

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Posgrados**

**Susceptibilidad a la pigmentación de materiales cerámicos por micro  
arenado y grabado ácido. Estudio In-Vitro**

**Milton Rodrigo Andrade Ponce**

**Nancy Mena, Especialista en Prótesis Bucal  
Directora de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito  
para la obtención del título de Especialista en Rehabilitación Oral

Quito, Julio de 2017

**Universidad San Francisco de Quito****Colegio de Postgrados****HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN****“Susceptibilidad a la pigmentación de materiales cerámicos por micro  
arenado y grabado ácido. Estudio In-Vitro”**

Milton Rodrigo Andrade Ponce

Nancy Mena Córdova

Firmas

Especialista en Prótesis Bucal

Directora del Programa de Rehabilitación Oral

---

Dicson Andrade

Especialista en Rehabilitación Oral

Miembro del Comité de Tesis

---

Estefanía Rodríguez

Especialista en Rehabilitación Oral

Miembro del Comité de Tesis

---

Cristina Burbano

Especialista en Rehabilitación Oral

Miembro del Comité de Tesis

---

Paulina Aliaga Sancho

Especialista en Cirugía Oral

Decano de la Escuela de Odontología

---

Hugo Burgos

Ph.D. Media Studies

Decano del Colegio de Postgrados

---

Quito, 18 Julio de 2017

**© Derechos de autor**

Por medio del presente documento certifico que he leído y estoy de acuerdo con la política de propiedad intelectual de la Universidad San Francisco de Quito, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto.

Así mismo, autorizo a la Universidad San Francisco de Quito para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Milton Rodrigo Andrade Ponce

Código de Estudiante: 00129695

C.I.: 171491898-2

Lugar , Fecha Quito, 18 Julio del 2017

## **Dedicatoria**

A Martin Andrade, hijo mío, espero que todo este tiempo alejado de tí rinda sus frutos y desde ya, que estos humildes logros te inspiren a exigir tus capacidades y perseguir tus sueños.

## Agradecimientos

Agradezco a mis padres, abuelos y familiares; por sus constantes contribuciones en mi formación profesional y personal.

A la Dra. Carolina Barrios, por ser pilar esencial en mi formación, soporte fundamental en el día a día.

A la familia Barrios Alvarado, por la inestimable ayuda prestada durante mi ausencia.

A Víctor Rodas, por su valiosa contribución científica, moral y ética durante el transcurso del posgrado, asimismo por su sincera amistad.

A las innumerables y gratas amistades realizadas en el camino, compañeros, colegas y camaradas; en especial a Jemyna Perez por estos 8 años siendo mi compañera y amiga.

A mis maestros, por el esmero, humildad, júbilo, desinterés y exigencia con que el que impartieron sus conocimientos

Para finalizar, agradecer al Dr. Fernando Sandoval y Dr. Mauricio Tinajero por su generosa entrega y gestión, así como también a todos los demás miembros administrativos de la Universidad San Francisco de Quito.

## RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación busca evaluar el comportamiento de las superficies cerámicas después de realizar tratamiento de superficie con micro arenado con óxido de aluminio de 50  $\mu\text{m}$  y grabado con ácido hidrofúorhídrico al 9,5% y la posterior inmersión en agentes tincionantes; tomando en cuenta que existen pocos estudios sobre susceptibilidad a la pigmentación de las superficies cerámicas en la literatura revisada. El estudio realizado con parámetros experimentales in vitro, cualitativo y cuantitativo; involucró 176 muestras, 88 en disilicato de Litio y 88 muestras de disilicato de litio recubiertas por feldespatos; sobre las cuales se aplicó un tratamiento de superficie con micro arenado (A), grabado ácido (G) y un grupo control (C) sin tratamiento, posteriormente sumergidos durante 20 días en vino tinto y Vinagre balsámico. Los valores cualitativos L.a.b. se obtuvieron antes y después por medición visual digital estandarizada y los valores cuantitativos se analizaron mediante cálculo en base a la fórmula matemática CIE76  $\Delta E$ . El análisis de variables cuantitativo se realizó con SPSS – 23. Los resultados del cálculo  $\Delta E$  entre las diferentes variables, indican que existió diferencia de color apreciable en los diferentes grupos de experimentación. Partiendo de la hipótesis que existe una relación entre el tratamiento de la superficie y la susceptibilidad a la pigmentación de los laminados cerámicos.

