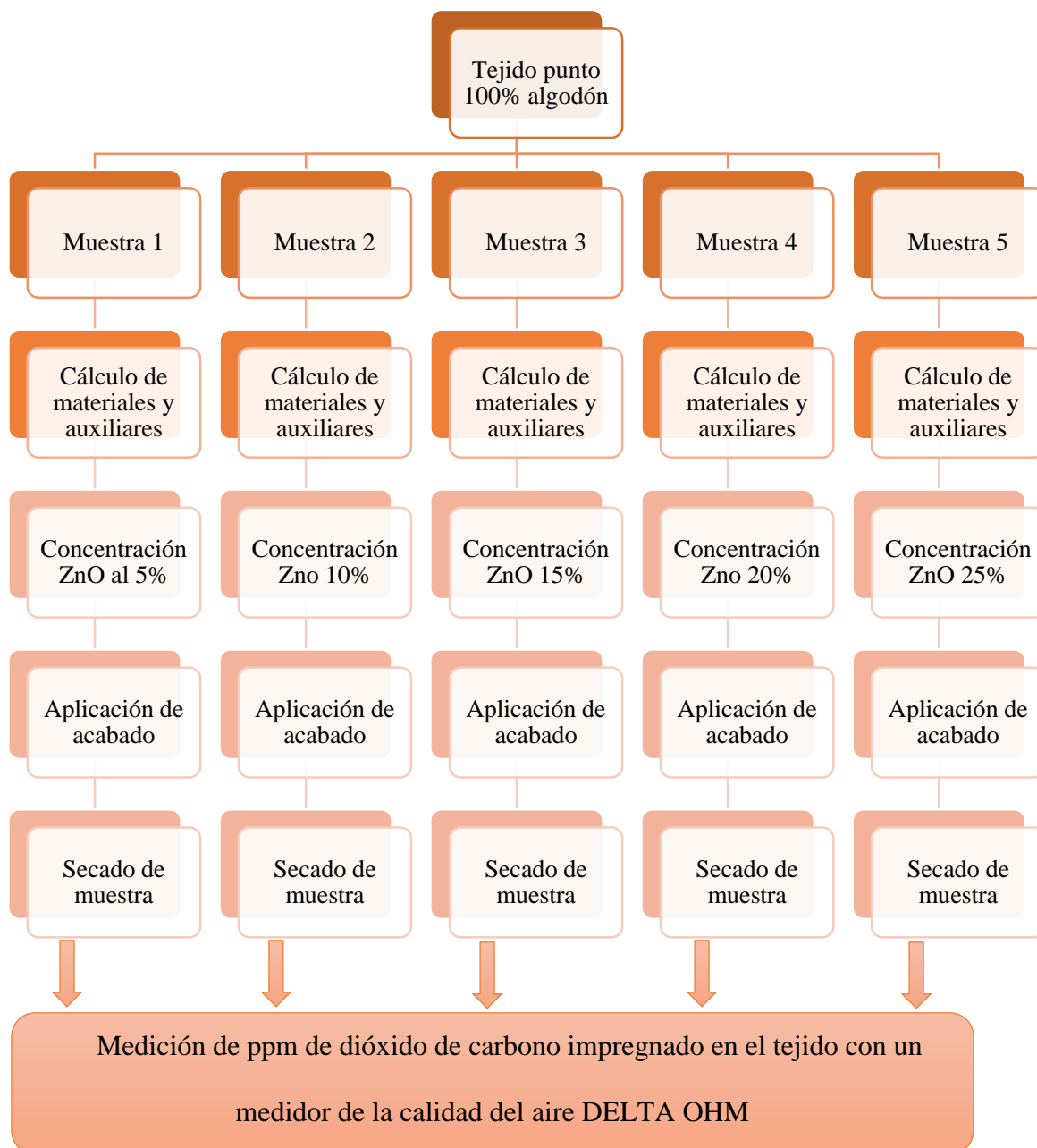


Ilustración 5. Flujo grama muestral.

Fuente: Autor

3.6. Curva y variables

Para la aplicación del acabado textil con óxido de zinc, siendo un producto inorgánico se toma como referencia el proceso de tintura pigmentaria usado en barro de arcilla citado en (Guamán , 2017). Además, tomando en cuenta el alto poder cubriente como pigmento se determina adecuado usar este tipo de acabado. “El óxido de zinc proporciona mayor poder cubriente que cualquier otro tipo de pigmento blanco” (Verdeja, Garcia Coque, & Huerta Nosti, 1992).

Para la preparación y limpieza del tejido se usa detergente, hidróxido de sodio conjuntamente con un catalizador como acelerante en el proceso de impregnación del apresto en el tejido optimizando tiempo y recursos.

3.6.1. Curva de acabado

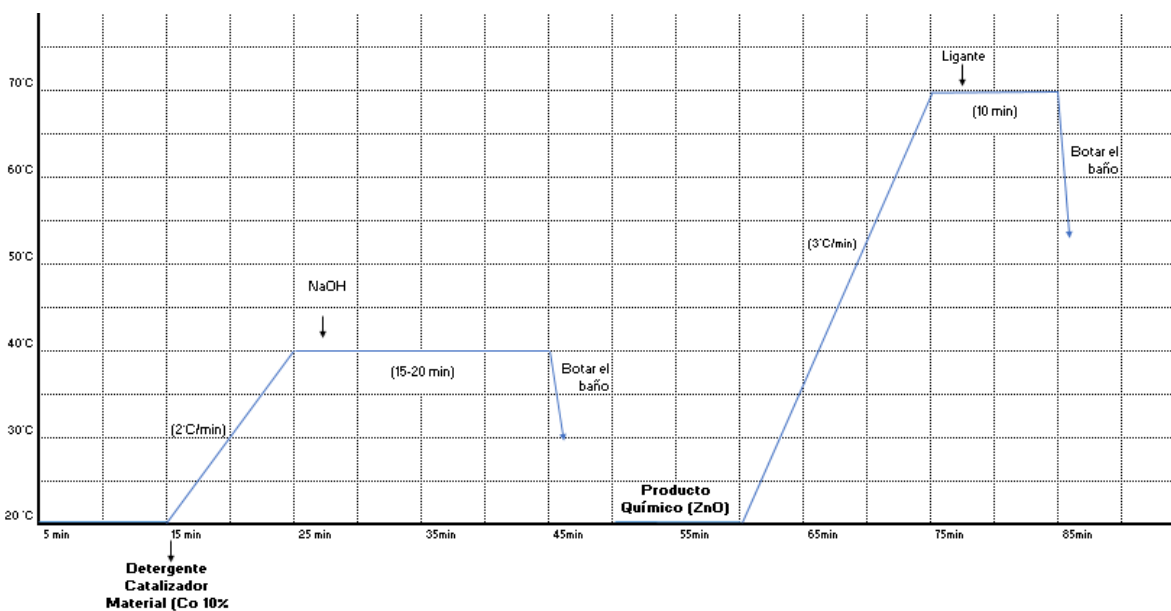


Ilustración 6. Curva de acabado tintura pigmentada

Fuente: Autor

3.6.2. Variables

3.6.2.1. CONCENTRACIÓN DE ÓXIDO DE ZINC

Para determinar los límites mínimos y máximos de concentración de óxido de zinc en el acabado textil se inicia con el 5% de concentración tomada como referencia (Aquino, Osorio, Nimán, & Torres, 2018); para el límite máximo de concentración se usa el 25% mencionado como concentración máxima según (La Comisión Europea, 2016). Por lo tanto, se realizará el proceso de acabado con 5 diferentes concentraciones de óxido de zinc siendo estas las siguientes: 5%, 10%, 15%, 20% y 25%.

Para lo cual se toma como peso base 20 gramos en las 5 muestras de tejido de punto, obteniendo los siguientes pesos para el óxido de zinc:

Tabla 2.
Concentración de ZnO

| N° Muestra | R/B | Concentración ZnO | Peso (gr) |
|------------|------|-------------------|-----------|
| 1 | 1/20 | 5% | 1 |
| 2 | 1/20 | 10% | 2 |
| 3 | 1/20 | 15% | 3 |
| 4 | 1/20 | 20% | 4 |
| 5 | 1/20 | 25% | 5 |

Fuente: Autor

3.1.Auxiliares y procedimiento de aplicación

Para la aplicación de óxido de zinc mediante un acabado textil se requieren los siguientes materiales citados en la tabla N° 2.

Tabla 3.

Materiales para la aplicación de acabado con óxido de zinc

| Materiales | NOMBRE | Gr/L / % |
|----------------|--------------------|----------|
| | COMERCIAL | |
| Catalizador | PHOSPORIC ACID | 3 % |
| Detergente | SERA WASH CRL | 0,5 gr/l |
| Sosa Caustica | Hidróxido de sodio | 3% |
| Ligante Textil | PERIPRET PDB | 2 % |
| Ácido Fórmico | - | 0,5 gr/l |
| Óxido de zinc | - | 20% |

Fuente: Autor

3.1.1. Definición de los auxiliares

Catalizador: Acelera la reacción para que el óxido de zinc se impregne en el sustrato textil en menor tiempo.

Detergente: Agente que se encarga de eliminar impurezas presentes en el tejido, preparando al tejido para la aplicación de acabado.

Hidróxido de sodio: Prepara el tejido para aplicar el acabado conjuntamente con el catalizador y el detergente.

Ligante Textil: Producto encargado de ligar perfectamente el óxido de zinc en el sustrato textil, muy recomendado en procesos de agotamiento.

Ácido Fórmico: Disolvente de óxido de zinc para mejorar su afinidad como pigmento en el tejido. “En soluciones ácidas, el óxido se adiciona para elevar el pH o para formar compuestos de zinc solubles en agua, beneficiosos para el proceso” (Verdeja, Garcia Coque, & Huerta Nosti, 1992, pág. 90).

Óxido de Zinc: Variable utilizada a diferentes porcentajes en el acabado textil con el objetivo de determinar la adsorción de dióxido de carbono en el tejido.

3.2.Pruebas en laboratorio

3.2.1. Procedimiento

3.2.1.1.Preparación de la tela.

1. Cortar muestras de tela 100% algodón (peso 20 gr).
2. Calcular productos y auxiliares tomando como referencia el peso de la muestra y la receta a utilizar en el acabado.
3. A temperatura ambiente agregar en un vaso de precipitación el volumen de baño, catalizador, detergente y material como se especifica en la ilustración 4.
4. Medir el Ph inicial.
5. Subir la temperatura con una gradiente de 3°C/min a 40 ° C y agregar sosa caustica.
6. Mantener durante 10 minutos y medir el Ph.
7. Botarel baño.

3.2.1.2. Aplicación del acabado

1. En 20 ml de agua agregar óxido de zinc y disolver con ácido acético a una concentración de 0.5gr/L, tomando como referencia el volumen general de baño para realizar la disolución.
2. A temperatura ambiente agregar en un vaso de precipitación el volumen de baño y la disolución de óxido de zinc.
3. Medir el pH.
4. Subir la temperatura con una gradiente de 3°/min a 70° C, agregar el ligante textil y medir el pH.
5. Mantener durante 10 minutos para fijar el óxido de zinc mediante el ligante en el tejido y botar el baño.
6. Secar las muestras a 120° C y empacar.

3.2.2. Medición de pH durante el proceso de acabado

Tabla 4.
Tabla de pH

| <i>Proceso</i> | <i>PH</i> |
|---------------------------|-----------|
| <i>PH inicial</i> | 6.5 |
| <i>PH (sosa caustica)</i> | 10 |
| <i>PH (ZnO)</i> | 7.5 |
| <i>PH final</i> | 7 |

Fuente: Autor

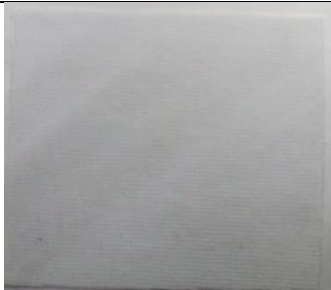

3.2.3. Práctica de laboratorio: Acabado textil

En las tablas 4 hasta la 8 se detalla el costo y el peso de los diferentes materiales y auxiliares de acabado textil con óxido de zinc en las cinco muestras de tejido de punto

A continuación, se detallan los productos, variables, relación de baño y peso de los materiales utilizados para la primera aplicación de acabado con óxido de zinc al 5% de concentración.

Tabla 5.



Aplicación de acabado muestra 1

| MUESTRA 1 | | | | | |
|---|--------------------------------|--|--|-------------------|---------------------------|
| Fecha: 16/09/19 | Tipo de prueba: Acabado textil | | | Tiempo: 45 min | |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | | Densidad: 120 Gr/m2 +/- 7% | | |
| Peso material: 20 gr | R/B : 1/20 | Tipo de proceso: Tintura por pigmentación (acabado) | | | |
| PRODUCTOS | Gr/l | % | PESO gr | COSTO Producto | Costo por g en acabado |
| Catalizador | | 3 | 0.6 | 7 \$/ Kg | 0.0042 |
| Detergente | 0.5 | | 0.2 | 1.5 \$/Kg | 0.0003 |
| Ligante textil | | 3 | 0.6 | 13 \$/Kg | 0.0078 |
| Sosa caustica | | 2 | 0.4 | 3 \$/Kg | 0.0012 |
| Ácido Fórmico | 0.5 | | 0.2 | 3.20 \$/Kg | 0.00064 |
| Óxido de zinc | | 5 | 1 | 3 \$/Kg | 0.003 |
| Volumen del baño: 400 ml | | | COSTO RECETA: | | 0.017 |
| Muestra sin acabado | | | Muestra con acabado | | |
|  | | |  | | |

Fuente: Autor

A continuación, se detallan los productos, variables, relación de baño y peso de los materiales utilizados para la primera aplicación de acabado con óxido de zinc al 10% de concentración.



Tabla 6.
Aplicación de acabado muestra 2

| MUESTRA 2 | | | | | |
|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|-----------------------------------|
| Fecha: 16/09/19 | Tipo de prueba: Acabado textil | | | Tiempo: 45 min | |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | | Densidad: 120 Gr/m2 +/- 7% | | |
| Peso material: 20 gr | R/B : 1/20 | Tipo de proceso: Tintura por pigmentación (acabado) | | | |
| PRODUCTOS | Gr/l | % | PESO gr | COSTO Producto | Costo por g en acabado |
| Catalizador | | 3 | 0.6 | 7 \$/ Kg | 0.0042 |
| Detergente | 0.5 | | 0.2 | 1.5 \$/Kg | 0.0003 |
| Ligante textil | | 3 | 0.6 | 13 \$/Kg | 0.0078 |
| Sosa caustica | | 2 | 0.4 | 3 \$/Kg | 0.0012 |
| Ácido Fórmico | 0.5 | | 0.2 | 3.20 \$/Kg | 0.00064 |
| Óxido de zinc | | 10 | 2 | 3 \$/Kg | 0.006 |
| Volumen del baño: 400 ml | | | COSTO RECETA: | | 0.020 |
| Muestra sin acabado | | | Muestra con acabado | | |
|  | | |  | | |

Fuente: Autor

A continuación, se detallan los productos, variables, relación de baño y peso de los materiales utilizados para la primera aplicación de acabado con óxido de zinc al 15% de concentración.

Tabla 7.
Aplicación de acabado muestra 3

| MUESTRA 3 | | | | | |
|---|--------------------------------|---|--|-----------------------|-------------------------------|
| Fecha: 16/09/19 | Tipo de prueba: Acabado textil | | | Tiempo: 45 min | |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | | Densidad: 120 Gr/m ² +/- 7% | | |
| Peso material: 20 gr | R/B : 1/20 | Tipo de proceso: Tintura por pigmentación (acabado) | | | |
| PRODUCTOS | Gr/l | % | PESO gr | COSTO Producto | Costo por g en acabado |
| Catalizador | | 3 | 0.6 | 7 \$/ Kg | 0.0042 |
| Detergente | 0.5 | | 0.2 | 1.5 \$/Kg | 0.0003 |
| Ligante textil | | 3 | 0.6 | 13 \$/Kg | 0.0078 |
| Sosa caustica | | 2 | 0.4 | 3 \$/Kg | 0.0012 |
| Ácido Fórmico | 0.5 | | 0.2 | 3.20 \$/Kg | 0.00064 |
| Óxido de zinc | | 15 | 3 | 3 \$/Kg | 0.009 |
| Volumen del baño: 400 ml | | | COSTO RECETA: | | 0.023 |
| Muestra sin acabado | | | Muestra con acabado | | |
|  | | |  | | |

Fuente: Autor

A continuación, se detallan los productos, variables, relación de baño y peso de los materiales utilizados para la primera aplicación de acabado con óxido de zinc al 20% de concentración.

Tabla 8.
Aplicación de acabado muestra 4


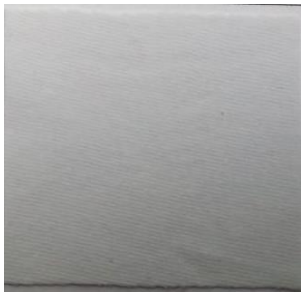
| MUESTRA 4 | | | | | |
|---|--------------------------------|---|--|-----------------------|-------------------------------|
| Fecha: 16/09/19 | Tipo de prueba: Acabado textil | | | Tiempo: 45 min | |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | | Densidad: 120 Gr/m ² +/- 7% | | |
| Peso material: 20 gr | R/B : 1/20 | Tipo de proceso: Tintura por pigmentación (acabado) | | | |
| PRODUCTOS | Gr/l | % | PESO gr | COSTO Producto | Costo por g en acabado |
| Catalizador | | 3 | 0.6 | 7 \$/ Kg | 0.0042 |
| Detergente | 0.5 | | 0.2 | 1.5 \$/Kg | 0.0003 |
| Ligante textil | | 3 | 0.6 | 13 \$/Kg | 0.0078 |
| Sosa caustica | | 2 | 0.4 | 3 \$/Kg | 0.0012 |
| Ácido Fórmico | 0.5 | | 0.2 | 3.20 \$/Kg | 0.00064 |
| Óxido de zinc | | 20 | 4 | 3 \$/Kg | 0.012 |
| Volumen del baño: 400 ml | | | COSTO RECETA: | | 0.026 |
| Muestra sin acabado | | | Muestra con acabado | | |
|  | | |  | | |

Fuente: Autor

A continuación, se detallan los productos, variables, relación de baño y peso de los materiales utilizados para la primera aplicación de acabado con óxido de zinc al 25% de concentración.

Tabla 9.