**Palabras clave:** Cerámica, porcelana, pigmentación, DeltaE, susceptibilidad, arenado, grabado HF

## ABSTRACT

The following research work evaluates the behavior of the ceramic surfaces after surface treatment with micro-sand blasting with aluminum oxide of 50  $\mu\text{m}$  and acid etching with hydrofluoric acid to 9.5% and subsequent immersion in dyeing agents; Taking into account that there are few studies assessed susceptibility to pigmentation of ceramic surfaces in the reviewed literature. The study was carried out with experimental parameters in vitro, qualitative and quantitative; Involved 176 samples, 88 in Lithium Disilicate and 88 in feldspar; On which a surface treatment with sandblasting (A), acid etching (G) and immersion of the samples for 20 days in wine and balsamic vinegar were applied. The qualitative values L.a.b were obtained before and after the standardized digital visual measurement and the quantitative values were analyzed by calculation based on the mathematical formula CIE76  $\Delta E$ . The analysis of the quantitative variables was performed with SPSS - 23. The results of the  $\Delta E$  calculation among the various variables indicated that there was a difference of the color appreciable in the various experimental groups. Part of the hypothesis that there is a relationship between the surface treatment and the susceptibility to pigmentation of ceramic laminates.

**Key words:** Ceramics, porcelain, pigmentation, DeltaE, susceptibility, sandblasting, HF etching

**TABLA DE CONTENIDO**

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
TABLA DE CONTENIDO	8
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	12
ÍNDICE DE GRÁFICOS	12
ÍNDICE DE ANEXOS	13
1 INTRODUCCIÓN	15
1.1 Revisión de Literatura	15
2 MATERIALES CERÁMICOS	16
2.1 Composición de las porcelanas odontológicas	17
2.1.1 Porcelanas feldespáticas.	17
2.1.2 Porcelanas reforzadas con Leucita.	18
2.1.3 Porcelanas a base de Disilicato de litio.	18
2.1.4 Porcelanas vidrio infiltradas.	19
2.1.5 Porcelanas a base de Alumina.	19
2.1.6 Porcelanas a base de Zirconia.	20
2.2 Propiedades	20
2.2.1 Propiedades mecánicas	20
2.2.1.1 Resistencia a la flexión.	21
2.2.1.2 Resistencia a la penetración.	22
2.2.1.3 Resistencia a la fatiga	22
2.2.1.4 Resistencia a la compresión	23
2.2.1.5 Resistencia al cizallamiento	23
2.2.1.6 Resistencia a la tracción	23
2.2.2 Resistencia a la deformación	24
2.2.2.1 Expansión térmica	24
2.2.3 Bio-compatibilidad.	24
2.2.4 Adaptación marginal.	25
2.2.5 Relación antagonista.	25
2.2.6 Resistencia a la pigmentación.	26
2.3 Clasificación	26
2.3.1 Técnica de Manufactura.	27
2.3.1.1 Sinterización.	27
2.3.1.2 Inyección.	27
2.3.1.3 Infiltración.	28
2.3.1.4 Fresado computarizado.	28
2.3.2 Resistencia a la fractura.	28
2.3.2.1 De baja resistencia.	28
2.3.2.2 Resistencia media.	29
2.3.2.3 De alta resistencia.	29
2.3.3 Temperatura de fusión.	29
2.3.3.1 Baja temperatura de fusión.	29
2.3.3.2 Temperatura media.	30
2.3.3.3 Alta temperatura de fusión.	30
2.3.4 Comportamiento óptico.	30
2.3.4.1 Opacidad.	30
2.3.4.2 Traslucidez.	31
2.3.4.3 Opalescencia.	31
2.3.4.4 Fluorescencia.	31
2.3.5 Sensibilidad al grabado ácido.	32
2.3.5.1 Cerámicas ácido sensibles.	32
2.3.5.2 Cerámicas no sensibles al grabado ácido.	33
2.3.6 Microestructura.	33
2.3.6.1 Sistemas a base de vidrio.	33
2.3.6.2 Sistemas cerámicos a base de vidrio con relleno cristalino.	33
2.3.6.2.1 Vidrio Feldespático de bajo a moderado <i>contenido de leucita</i> .	33
2.3.6.2.2 Cerámica vítrea con alto contenido de leucita.	34