Aplicación de acabado muestra 5

| MUESTRA 5 | | | | | |
|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|-----------------------------------|
| Fecha: 16/09/19 | Tipo de prueba: Acabado textil | | | Tiempo: 45 min | |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | | Densidad: 120 Gr/m2 +/- 7% | | |
| Peso material: 20 gr | R/B : 1/20 | Tipo de proceso: Tintura por pigmentación (acabado) | | | |
| PRODUCTOS | Gr/l | % | PESO gr | COSTO Producto | Costo por g en acabado |
| Catalizador | | 3 | 0.6 | 7 \$/ Kg | 0.0042 |
| Detergente | 0.5 | | 0.2 | 1.5 \$/Kg | 0.0003 |
| Ligante textil | | 3 | 0.6 | 13 \$/Kg | 0.0078 |
| Sosa caustica | | 2 | 0.4 | 3 \$/Kg | 0.0012 |
| Ácido Fórmico | 0.5 | | 0.2 | 3.20 \$/Kg | 0.00064 |
| Óxido de zinc | | 25 | 5 | 3 \$/Kg | 0.015 |
| Volumen del baño: 400 ml | | | COSTO RECETA: | | 0.029 |
| Muestra sin acabado | | | Muestra con acabado | | |
|  | | |  | | |

Fuente: Autor

3.3. Medición de resultados

Para la medición de resultados se toman en consideración los puntos detallados en el Protocolo de validación para la determinación de gases y vapores orgánicos en aire mediante su captación en un adsorbente sólido utilizando un sistema activo. (Ministerio de trabajo y asuntos sociales España, 2017). Del cual se toma como tiempo de exposición de las muestras a dióxido de carbono a 30 minutos.

(Ruiz, Maroño, & Sánchez-Hervás, 2010) Menciona acerca del proceso:

En la etapa de adsorción, el gas a tratar pasaría a través del adsorbente donde el CO₂ quedaría retenido, idealmente de forma selectiva. Una vez que el lecho de adsorbente alcanzase la saturación de CO₂, el gas a tratar sería cambiado a otro lecho de adsorción mientras que el saturado sería regenerado. (pág. 10).

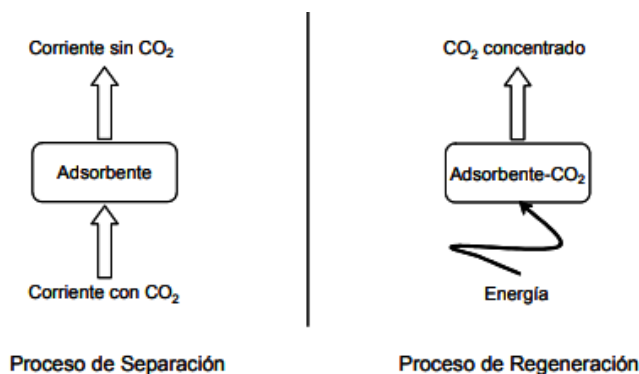
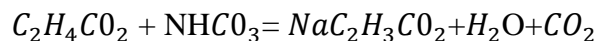


Ilustración 7. Proceso de adsorción

Fuente: (Ruiz, Maroño, & Sánchez-Hervás, 2010)

Es importante que la caja en donde se va a recrear un ambiente cerrado sea de vidrio para que no intervenga en la reacción química en el proceso de adsorción, la caja tiene dos agujeros en los costados. El primer agujero servirá para la entrada de dióxido de carbono y el segundo agujero para realizar la medición con el sensor de dióxido de carbono. Para la generación de dióxido de carbono en el proceso de medición se utiliza bicarbonato de sodio y vinagre. Según la siguiente reacción química:



Ácido acético (vinagre)+bicarbonato de sodio = acetato de sodio +agua + dióxido de carbono

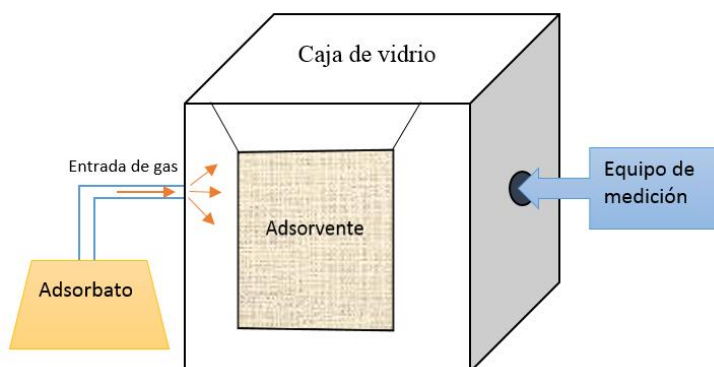


Ilustración 8. Proceso de medición de un gas

Fuente: Autor

Para iniciar con la medición de dióxido de carbono se determina como punto inicial 300 ppm de concentración, ya que es la concentración normal en el aire exterior. (Berenguer Sublis & Bernal Dominguez, 2000) Menciona: “Es un componente del aire exterior en el que se encuentra habitualmente a niveles entre 300 y 400 ppm” (pág. 1).

En cuanto a la variable temperatura se establece realizar las mediciones a temperatura ambiente (20°C-25°C), ya que como se menciona refiriéndose al óxido de zinc en (Asturiana de zinc S.A.U., 2016) “Condición que deben evitarse: excesiva temperatura” (pág. 4).

La recreación del ambiente cerrado, material, auxiliar y medición de dióxido de carbono se detalla en los anexos 2 y 3 respectivamente.

3.3.1. Proceso de medición de dióxido de carbono


- a) Se suspende con la ayuda de ganchos el tejido de punto en el centro de la caja para que la adsorción de dióxido de carbono sea más efectiva.

- b) Se sella la caja de vidrio con plastilina cuidando de que no exista fuga de dióxido de carbono durante el proceso de medición.
- c) Se ingresa el sensor de medición por el agujero de la caja de vidrio y se sella con plastilina.
- d) Se realiza la primera medición de dióxido de carbono al ambiente.
- e) En un matraz se coloca vinagre y bicarbonato en una relación de baño 1/20; es decir 5 gramos de bicarbonato en 100 ml de vinagre para la generación de dióxido de carbono.
- f) Se conecta inmediatamente una manguera a la entrada del matraz se sella con plastilina y se conecta a la caja de vidrio sellando correctamente cualquier posible fuga de dióxido de carbono.
- g) A los 5 minutos se realiza la segunda medición de dióxido de carbono y se quita la entrada de dióxido de carbono.
- h) Se continúan tomando mediciones cada 5 minutos durante 30 minutos.

3.3.2. Práctica de laboratorio: Medición de CO₂

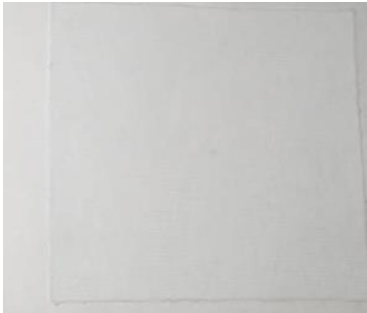
En las siguientes tablas 9 hasta 14, se detalla el tiempo de duración del proceso de medición y las observaciones más destacadas en cada muestra durante el proceso.

Tabla 10.
Proceso de medición muestra 1

| MUESTRA 1 | | |
|---|---|---|
| Fecha: 01/10/19 | Tipo de prueba: Medición de CO ₂ | Tiempo: 30 min |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | Densidad: 120 Gr/m ² +/- 7% |
| Dimensiones: 20 cm x 20 cm | Composición de CO ₂ | Vinagre: 250 ml |
| | | Carbonato de sodio: 10 gr |
| Muestra | | Observaciones |
|  | | <p>El tejido de punto es sometido a la prueba de medición sin ningún acabado.</p> <p>Concentración ZnO : 0%</p> |

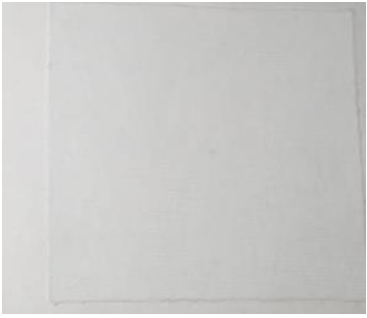
Fuente: Autor

Tabla 11.
Proceso de medición muestra 2

| MUESTRA 2 | | |
|---|---|---|
| Fecha: 01/10/19 | Tipo de prueba: Medición de CO ₂ | Tiempo: 30 min |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | Densidad: 120 Gr/m ² +/- 7% |
| Dimensiones: 20 cm x 20 cm | Composición de CO ₂ | Vinagre: 250 ml |
| | | Carbonato de sodio: 10 gr |
| Muestra | | Observaciones |
|  | | <p>El óxido de zinc se a ligando perfectamente a la tela y no presenta desprendimiento de partículas de ZnO.</p> <p>Concentración ZnO: 5%</p> |

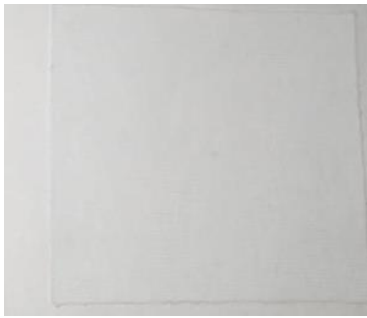
Fuente: Autor

Tabla 12.
Proceso de medición muestra 3

| MUESTRA 3 | | |
|---|---|--|
| Fecha: 01/10/19 | Tipo de prueba: Medición de CO ₂ | Tiempo: 30 min |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | Densidad: 120 Gr/m ² +/- 7% |
| Dimensiones: 20 cm x 20 cm | Composición de CO ₂ | Vinagre: 250 ml |
| | | Carbonato de sodio: 10 gr |
| Muestra | | Observaciones |
|  | | <p>El óxido de zinc se a ligando perfectamente a la tela, las partículas de ZnO son fácilmente detectables al tacto.</p> <p>Concentración ZnO: 10%</p> |

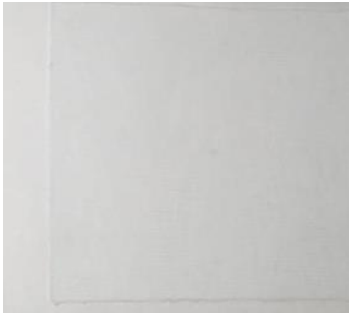
Fuente: Autor

Tabla 13.
Proceso de medición muestra 4

| MUESTRA 4 | | |
|---|---|---|
| Fecha: 01/10/19 | Tipo de prueba: Medición de CO ₂ | Tiempo: 30 min |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | Densidad: 120 Gr/m ² +/- 7% |
| Dimensiones: 20 cm x 20 cm | Composición de CO ₂ | Vinagre: 250 ml |
| | | Carbonato de sodio: 10 gr |
| Muestra | | Observaciones |
|  | | <p>El óxido de zinc se a ligando perfectamente a la tela las partículas de ZnO son detectables al tacto y a la vista.</p> <p>Concentración ZnO: 15%</p> |


Fuente: Autor

Tabla 14.
Proceso de medición muestra 5

| MUESTRA 5 | | |
|---|---|---|
| Fecha: 01/10/19 | Tipo de prueba: Medición de CO ₂ | Tiempo: 30 min |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | Densidad: 120 Gr/m ² +/- 7% |
| Dimensiones: 20 cm x 20 cm | Composición de CO ₂ | Vinagre: 250 ml |
| | | Carbonato de sodio: 10 gr |
| Muestra | | Observaciones |
|  | | <p>El óxido de zinc se a ligando a la superficie del tejido sin embargo existe un ligero desprendimiento de las partículas de ZnO</p> <p>Concentración ZnO: 20%</p> |

Fuente: Autor

Tabla 15.
Proceso de medición muestra 6

| MUESTRA 6 | | |
|---|---|--|
| Fecha: 01/10/19 | Tipo de prueba: Medición de CO ₂ | Tiempo: 30 min |
| Tipo de tejido: Jersey | Composición: 100% Co | Densidad: 120 Gr/m ² +/- 7% |
| Dimensiones: 20 cm x 20 cm | Composición de CO ₂ | Vinagre: 250 ml |
| | | Carbonato de sodio: 10 gr |
| Muestra | | Observaciones |
|  | | <p>El óxido de zinc se a ligando a la superficie del tejido sin embargo existe un desprendimiento de las partículas notable de ZnO al manipular el tejido.</p> <p>Concentración ZnO: 25%</p> |

Fuente: Autor

3.4.Pruebas de lavado

Para las pruebas de lavado se toma como base los métodos detallados en la norma AATCC 61 Test 3 de solidez de color al lavado en la cual especifica el volumen del baño, marcas específicas de detergentes (polvo y líquido), cantidades a utilizar, temperatura y tiempo de lavado, número de balines por muestra, entre otras especificaciones técnicas. La prueba de lavado según los estándares citados en la norma es equivalente a 5 lavados caseros.

3.4.1. Materiales y auxiliares

| Producto/ Material | Especificaciones |
|---------------------|-----------------------------------|
| Baño de lavado | Agua Oxigenada |
| Detergente en polvo | Phosphate reference Detergent (B) |
| Detergente líquido | SERA WASH CRL |
| Balines | 100 por cada muestra de tejido |

Fuente (Normas, American Association of Textile Chemmists and Colorists, 1969)

3.4.2. Procedimiento de lavado

- a) Se mide 50 ml de agua oxigenada para el baño de lavado.
- b) Según las especificaciones técnicas de la norma de lavado se pesa 0.75 g de detergente en polvo y 1.15 g de detergente líquido.
- c) Agregar en un tubo de la máquina autoclave el baño de lavado, 100 balines y las cantidades antes especificadas de detergentes y el tejido según las dimensiones estandarizadas.
- d) Calibrar la máquina (autoclave) con la curva de lavado
- e) Sacar las muestras y realizar un enjuague manual.
- f) Se realiza pruebas de adsorción en las 5 muestras.

- g) Se verifica con espectrofotómetro el cambio de tonalidad a la muestra con mayor porcentaje de óxido de zinc (25%), muestra que mayor adsorción de dióxido de carbono presento en las pruebas de medición.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la medición de dióxido de carbono en el ambiente de cada muestra de tejido, la unidad de medida es partes por millón (ppm) de concentración:

Tabla 16. *Resultados de medición de dióxido de carbono*

| t Concent. | 0min | 5 min | 10 min | 15 min | 20 min | 25 min | 30 min |
|---------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 % ZnO | 302 | 434 | 421 | 390 | 370 | 364 | 360 |
| 5% ZnO | 303 | 372 | 320 | 308 | 298 | 294 | 295 |
| 10 % ZnO | 305 | 375 | 321 | 303 | 296 | 295 | 291 |
| 15% ZnO | 304 | 367 | 317 | 306 | 294 | 291 | 288 |
| 20 % ZnO | 306 | 362 | 315 | 300 | 297 | 290 | 287 |
| 25% ZnO | 303 | 357 | 318 | 299 | 295 | 289 | 284 |
| 5% ZnO | 302 | 396 | 385 | 373 | 364 | 359 | 350 |
| 10% ZnO | 301 | 394 | 383 | 371 | 363 | 357 | 348 |
| 15% ZnO | 303 | 391 | 382 | 368 | 361 | 353 | 345 |
| 20% ZnO | 301 | 388 | 380 | 366 | 353 | 351 | 343 |
| 25% ZnO | 304 | 385 | 367 | 361 | 355 | 347 | 342 |

Fuente: Autor

Se realizó mediciones de dióxido de carbono a las 11 muestras de tejido de punto con concentraciones desde 5% a 25% sin pruebas de lavado y de 5% a 25% de concentración de óxido de zinc con pruebas de lavado según los límites mínimos y máximos establecidos, para realizar un contraste completo se analizó una muestra sin acabado textil con el objetivo de comparar los resultados conjuntamente. El tiempo de exposición fue de 30 minutos; realizándose 7 mediciones en un rango de 5 minutos cada toma desde un minuto cero.

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Análisis de resultados en tejidos con y sin lavado

En la tabla N° 17 se muestra el aumento de ppm en el ambiente en las muestras de tejido con lavado a diferencia de las muestras sin lavado que presentan menos concentración de ppm de dióxido de carbono en el ambiente.

Tabla 17. *Diferencia de resultados en ppm entre tejido sin lavado/con lavado*

| | Muestra sin lavado/ Medición al minuto 30 | Muestra con lavado / Medición al minuto 30 | Aumento de ppm entre tejido con lavado/ sin lavado | Aumento de ppm calculado en porcentajes |
|---------|---|--|--|---|
| 5% ZnO | 295 ppm | 350 ppm | 55 ppm | 15.71% |
| 10% ZnO | 291 ppm | 348 ppm | 57 ppm | 16.37% |
| 15% ZnO | 288 ppm | 345 ppm | 57 ppm | 16.52% |
| 20% ZnO | 287 ppm | 343 ppm | 56 ppm | 16.32% |
| 25% ZnO | 284 ppm | 342 ppm | 58 ppm | 16.95% |

Fuente: Autor

Al realizar el análisis de ppm entre las pruebas sin lavado y con lavado se determina que en las pruebas con lavado el valor de ppm de concentración de dióxido de carbono en el ambiente aumentó entre 55 ppm a 58 ppm, si se analiza estos resultados en porcentajes se determina que el aumento varía entre un rango de 15.71% y 16.95%.

4.2.2. Estequiometría de la reacción

Ejercicio propuesto: En un ambiente cerrado se genera 357 ppm de dióxido de carbono, dentro del ambiente se suspende un sustrato textil impregnado de óxido de zinc (5 gr Adsorbente) durante 30 minutos generando carbonato de zinc. ¿Cuántos gramos de carbonato de zinc se forman?

- a) Calcular los pesos molares

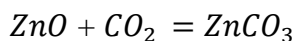


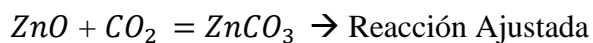
Tabla 18. Resultados de peso molar

| Elemento | Masa molar | Elemento | Peso Molar |
|----------|------------|-------------------|------------|
| C | 12 gr | ZnO | 81.38 gr |
| O | 16 gr | CO ₂ | 44.01 gr |
| Zn | 65.38 gr | ZnCO ₃ | 125.38 gr |

Fuente: Autor

Para el cálculo del peso molar se suma la masa molar de cada elemento, por ejemplo: para ZnO se suma 65.38 gr (Zn)+ 16 (O) = 81.38 (ZnO), se continúa sumando la masa molar para encontrar el peso molar de los siguientes compuestos citados en la tabla.