2.3.6.2.3	Cerámicas vítreas a base de disilicato de litio.	34
2.3.6.3	Sistemas de base cristalina con relleno vítreo (De fase interpenetrante).	35
2.3.6.4	Sólidos Policristalinos.	35
2.3.7	Composición de la matriz Interprismática.	35
2.4	Técnicas de elaboración	36
2.4.1	Estratificación.	36
2.4.2	Vidrio inyectado.	36
2.4.3	Técnica: Lee Culp.	37
2.4.4	Inyección y maquillaje.	37
2.5	Indicaciones clínicas	37
2.5.1	Restauraciones indirectas	37
2.5.2	Laminados cerámicos.	38
2.5.2.1	Fragmentos cerámicos	38
2.5.2.2	Carillas oclusales.	38
2.5.2.3	Laminados palatinos.	39
2.5.3	Prótesis fijas unitarias.	39
2.5.3.1	Coronas.	39
2.5.3.2	Coronas sobre implantes.	40
2.5.3.3	Endo-coronas.	40
2.5.4	Prótesis fijas plurales.	40
2.5.4.1	Prótesis fijas retenidas por Inlays (IRFDP).	41
2.5.4.2	Prótesis fijas de largo alcance (Long span FDPs).	41
2.5.4.3	Prótesis fijas sobre implantes.	41
2.5.5	Pilares sobre implantes.	41
2.5.6	Sub-estructuras sobre implantes.	42
2.5.7	Postes intraradiculares.	42
2.6	Comportamiento clínico	42
2.6.1	Restauraciones indirectas.	42
2.6.2	Laminados cerámicos.	43
2.6.2.1	Fragmentos cerámicos.	43
2.6.2.2	Carillas oclusales.	44
2.6.2.3	Laminados palatinos.	44
2.6.3	Prótesis fijas unitarias.	44
2.6.3.1	Coronas.	44
2.6.3.2	Coronas Sobre implantes.	45
2.6.3.3	Endo-coronas.	45
2.6.4	Prótesis fijas plurales.	45
2.6.4.1	Prótesis fijas retenidas por Inlays (IRFDP).	46
2.6.4.2	Prótesis fijas de largo alcance (Long span FDPs).	46
2.6.5	Pilares sobre implantes.	46
2.6.6	Sub-estructuras sobre implantes.	47
2.6.7	Postes intraradiculares.	47
3	CEMENTACIÓN ADHESIVA	47
3.1	Acondicionamiento de la superficie cerámica	48
3.1.1	Micro Arenado de Superficie.	48
3.1.2	Grabado Ácido de Superficie.	50
3.1.2.1	Grabado HF en Vitrocerámicas Feldespáticas.	51
3.1.2.2	Grabado HF en vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio.	51
3.2	Protocolo óptimo de adhesión.	52
4	COLOR	53
4.1	Generalidades	53
4.2	Luz	53
4.2.1	Fotón	54
4.2.2	Espectro electromagnético	54
4.2.3	Transmisión de luz	54
4.2.3.1	Transmisión directa	54
4.2.3.2	Transmisión difusa	55

4.2.3.3	Transmisión selectiva	55
4.2.4	Reflexión y absorción de luz	55
4.2.4.1	Reflexión difusa	56
4.2.4.2	Reflexión especular	56
4.2.4.3	Refracción de la luz	56
4.2.5	Dispersión de Rayleigh	56
4.2.5.1	Efecto Tyndall	57
4.3	Medición del color	57
4.3.1	Percepción	57
4.3.2	Receptores ópticos	57
4.3.2.1	Conos	58
4.3.2.2	Bastones	58
4.3.3	Commission internationale de l'éclairage (CIE)	58
4.4	Dimensiones del color	59
4.4.1	Matiz	59
4.4.2	Valor	59
4.4.3	Saturación	60
4.4.4	CIELAB	60
4.5	Importancia clínica	60
4.5.1	Espectrofotómetros	60
4.5.2	Guía de color	61
4.5.3	Toma de color	61
4.5.4	Comunicación con el laboratorio	62
5	JUSTIFICACIÓN	64
6	OBJETIVOS	65
6.1	Objetivo General	65
6.2	Objetivos Específicos	66
7	HIPÓTESIS:	66
8	MATERIALES Y MÉTODOS	67
8.1	Materiales	67
8.2	Metodología	68
8.2.1	Consideraciones éticas	68
8.3	Preparación de muestras	68
8.4	Agrupación para experimento	70
8.4.1	Grupo control	70
8.4.2	Grupo Arenado	70
8.4.3	Grupo Grabado HF	70
8.5	Registro de datos visuales	71
8.6	Inmersión de las muestras	72
8.6.1	Grupos de inmersión	72
8.6.1.1	Grupo control	72
8.6.1.2	Grupo Vino tinto	73
8.6.1.3	Grupo Vinagre	73
8.6.2	Índices de confianza visual	73
8.7	Valores obtenidos	73
8.8	Análisis Estadístico	75
9	RESULTADOS	75
9.1	Contraste de valores L.a.b. Iniciales vs Finales	77
9.1.1	Contraste L.a.b. Control Vinagre	77
9.1.2	Contraste L.a.b. Arenado Vinagre	78
9.1.3	Contraste L.a.b Grabado Vinagre	80
9.1.4	Contraste L.a.b. Control Vino tinto	81
9.1.5	Contraste L.a.b. Arenado Vino tinto	82
9.1.6	Contraste L.a.b. Grabado - Vino tinto	83
9.2	Contraste L.a.b Grupos Vino tinto	85
9.2.1	Contraste L.a.b. Control - Arenado Vino tinto Final	85
9.2.2	Contraste L.a.b. Control - Grabado Vino tinto Final	86
9.3	Contraste L.a.b. Grupos Vinagre balsámico	87