- b) Ajustar la reacción química



Zn: 1 Zn:1

C:1 C:1

O:3 O:3

c) Leer el ejercicio y colocar los datos

Para continuar con el ejercicio es necesario transformar las ppm de concentración del gas a mg/m^3 .

(Puente Carrera, 2001) Menciona al respecto:

Para pasar de ppm a mg/m^3 es necesario conocer el Peso Molecular (PM) del contaminante. Avogadro determinó que un mol de cualquier gas ocupa un volumen de 22,4 litros en condiciones normales. Por lo que en condiciones de referencia de Higiene y Seguridad Industrial este volumen sería igual a 24,45 litros

$$ppm \frac{mg/m^3 \times 24,45}{PM} = mg/m^3 \frac{ppm \times PM}{24,45} \text{ (pág. 37)}$$

$$\text{Entonces: } mg/m^3 \frac{357 ppm \times 44.01}{24,45} = 643.04 mg/m^3 \rightarrow 0.6426 gr/m^3$$

Tabla 19. Resultados de gramos y moles de compuestos

| | ZnO | CO ₂ | ZnCO ₃ |
|--------|-------|-----------------|-------------------|
| Gramos | 5 | 0.6426 | 125.38 |
| Moles | 0.061 | 0.015 | 1 |

Fuente: Autor

$$\text{Calculo moles ZnO: } 5 \text{ gr ZnO} \frac{1 \text{ Mol}}{81.38 \text{ gr ZnO}} = 0.061 \text{ mol}$$

$$\text{Cálculo moles } CO_2 : 0.6426 \text{ gr } CO_2 \frac{1 \text{ Mol}}{44.01 \text{ gr } CO_2} = 0.015 \text{ mol}$$

d) Identificación del compuesto limitante

$$0.061 \text{ moles ZnO} : \frac{1 \text{ Mol } CO_2}{1 \text{ moles ZnO}} = 0.061 \text{ mol } CO_2 \rightarrow \text{Entonces } CO_2 \text{ compuesto limitante}$$

e) Cálculo de moles de carbonato de zinc

$$0.015 \text{ moles } CO_2 \frac{1 \text{ Mol } ZnCO_3}{0.015 \text{ moles } CO_2} = 1 \text{ mol } ZnCO_3$$

f) Cálculo de gramos de carbonato de zinc

$$1 \text{ moles } ZnCO_3 \frac{125.38 \text{ gr } ZnCO_3}{1 \text{ moles } ZnCO_3} = 125.38 \text{ gr } ZnCO_3$$

g) Cálculo de óxido de zinc que reacciona

$$0.015 \text{ moles } CO_2 \frac{1 \text{ Moles ZnO}}{1 \text{ moles } CO_2} = 0.015 \text{ moles ZnO}$$

$$0.061 \text{ moles ZnO} - 0.015 \text{ moles ZnO} = 0.046 \text{ moles ZnO no reaccionan}$$

4.2.3. Análisis de la varianza

En la tabla N° 19 se muestra la comparación de los resultados cuantitativos obtenidos en la medición de ppm de concentración de dióxido de carbono en el ambiente de las 11 muestras de tejido de punto jersey registradas en la tabla N° 16.

Tabla 20.
Análisis de la varianza

Univariate statistics

| | 0_min | 5_min | 10_min | 15_min | 20_min | 25_min | 30_min |
|------------|------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Min | 301 | 357 | 315 | 299 | 294 | 289 | 284 |
| Max | 306 | 434 | 421 | 380 | 364 | 359 | 360 |
| Sum | 3334 | 4221 | 3909 | 3735 | 3636 | 3580 | 3511 |
| Mean | 303,0909 | 383,7273 | 355,3636 | 339,5455 | 330,5455 | 325,4545 | 319,1818 |
| Std. error | 0,4758637 | 6,421683 | 11,41393 | 10,6082 | 10,02122 | 9,770423 | 8,797539 |
| Variance | 2,490909 | 453,6182 | 1433,055 | 1237,873 | 1104,673 | 1050,073 | 851,3636 |
| Stand. dev | 1,578261 | 21,29831 | 37,85571 | 35,18342 | 33,23662 | 32,40483 | 29,17814 |
| Median | 303 | 385 | 367 | 361 | 353 | 347 | 338 |
| 25 prcnil | 302 | 367 | 318 | 303 | 296 | 291 | 288 |
| 75 prcnil | 304 | 394 | 383 | 371 | 361 | 354 | 345 |
| Skewness | 0,3792402 | 1,191021 | 0,2391445 | -0,1690745 | -0,185733 | -0,19148 | -0,2029453 |
| Kurtosis | -0,4043902 | 2,302263 | -1,440948 | -2,317515 | -2,396987 | -2,382289 | -2,326003 |
| Geom. mean | 303,0872 | 383,207 | 353,5461 | 337,8674 | 329,0069 | 323,9688 | 317,9543 |
| Coeff. var | 0,5207221 | 5,550378 | 10,65267 | 10,36192 | 10,05508 | 9,95679 | 9,141541 |

Fuente: Pats 3

De acuerdo a los datos obtenidos se puede observar que el valor máximo para las 11 muestras analizadas es de 434 ppm de concentración correspondiente a la muestra número 1 sin acabado textil en cuanto al valor mínimo es de 284 correspondiente a la muestra número 6 acabado textil a un 25% de concentración sin el proceso de lavado.

4.2.4. Test de normalidad

Los resultados obtenidos se sometieron a diferentes métodos estadísticos para evaluar la confiabilidad de los datos en el programa Past 3 2013. Como se muestra en la tabla N° 21 se examinaron los datos por 5 métodos estadísticos de diferentes autores de los cuales los método correspondiente a Jarque-Bera JB p(normal), p (Monte Carlo) y Chi^2 aprueban los datos obtenidos indicando el p mayor a 0,05 en las pruebas de medición de dióxido de carbono permitiendo continuar la investigación con una confiabilidad del 95%.

Tabla 21.
Test de normalidad

Tests for normal distribution

| | 0_min | 5_min | 10_min | 15_min | 20_min | 25_min | 30_min |
|----------------------------|---------|----------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Shapiro-Wilk W | 0,9501 | 0,9065 | 0,8382 | 0,7736 | 0,7241 | 0,7377 | 0,7668 |
| p(normal) | 0,6449 | 0,2215 | 0,02987 | 0,004237 | 0,000958 | 0,001436 | 0,003443 |
| Jarque-Bera JB | 0,4469 | 2,271 | 0,9306 | 1,677 | 1,768 | 1,756 | 1,703 |
| p(normal) | 0,7997 | 0,3213 | 0,6279 | 0,4324 | 0,4131 | 0,4157 | 0,4269 |
| p(Monte Carlo) | 0,7395 | 0,0643 | 0,3309 | 0,1069 | 0,0934 | 0,096 | 0,0998 |
| Chi ² | 1 | 3,1818 | 5,3636 | 7,5455 | 11,182 | 7,5455 | 7,5455 |
| p(normal) | 0,31731 | 0,074462 | 0,020561 | 0,0060162 | 0,00082603 | 0,0060162 | 0,0060162 |
| Chi ² OK (N>20) | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| Anderson-Darling A | 0,2568 | 0,3909 | 0,8457 | 1,147 | 1,391 | 1,326 | 1,172 |
| p(normal) | 0,6476 | 0,3169 | 0,0195 | 0,003042 | 0,0006775 | 0,001011 | 0,002605 |

Fuente: Past 3

4.2.5. Gráficos estadísticos

4.2.5.1. Gráfico general

El siguiente gráfico estadístico muestra el comportamiento de adsorción de dióxido de carbono entre las muestras lavadas y sin proceso de lavado de acuerdo al intervalo de tiempo en el que se realizan las mediciones, realiza un análisis lineal correspondiente a cada medición desde el minuto cero hasta concluir en el minuto 30.

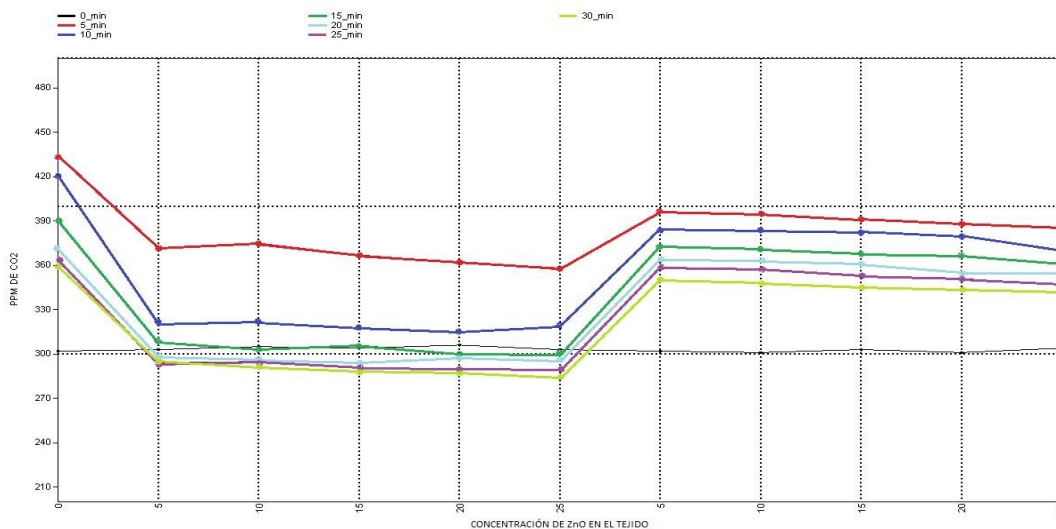


Ilustración 9. Gráfico general

Fuente: Autor

La primera medición realizada en el minuto cero para las 11 muestras la concentración de dióxido de carbono está dentro del rango de 302 ppm a 306 ppm siendo estos valores los puntos iniciales en el proceso de medición, al minuto 5 se observa en las 11 muestras un incremento de concentración de dióxido de carbono siendo este el pico más alto en todas las muestras analizadas. Se observa claramente la diferencia de adsorción de ppm de dióxido de carbono entre las muestras de tejido sin proceso de lavado graficadas al lado izquierdo y las muestras con el proceso de lavado graficadas al lado derecho.

4.2.5.2. Matrix

El siguiente gráfico estadístico se muestra la correlación que existe entre las muestras de tejido según las ppm's de dióxido de carbono registradas en el ambiente.

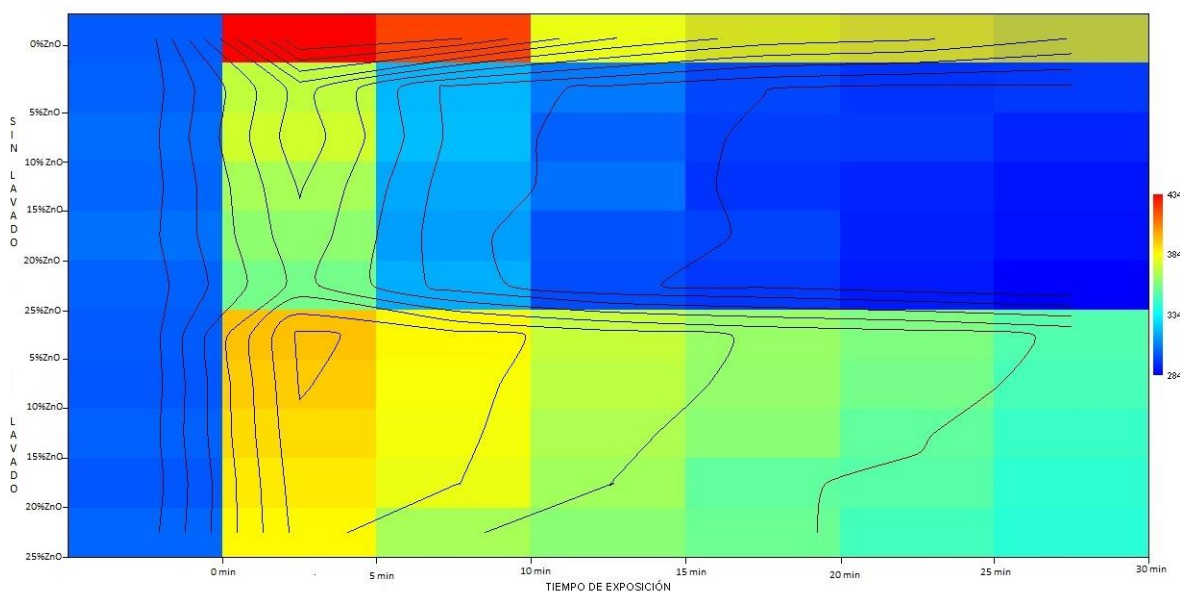


Ilustración 10. Matrix

Fuente: Autor

De acuerdo al análisis mediante colores se observa que la muestra que más concentración de ppm de dióxido de carbono en el ambiente se registra corresponde a la muestra número 1 sin acabado textil. Las muestras sin proceso de lavado registran en el ambiente concentraciones de

dióxido de carbono entre 334ppm a 284 ppm mientras que las muestras con el proceso de lavado registran un aumento de ppm de dióxido de carbono en el ambiente entre un rango de 384 ppm a 334 ppm.

4.2.5.3. Desviación estándar

A continuación, en el gráfico N° 11 se muestra el análisis de las 7 mediciones dentro del rango de 0 a 30 minutos a los cuales fueron sometidas las 11 muestras de tejido, indicando las desviaciones de concentración que se presenta en un mismo minuto haciendo un contraste general entre todas las muestras.

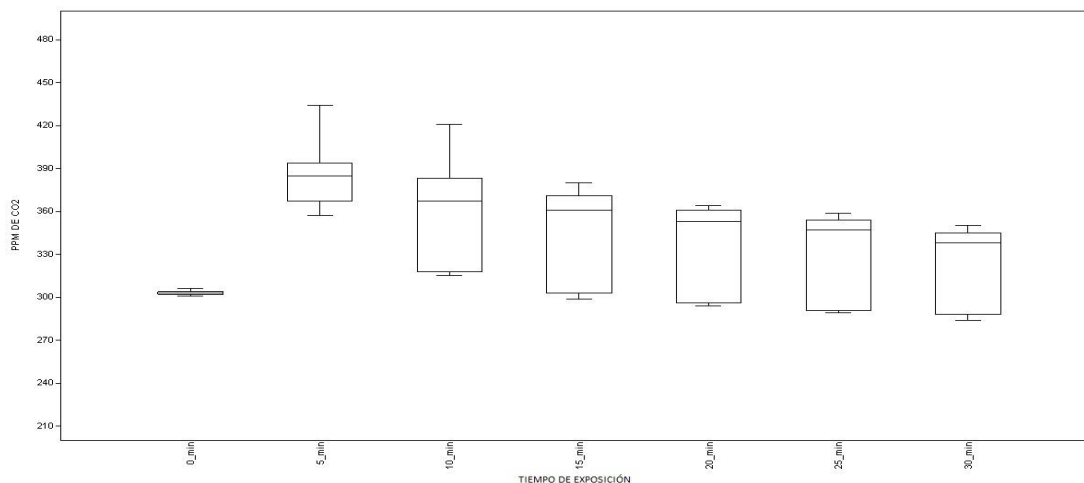


Ilustración 11. Desviación estándar

Fuente: Autor

El análisis muestra claramente que las medidas de concentración tomadas a las 11 muestras en el minuto cero no presentan desviaciones ya que se determinó previamente un punto de partida para iniciar con el proceso. La acumulación de datos obtenidos para las muestras sin lavar se concentra en el segundo cuartil mientras que la acumulación de datos obtenidos en las muestras con el proceso de lavado se concentra en el tercer cuartil sin generar una desviación amplia de datos ya que en las muestras con el proceso de lavado las ppm de dióxido de carbono en el ambiente registradas son más altas a diferencia de las muestras sin el proceso de lavado.

CAPTULO V

6.1. Conclusiones

- ❖ Se determinó una misma receta de acabado para las 5 muestras de tejido de punto jersey en cuanto a auxiliares textiles, relación de baño y peso de las muestras; siendo la única variable en la receta el porcentaje de concentración de óxido de zinc que se encuentra entre el rango 5% a 25% de concentración.
- ❖ Para la aplicación del acabado es necesario que el óxido de zinc sea disuelto con ácido antes de ser agregado al baño para mejorar su disolución en agua ya que este compuesto no es soluble en agua lo que causa que el producto no se fije correctamente y se obtenga notables cantidades de óxido de zinc en el asiento del baño residual al concluir el proceso de acabado.
- ❖ Al analizar las muestras físicas a diferentes concentraciones de óxido de zinc se determinó que para las muestras desde el 5% hasta el 15 % de concentración la fijación del producto al tejido con un 3% de concentración de ligante textil no se presentó desprendimiento del producto al manipular el tejido, mientras que para las muestras del 20% al 25% de concentración se observó desprendimiento ligero del producto al manipular el tejido.
- ❖ Se realizaron pruebas de acabado con ligante al 4% y el tejido perdió su flexibilidad y suavidad al tacto determinado así que se utilizaría 3% de ligante en los acabdos.
- ❖ Para iniciar con la medición de dióxido de carbono se establece que el nivel de concentración inicial de ppm este dentro de un rango de 302 ppm a 306 ppm en

todas las muestras con el objetivo de obtener datos confiables y seguros partiendo desde un punto inicial.

- ❖ De acuerdo al primer gráfico de tendencias se observa que en la primera muestra (0% concentración ZnO) es donde se ha medido mayor concentración de dióxido de carbono, teniendo como concentración máxima 434 ppm y la concentración mínima 338 ppm, en contraste con la sexta muestra (25% concentración ZnO) donde la concentración máxima es de 357 ppm y la concentración mínima es de 284 ppm se puede concluir que el tejido de punto con el acabado adsorbe dióxido de carbono como menciona (Ospina, 2010) .
- ❖ Analizando la ppm de concentraciones registradas en la muestra número 6 (25% concentración de ZnO) y contrastando los resultados entre la concentración máxima 357 y la concentración mínima de 284 se determina que el porcentaje de adsorción de dióxido de carbono es de 20.44%.
- ❖ El número de ppm de concentración de dióxido de carbono que se logró adsorber en el tejido fue de 73 ppm tomando como referencia 357ppm que fue la más alta concentración y 284 ppm correspondiente a la más baja concentración en el proceso de adsorción de la muestra número 6.
- ❖ La concentración más alta de dióxido de carbono en las 6 muestras de tejido de punto se registra a los 5 minutos del proceso de medición y posteriormente continúa descendiendo paulatinamente.
- ❖ De acuerdo al análisis de los datos obtenidos se concluye que la muestra de tejido jersey que mayor grado de adsorción presento durante el proceso corresponde a la muestra 6 con 25% de óxido de zinc en su acabado textil, la cual al minuto 30 de

medición se registra la cantidad de 284 ppm de concentración de dióxido de carbono siendo este valor el más bajo en todo el proceso de medición.