9.3.1	Contraste L.a.b. Control Vinagre balsámico Final - Arenado Vinagre balsámico Final	87
9.3.2	Contraste L.a.b. Control Vinagre balsámico Final - Grabado Vinagre balsámico Final	89
9.4	Contraste $\Delta E$ .	90
9.4.1	$\Delta E$ grupo Control Vino tinto vs Control Vinagre.	90
9.4.2	Contraste $\Delta E$ Control vs Arenado y Grabado – Vino tinto	91
9.4.3	Contraste $\Delta E$ Control vs Arenado y Grabado - Vinagre	92
9.4.4	Contraste $\Delta E$ Grupo Arenado vs Grabado - Vinagre	93
9.4.5	Contraste $\Delta E$ grupo Arenado vs Grabado - Vino tinto	94
9.5	Prueba Dicotómica	96
10	DISCUSIÓN	101
11	CONCLUSIONES	103
12	RECOMENDACIONES	103
12.1	Recomendaciones clínicas	103
	BIBLIOGRAFÍA	105
	ANEXOS	117

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 IPS Classic x1.000(A), x5.000(B), x10.000(C) (Ivoclar Vivadent, 2003) .....	18
Ilustración 2x10.000 Imagen IPS Emax Press (B3) IPS Emax Cad (A3), tamaño de cristal 3-6 um (C) (Ivoclar Vivadent, 2003) .....	19
Ilustración 4 Disposición de las superficies cerámicas por grupo experimental .....	71

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Medias para contraste grupo L.a.b.control Vinagre. Contraste grupo L.a.b.control Vinagre.....	77
Gráfico 2 Contraste grupo L.a.b.arenado Vinagre.....	78
Gráfico 3 Contraste grupo L.a.b.Grabado Vinagre.....	80
Gráfico 4 Contraste Control Vino tinto, Inicial – Final .....	81
Gráfico 5 Contraste Arenado Vino tinto, Inicial – Final .....	82
Gráfico 6 Contraste Grabado Vino tinto, Inicial – Final .....	83
Gráfico 7 Contraste Control Vino tinto Final - Arenado Vino tinto Final.....	85
Gráfico 8 Contraste Control Vino tinto Final - Grabado Vino tinto Final.....	86
Gráfico 9 Contraste Control Vinagre balsámico Final - Arenado Vinagre balsámico Final ...	87
Gráfico 10 Contraste Control Vinagre balsámico Final - Grabado Vinagre balsámico Final .	89
Gráfico 11 Contraste entre Grupo Control vino tinto vs Control Vinagre .....	90
Gráfico 12 Contraste $\Delta E$ grupo Control vs Arenado y Grabado Vino tinto .....	91
Gráfico 13 Contraste $\Delta E$ de Control vs Arenado y Grabado Vinagre .....	92
Gráfico 14 Contraste Grupo Arenado vs Grabado vinagre.....	93
Gráfico 15 Contraste $\Delta E$ entre Grupo Arenado vs Grabado. En vino tinto.....	94

Gráfico 17 Resultados medias emparejadas Delta E por tipo de porcelana .....	95
--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Medición DeltaE grupo Arenado en Vinagre balsámico .....	118
Anexo 2 Medición DeltaE grupo Arenado en Vino tinto .....	120
Anexo 3 Medición DeltaE grupo grabado en Vinagre balsámico .....	120
Anexo 4 Medición DeltaE grupo grabado en Vino tinto .....	121
Anexo 5 Medición DeltaE grupo control en Vinagre balsámico .....	121
Anexo 6 Medición DeltaE grupo control en Vino tinto.....	122
Anexo 7 Medición L*a*b* grupo arenado VB inicial.....	122
Anexo 8 Medición L*a*b* grupo arenado VB final .....	123
Anexo 9 Medición L*a*b* grupo arenado V inicial .....	123
Anexo 10 Medición L*a*b* grupo arenado V final .....	124
Anexo 11 Medición L*a*b* grupo grabado VB inicial.....	124
Anexo 12 Medición L*a*b* grupo grabado VB final .....	125
Anexo 13 Medición L*a*b* grupo grabado V inicial .....	125
Anexo 14 Medición L*a*b* grupo grabado V final.....	126
Anexo 15 Fotografía Grupo Arenado en Vinagre balsámico balsamico final.....	126
Anexo 16 Fotografía Grupo Arenado en vino tinto final.....	127
Anexo 17 Fotografía Grupo control en Vinagre balsámico balsamico final .....	127
Anexo 18 Fotografía Grupo control en vino tinto final .....	127

Anexo 19 Envase contenedor de grupo control, compartimiento superior para inmersión en vino tinto, inferior Vinagre balsámico balsámico .....	128
Anexo 20 Envase contenedor de grupo arenado y grabado en Vinagre balsámico .....	128
Anexo 21 Envase contenedor de grupo arenado y grabado en vino tinto.....	128
Anexo 22 (a) Vinagre balsámico marca Ponti, (b) Vino tinto marca Clos.....	129
Anexo 23 Grabado de superficies con ácido hidrofúorhídrico, discriminando feldespato y disilicato de litio.....	129
Anexo 24 Control de tiempo de grabado ácido 120 segundos para feldespato y 20 segundos para disilicato de litio.....	130

# 1 INTRODUCCIÓN

Las porcelanas empleadas en odontología presentan propiedades mecánicas y ópticas que las vuelven la mejor opción al momento de realizar restauraciones biomiméticas, que tengan estabilidad a largo plazo tanto en color y forma. En cuanto a la estabilidad de color, el presente estudio busca correlacionar la resistencia a la pigmentación de las porcelanas odontológicas con tratamientos de superficie, comúnmente usados para protocolos de adhesión. (Magne & Belser, 2004)

Determinar el papel del tratamiento de superficie frente a la resistencia a la pigmentación de las porcelanas, servirá para mejorar la tasa de supervivencia de las restauraciones realizadas en la práctica diaria. Partiendo de la estabilidad de color se toma la hipótesis de que “Las superficies vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio y las superficies vitrocerámicas feldespáticas, probablemente no presentarán diferencias en la pigmentación al ser tratadas con grabado de superficie con ácido fluorhídrico, microarenado con óxido de aluminio y posteriormente sumergidas en vino tinto y Vinagre balsámico , con respecto al grupo control”.

Mediante la medición digital de la dimensión del color inicial y final, con el uso de fotografía estandarizada y la fórmula CIE  $L^*a^*b^*$  (1976), para obtener valores objetivos de la posible diferencia de color; correlacionando los valores objetivos obtenidos con los resultados de la evaluación visual dicotómica. Por lo tanto, con el fin de entender el comportamiento óptico y lograr predecir el comportamiento clínico de las porcelanas de uso odontológico, se debe presentar su origen, composición, clasificación, indicaciones, y técnicas de manufactura.

## 1.1 REVISIÓN DE LITERATURA

Las porcelanas de uso odontológico fueron introducidas a la odontología en 1774 por Alexis Duchateau, farmacéutico Francés que intentó aprovechar las propiedades estéticas y

estructurales de la porcelana, en prótesis totales. La porcelana o cerámica, que según su etimología se derivada del latín Porcello relacionado con el color rosa de la piel del porcino; o el griego Keramos que se traduce como tierra quemada. En el año de 1808 Giuseppangelo Fonzi, reemplaza dientes perdidos con restauraciones individuales con porcelana sobre una estructura de platino. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007) (Kelly & Benetti, 2011)

Posteriormente en 1888 en los Estados Unidos de Norteamérica, Charles Land inicia el desarrollo de un molde de platino para confeccionar Inlays cerámicos y en 1903 patenta e introduce la corona tipo Jacket, que era un recubrimiento total de la corona clínica en porcelana pura. En 1930 con el objetivo de mejorar la estética dental de una persona, aplicando técnicas mínimamente invasivas, Charles Pincus contribuye con un prototipo para el desarrollo de los laminados cerámicos. (Fradeani, 1998) (Kelly & Benetti, 2011)

Debido a sus propiedades de biocompatibilidad, comportamiento óptico y propiedades mecánicas; las cerámicas de uso odontológico han sido producto de investigación y desarrollo a lo largo de la historia. Con el fin de lograr tratamientos que alcancen altos índices de éxito, es importante conocer el comportamiento de cada tipo de porcelana y las indicaciones clínicas para la que están destinadas, (Mezzomo & Makoto, 2010)

## **2 MATERIALES CERÁMICOS**

Las porcelanas en su estado natural, comúnmente poseen caolín, compuesto que ayuda a mantener la consistencia y permite adaptar el material a la forma deseada. Al modificar el contenido químico de las porcelanas para uso odontológico, se altera la concentración de los diferentes óxidos que componen el material cerámico, de acuerdo a los requerimientos clínicos. (Ramakrishnaiah, Alkheraif, Divakar, Matinlinna, & Vallittu, 2016)