- ❖ Al analizar la muestra sin acabado textil y la muestra con acabado textil (25% ZnO) en el espectrofotómetro de colores se puede determinar que el cambio de tonalidad de blancos entre las dos muestras es notable con una simple inspección visual, dando como resultado un DE cmc= 6.78 y en cuanto a WI-Berg= 115.01
- ❖ Las 5 muestras de tejido con acabado textil fueron sometidas al proceso de lavado y posteriormente a un nuevo proceso de medición de dióxido de carbono en el ambiente por lo que se determina que la ppm de dióxido de carbono en el ambiente aumentó entre 55 ppm a 58 ppm, si se analiza estos resultados en porcentajes se determina que el aumento varía entre un rango de 15.71% y 16.95%.
- ❖ Al adsorber dióxido de carbono en un sustrato textil con óxido de zinc se genera carbonato de zinc, compuesto que se utiliza para cremas o tratamientos para la irritación de la piel como se cita en el estado del arte y tomando en cuenta que la ppm de adsorción no es alta se puede concluir que no afectaría a la persona que use la prenda ecológica.

5.2. Recomendaciones

- ❖ Para utilizar concentraciones mayores al 15% de óxido de zinc en un acabado es importante que se incremente la concentración de ligante textil en la receta con el fin de fijar correctamente el producto al tejido y que este no se desprenda al manipularlo.

- ❖ Durante el proceso de acabado es necesario que el baño conjuntamente con el tejido, los auxiliares y el óxido de zinc se mantenga en constante movimiento caso contrario y pese a agregar el ZnO disuelto con ácido este tiende a precipitarse quedándose en el piso del baño sin fijarse en el tejido.
- ❖ Durante el proceso de secado es importante que se lo realice a la temperatura de 120°C, con el objetivo de que el ligante textil se fije en el tejido conjuntamente con el óxido de zinc.
- ❖ Analizar la afectación del cambio de tonalidad en matices bajos y fuertes en diferentes colores.
- ❖ Se necesita realizar un estudio que determine el nivel de saturación máximo en la adsorción de dióxido de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.).Aquino, P., Osorio, A. M., Nimán, E., & Torres, F. (13 de 02 de 2018). Caracterización de nano partículas de ZnO sintetizadas por el método de precipitación y su evaluación en la incorporación en pinturas esmalte. Perú: Rev Soc Quim Perú. Obtenido de Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n1/a02v84n1.pdf>
- Asturiana de zinc S.A.U. (2016). *Ficha de datos de seguridad óxido de Zinc*. Suiza: GLENCORE. Obtenido de Recuperado de: [https://www.azsa.es/es/CalidadyProductos/productos/OxidoZinc/FDS-Oxido-de-zinc-\(ES\).pdf](https://www.azsa.es/es/CalidadyProductos/productos/OxidoZinc/FDS-Oxido-de-zinc-(ES).pdf)
- Benavides Ballesteros, H. O., & León Aristizabal, G. E. (Diciembre de 2017). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Colombia: Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM.
- Benito, Y. (Octubre de 2016). Guía específica de trabajo sobre "CO₂ y cambio climático". *Guía específica de trabajo sobre "CO₂ y cambio climático"*. Madrid, España: Fundación San Patricio.
- Berenguer Sublis, M. J., & Bernal Dominguez, F. (2000). *NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire*. Barcelona: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. Obtenido de Recuperado de: https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074

- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (10 de Octubre de 2007). *Revista.unam*. Obtenido de Revista.unam: Recuperado de:
http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf
- Carral, M. A. (2018). El protocolo de Kyoto, altibajos por el plan del medio ambiente. *El País.cr*, 4.
- Castaño, G. J., Botero, A. C., & Peñaranda, S. (2007). Corrosión atmosférica del zinc en ambientes exteriores e interiores. *Revista de metalurgia*.
- DELTA OHM. (2016). *Indoor Air Quality Monitor*.
- Departamento de Química Aplicada. (2013). Adsorción de CO₂ en ZnO: un efecto de estructura superficial a partir de cálculos DFT + U. *Escuela de Materiales Avanzados y Nanotecnología, Universidad de Xidian*.
- Farias, A. F., Longo, E., Gargano, R., & Martins, J. (2013). Adsorción de CO₂ en superficies polares de ZnO. *SpringerLink*, 1.
- García, L. E. (2016). *MATERIALES FOTOCATALÍTICOS Y SUS APLICACIONES*. Barcelona.
- Gómez Perales, M. (2015). *Puesta a punto de un equipo de adsorción gas-sólido*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Guamán, O. K. (2017). *Utilización del barro de arcilla proveniente de la empresa pública Santa Agua de Chachimbiro como fuente térmica en camisetas algodón/ poliéster*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de Recuperado de:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7355/1/04%20IT%20214%20TRABAJ%20DE%20GRADO.pdf>

Hidalgo, I. V. (20 de 10 de 2017). *Gestiopolis.com*. Obtenido de Gestiopolis.com: Recuperado de: <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2016/05/Tipos-de-estudio-y-m%C3%A9todos-de-investigaci%C3%B3n.pdf>

Juan, A. S. (31 de Mayo de 2012). *eprints.ucm.es*. Obtenido de eprints.ucm.es: Recuperado de: <https://eprints.ucm.es/22632/1/T34160.pdf>

La Comisión Europea. (2016). *Texto pertinente a efectos del EEE*. España: Diario oficial de la Unión Europea.

Martínez Troya, D., & Martín-Pérez, J. J. (2011). Propuesta para la utilización experimental del óxido e hidróxido de zinc en las enseñanzas medias. *Revista de química práctica para secundaria y bachillerato*, 24.

Ministerio de trabajo y asuntos sociales España. (2017). *Protocolo de validación para la determinación de gases y vapores*. Barcelona.

Montejo-Mesa, L. A., C, G., Autié-Castro, I., Celio, C., Cavacante, J., Villarrasa-García, E., & Díaz-García, A. (2018). Evaluación de nanopartículas de ZNO para la separación de CH₄ y CO₂. *Revista Cubana de química*.

New Jersey Department of Health. (2016). *Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas*. New Jersey: NJHEALTH.

NORKEM. (2019). *noken.es*. Obtenido de norkem.es: Recuperado de: <https://www.norkem.es/products/carbonato-de-zinc>

Normas, American Association of Textile Chemmists and Colorists. (1969). *Normas de solidez del color al lavado*.

Ontaneda Rojas, J. (Marzo de 2011). Estudio DFT de la eliminación catalítica de CO₂ por formación de carbonatos sobre una superficie (110) pura y modificada de TiO₂. *Estudio*

- DFT de la eliminación catalítica de CO₂ por formación de carbonatos sobre una superficie (110) pura y modificada de TiO₂*. Loja, Sierra, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Orellana, J. A. (2005). *Contaminación*.
- Ospina, D. I. (2010). *Ficha técnica óxido de zinc sello de oro*. Medellín: Distribuidores de Químicos Industriales S.A.
- Palomar Garcia , R. (1 de Julio de 2019). *Ácidos y nitratos*. Obtenido de Ácidos y nitratos: Recuperado de: <https://acidosynitratos.es/carbonato-de-zinc/>
- Puente Carrera, M. (2001). *Higiene y Seguridad en el Trabajo con aplicaciones a la Industria Textil*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Ramirez, A., & León, T. (2014). Impacto del crecimiento industrial en la salud de los habitantes de una ciudad minera del Perú. *SciELO*, 2.
- Ruiz, E., Maroño, M., & Sánchez-Hervás, J. M. (Diciembre de 2010). Informes Técnicos Ciemat. *Estudio de Adsorbentes para la captura de CO₂ para la ost-combustión. Contribución del CIEMAT al módulo 4 del proyecto CENITCO₂*. Madrid, España: Departamento de energía.
- Ruiz, R. (2007). *El método científico y sus etapas*. México: Editorial Trillas.
- Salas Balseca, G. F. (2016). *Estudio de la adhesión de nanopartículas de óxido de zinc en tejidos de algodón para el mejoramiento de sus propiedades antimicrobianas y de protección ultravioleta*. Quito.
- Schneider, W. (2004). *Phys. Chem B*108. 273-282.

Silvestre-Alvero, J., Silvestre-Albero Ana, Casco, M. E., & Rodríguez-Reinoso, F. (2014). Retos actuales para la captura y almacenamiento del CO₂. *Real sociedad española de química*, 31-32.

Suárez Fernández, A. (24 de Junio de 2014). Adsorbentes de bajo coste orientados a la separación y captura de CO₂. *Trabajo fin de Master*. Oviedo, España: Universidad de Oviedo.

THE LINDE GROUP. (Marzo de 2017). Dióxido de Carbono (CO₂). *Un valioso producto con posibilidades únicas*. Alemania: THE LINDE GROUP.

Tuesta, E. G., & Gutarra, A. (2004). *Aplicaciones electrocromicas y fotocatalíticas del dióxido de titano*. Lima.