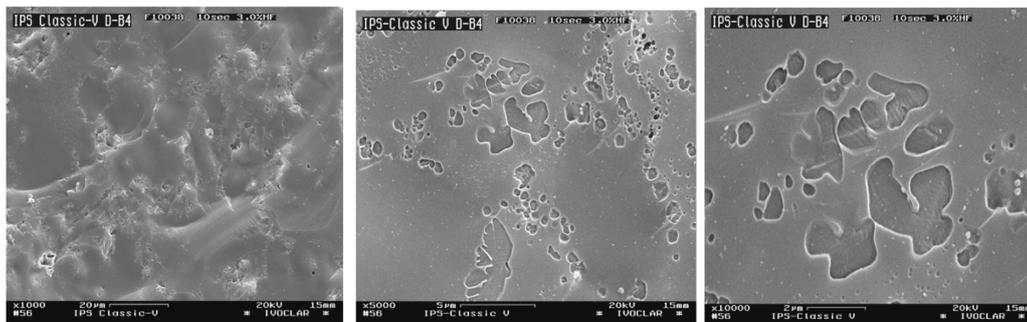
Los elementos cerámicos en su estado natural, tienen propiedades mecánicas deficientes para el uso clínico, pero al agregar otros compuestos conocidos como dopantes, la fórmula se modifica y permite un diferente comportamiento óptico y físico. (Bergmann & Stumpf, 2013)

## **2.1 COMPOSICIÓN DE LAS PORCELANAS ODONTOLÓGICAS**

Las porcelanas odontológicas son una estructura inorgánica compuesta por elementos metálicos oxidados y no metálicos como: oxígeno, aluminio, calcio, litio magnesio, fósforo, potasio, silicio, sodio, potasio o zirconio; la mayoría tiene una fase cristalina y otra vítrea. De acuerdo a la fase y óxido predominante existen diferentes tipos de porcelanas. (Bergmann & Stumpf, 2013)

### **2.1.1 Porcelanas feldespáticas.**

Las porcelanas feldespáticas son aquellas formadas por un sistema ternario de caolín, sílice y feldespato potásico ( $K_2Al_2Si_6O_{16}$ ), que de acuerdo a la concentración de elementos en la fase cristalina, permite que este material sirva como recubrimiento para estructuras. Contiene 40-65 % de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $B_2O_3$ ,  $BaO$ ,  $CaO$ ,  $CeO_2$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$ ,  $P_2O_5$ ,  $SnO_2$ ,  $TiO_2$  y  $ZrO_2$ . En el mercado encontramos marcas como Ivoclar Vivadent con IPS Empress Esthetic, IPS Empress CAD, IPS Classic o Vita con Vitadur, Vita VMK 68 y Vitablocs. La versatilidad de las porcelanas feldespáticas permite realizar recubrimiento de estructuras metálicas, núcleos cerámicos y restauraciones adheridas directo sobre esmalte. (Bergmann & Stumpf, 2013)



**Ilustración 1** IPS Classic x1.000(A), x5.000(B), x10.000(C) (Ivoclar Vivadent, 2003)

### 2.1.2 Porcelanas reforzadas con Leucita.

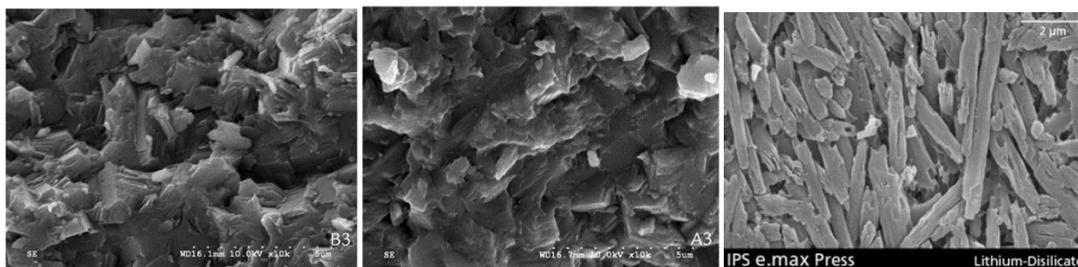
Los cristales de leucita determinan la dureza de las restauraciones, de acuerdo a su concentración. Al presentarse una fisura, la propagación de dicha fisura se ve interrumpida al encontrarse con uno de estos cristales, distribuyendo la energía creada por la fisura, a la fase cristalina de la composición, logrando detener la propagación y la futura fractura. (Bergmann & Stumpf, 2013)