Universidad de Valencia. (22 de Agosto de 2014). *www.uv.es*. Obtenido de *www.uv.es*:

Recuperado de: https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/Superficies_Solidas_A.pdf

Users Fernández, J. L. (22 de Noviembre de 2012). El cambio climático: sus causas y efectos medio ambientales. *El cambio climático: sus causas y efectos medio ambientales*.

Valladolid, España: Recuperado de: <file:///C:/Users/Alfonso/Downloads/Dialnet-ElCambioClimatico-4817473.pdf>.

Verdeja, L. F., Garcia Coque, P., & Huerta Nosti, M. A. (1992). El óxido de zinc: propiedades y aplicaciones. *Dpt. de Ciencias e Ingeniería Metalúrgica de Minas. Universidad de Oviedo*, 88. Obtenido de Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/265420601_El_Oxido_de_Zinc_Propiedades_y_aplicaciones

Vlad, B. (Dirección). (2017). *Fuerzas de Van der Waals* [Película]. Obtenido de Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Yh9gcKZszGQ>

wordpress. (s.f.). *wordpress.com*. Obtenido de wordpress.com: Recuperado de:

<https://asolengin.files.wordpress.com/2016/04/procesos-de-tintura-por-agotamiento-e-impregnacion.pdf>

WWF/Adena. (2010). Protocolo de Kyoto. *Protocolo de Kyoto situación actual y perspectivas*.

Madrid, España: Recuperado de:

<http://www.ceida.org/prestige/Documentacion/Protocolo%20Kioto.pdf>.

Anexos**Anexo 1: Procedimientos de laboratorio***Ilustración 12. Aplicación de acabado textil***Fuente:** Autor

Anexo 2: Equipo y materiales para medición

| | | |
|--|--|---|
|  <p>Medidor de la calidad del aire</p> |  <p>Caja de vidrio</p> |  <p>Bi carbonato</p> |
|  <p>Manguera para conducción de dióxido de carbono</p> |  <p>Vinagre</p> |  <p>Matraz con tapa de corcho</p> |

Ilustración 13. Equipo y materiales para medición

Fuente: Autor

Anexo 3: Proceso de medición de dióxido de carbono

Ilustración 14. Proceso de medición de dióxido de carbono

Fuente: Autor

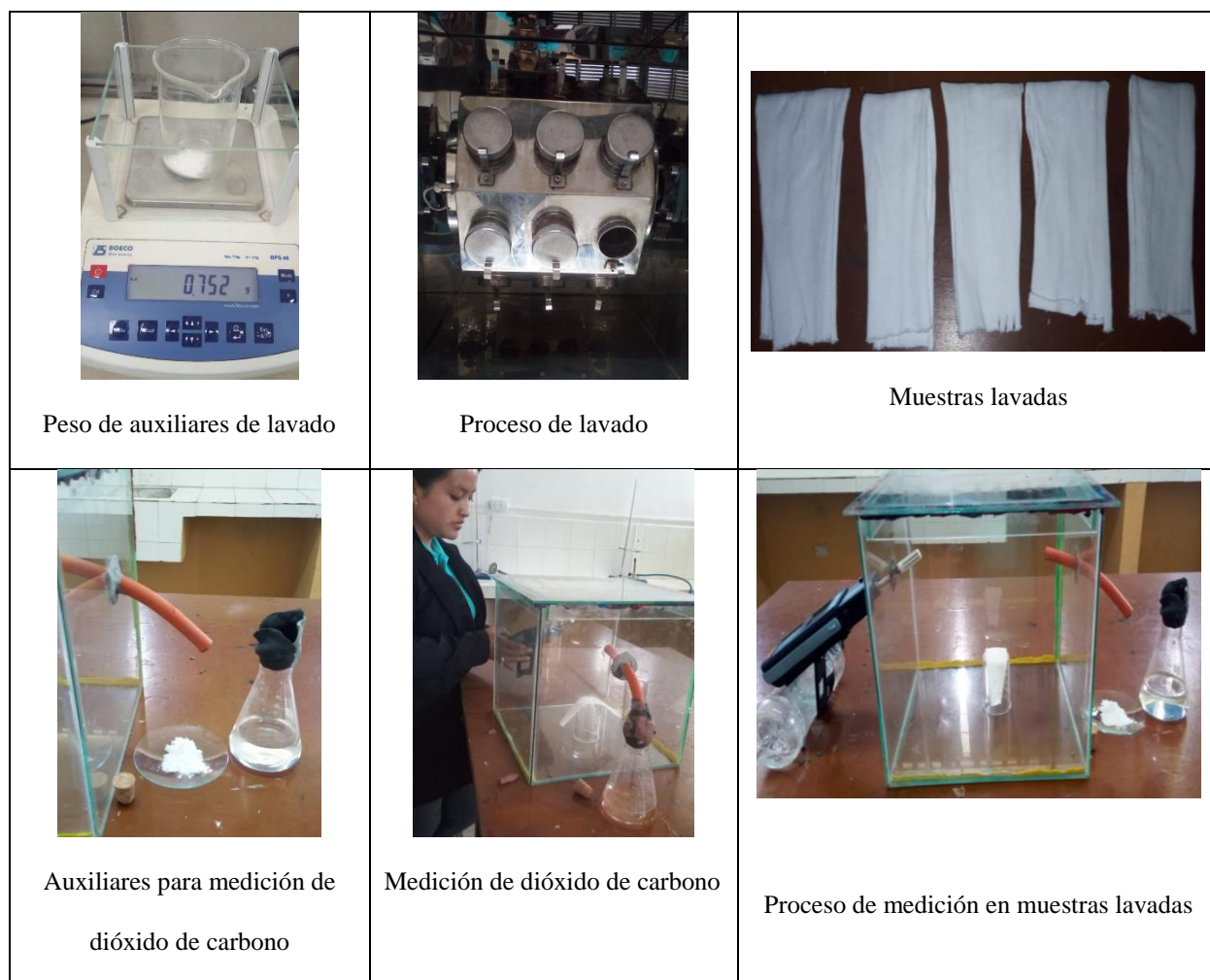
Anexo 4: Proceso de la vado y medición de dióxido de carbono en muestras de tejido.

Ilustración 15. Proceso de lavado y medición de dióxido de carbono

Fuente: Autor

Anexo 5: Lectura de cambio de tonalidad en el espectrofotómetro en la muestra con 25% de ZnO sin proceso de lavado

QC

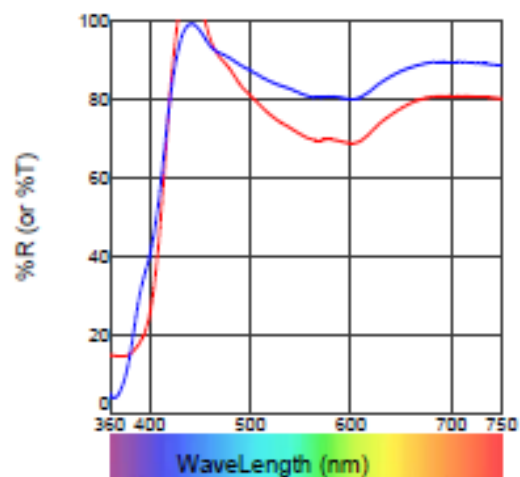
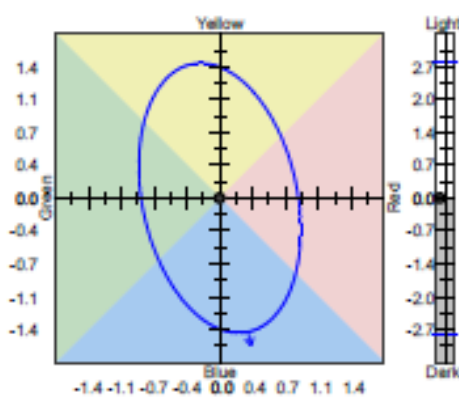
03/12/2019 12:16:15

Customer Name

e-Job6.[bx [database=ITextile.mdb]

dCIELab: D65-10

- TEJIDO 0% ZnO - TEJIDO 25% ZnO



| <u>Tolerances:</u> | <u>DL* tol</u> | <u>Da* tol</u> | <u>Db* tol</u> | <u>DC* tol</u> | <u>DH* tol</u> | <u>P/F tol</u> | <u>Margin</u> | <u>i:c</u> |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|------------|
| D65-10 | 2.50 | 0.85 | 1.25 | 1.35 | 0.75 | 1.00 | 0.10 | 2.00 |
| <u>Standard Name:</u> | <u>L*</u> | <u>a*</u> | <u>b*</u> | <u>C*</u> | <u>h*</u> | | | |
| TEJIDO 0% ZnO | 89.15 | 3.39 | -16.00 | 16.35 | 281.95 | | | |
| <u>Trial Name</u> | <u>WI-Berg</u> | <u>DL*</u> | <u>Da*</u> | <u>Db*</u> | <u>DC*</u> | <u>DH*</u> | <u>DEcmc</u> | <u>P/F</u> |
| TEJIDO 25% ZnO | 115.01 | 4.08 L | -2.58 G | 9.50 Y | -9.80 D | -0.88 G | 6.78 | Fal |

Anexo 6: Lectura de cambio de tonalidad en el espectrofotómetro en la muestra con 25% de ZnO con proceso de lavado