Están compuestas por  $\text{SiO}_2$  (63%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (17%),  $\text{K}_2\text{O}$  (11.2%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (4.6%), óxido Cérico ( $\text{CeO}_2$ ; 1.6%) y menos del 1% de trióxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), óxido de bario ( $\text{BaO}$ ), dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ). En el mercado podemos encontrar marcas como Ivoclar Vivadent con IPS Empress, IPS d.Sign; Vita con VM7, VM9, VM13; Noritake con Noritake EX-3, Cerabien, Cerabien ZR. (Ivoclar Vivadent, 2003)

### 2.1.3 Porcelanas a base de Disilicato de litio.

Este grupo de porcelanas presentan diferentes propiedades gracias al contenido de aproximadamente un 57 a 80% de disilicato de litio ( $\text{SiO}_2$ ), 5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 6% óxido de lantano ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ), 5% óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ), 8% óxido de zinc ( $\text{ZnO}$ ), 13%  $\text{K}_2\text{O}$ , 19% óxido de litio ( $\text{Li}_2\text{O}$ ), 11% pentóxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ). En el mercado con encontramos A Ivoclar Vivadent con IPS Empress 2, IPS e.max Press, IPS e.max CAD; Pentron Ceramics con 3G HS,

Suprinity de Vita, Celtra Duo de Dentsply, Obsidian de Glidewell L.a.b.. (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015)



**Ilustración 2x10.000 Imagen IPS Emax Press (B3) IPS Emax Cad (A3), tamaño de cristal 3-6 um (C) (Ivoclar Vivadent, 2003)**

#### **2.1.4 Porcelanas vidrio infiltradas.**

Introducidas en 1989 con In-Ceram de Vita, se logran por medio de la infiltración de la fase vítrea dentro de las porosidades de la fase cristalina. A base de óxido de aluminio  $Al_2O_3$  en un 82% como fase cristalina dentro de la cual se infiltra lantano vítreo  $La_2O_3$  en 12%,  $SiO_2$  4.5%, CaO 0.8%, y un 0,7% de otros óxidos. (Vita Zahnfabric, 2013)

Después se cambia el proceso de infiltración por aluminato de magnesio  $MgAl_2O_4$ , para el In-Ceram Spinell. Este tipo de porcelanas se encuentra en desuso debido a la presencia de otras técnicas y materiales de mejor desempeño. (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015)

#### **2.1.5 Porcelanas a base de Alumina.**

Caracterizadas por un contenido de óxido de aluminio del 99,5%, fueron introducidas al mercado por Nobel Biocare como un material de estructura. Poseen altos valores de resistencia a la fractura y módulo de elasticidad por lo que estas porcelanas son muy vulnerables a la fractura, esto junto a la introducción de las porcelanas derivadas del óxido del zirconio, hacen que este tipo de porcelanas reduzcan su uso clínico. En el mercado encontramos In-Ceram AL

de Nobel Biocare. (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015) (Bergmann & Stumpf, 2013)

### **2.1.6 Porcelanas a base de Zirconia.**

El óxido de zirconio o zirconia, se encuentra en su forma molecular monoclinica, la cual a 1170 °C se estabiliza en su fase tetragonal y a 2370 °C convierte sus moléculas a la fase cúbica; pero al llegar a temperatura ambiente pierde dicha estabilidad molecular. (Bergmann & Stumpf, 2013)

En busca de lograr la estabilidad molecular se añaden óxidos de ytrio, magnesio, calcio y cerio; elementos que permiten diferentes grados de estabilidad molecular, el más común es 8% de óxido de ytrio  $Y_2O_3$ . Teniendo así zirconia totalmente estabilizada (FSZ), zirconia parcialmente estabilizada (PSZ) y zirconia tetragonal policristalina (TZP). Comercialmente encontramos Zirkon, DCS; Katana Zirconia ML de Noritake; Cercon ht de Dentsply; Prettau Zirconia de Zirkonzahn; IPS e.max ZirCAD de Ivoclar Vivadent. (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015)

## **2.2 PROPIEDADES DE LAS PORCELANAS**

Como todo material empleado en odontología, las porcelanas poseen ventajas y desventajas; estas características se pueden alterar de acuerdo a las necesidades clínicas, añadiendo diferentes compuestos químicos o modificando las técnicas de confección. (McLaren & Rifkin, 2004)

### **2.2.1 Propiedades mecánicas**

Como todo material, las porcelanas odontológicas deben cumplir una serie de requisitos mecánicos para lograr cumplir su objetivo, restaurar tejido o piezas perdidas. Al estar sometidos

a esfuerzos y cargas, es importante conocer los límites del material y la función a la que será destinado, evitando fallas estructurales. (Duffó, 2005)

### **2.2.1.1 Resistencia a la flexión.**

La resistencia flexural, es la propiedad mecánica de un material de resistir fuerzas perpendiculares a su eje antes de alcanzar la deformación plástica, se determina mediante la prueba de flexión biaxial a  $1 \text{ mm/minuto}^{-1}$  y según la norma ISO 9693, el requerimiento mínimo es de aproximadamente  $50 \pm 10 \text{ N/mm}^2$ . La resistencia a la flexión en las porcelanas a base de leucita es de 160 MPa, en las porcelanas a base de alúmina, de 300 MPa, por lo que son extremadamente rígidas y a la vez muy vulnerables a las fracturas. (Bergmann & Stumpf, 2013)

En el caso de las vitrocerámicas feldespáticas es de aproximadamente  $143.30 \pm 12.1 \text{ MPa}$  y de acuerdo a tratamiento de superficie que se realiza sobre ella puede reducirse. (Venturini, Prochnow, May, Bottino, & Valandro, 2015). Mientras que las vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio tienen una resistencia flexural de 348.33 MPa, pero difieren entre las prensadas con una media de  $344.35 \pm 65.94$  y las Cad con  $345.74 \pm 68.00$ ; incluso dentro de esa separación la diferente traslucidez de la pastilla interfiere con la propiedad mecánica, siendo las pastillas de mediana opacidad (MO Cad) las menos resistentes con  $281.19 \pm 47.94$ . (Fonzar, y otros, 2017)

En cuanto a las propiedades en cuanto a resistencia flexural de las cerámicas policristalinas son de 443.63 MPa. (Elsakaa & Elnaghy, 2016). La zirconia, al realizar modificaciones una vez que ha sido sinterizada, el número de moléculas estabilizadas en su fase tetragonal, se reduce, aumentando el número de moléculas en fase monoclinica; fenómeno que reduce la resistencia flexural del material y conduce a un número elevado de fallas cohesivas. Las modificaciones se describen como uso de fresa de grano grueso para realizar modificaciones, arenado de la

superficie post-sinterización o pulido mecánico sin control de la temperatura. (Moona, Kima, Lee, Hab, & Choi, 2011)

### **2.2.1.2 Resistencia a la penetración.**

La resistencia a la penetración es la propiedad del material relacionada con la dureza de la superficie, es decir la resistencia del material a ser penetrado. De varios métodos empleados, el más aplicado a odontología es el método de Vickers, el cual es una modificación del ensayo de Brinell pero con cargas más ligeras; consiste en aplicar carga sostenida sobre la superficie con una punta de diamante en forma de pirámide, se evalúa el grado de penetración. (Bergmann & Stumpf, 2013)

La porcelanas a base de leucita tienen una resistencia a la penetración de 6,2 GPa. En cuanto a las porcelanas a base de alúmina tienen una dureza de 1,7 a 2,0 GPa. Las vitrocerámicas feldespáticas van de 6,2 GPa, a base de disilicato de litio con 5,8 GPa y las cerámicas policristalinas a base de óxido de zirconia con 6,9 GPa. (D'Arcangelo, Vanini, Rondoni, & Angelis, 2016)

### **2.2.1.3 Resistencia a la fatiga**

Se describe como resistencia a la fatiga, a la propiedad mecánica que tienen las porcelanas de resistir cargas por un periodo determinado, bajo diferentes condiciones. Existen cargas cíclicas que permiten evaluar el comportamiento de los materiales ante ciclos de uso simulado y cargas sostenidas que consisten en aplicar una carga controlada de aumento paulatino a la superficie del material para evaluar la resistencia del material. (Bergmann & Stumpf, 2013)

La media de la resistencia a la fatiga de las porcelanas a base de leucita es de 1.3 MPa. En cuanto al disilicato de litio, aunque indicadas para los mismos usos clínicos, las diferentes presentaciones presentan diferentes resistencias a la fractura que difieren entre las maquinadas

con 1,79 MPa y las prensadas con 2,50 MPa. (Alkadi & Ruse, 2016) (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015)

Para las cerámicas policristalinas reforzadas con disilicato de litio, el índice de resistencia a la fatiga es de un aproximado de 2.31 MPa, mientras que el mas cerámicas policristalinas a base de óxido de circonio es de  $1034 \pm 116$  MPa,  $1008 \pm 110$  MPa para las FSZ y  $582 \pm 52$  MPa para las PSZ. (Sulaiman, Abdulmajeed, Shahramian, & Lassila, 2016)

#### **2.2.1.4 Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión de un material evalúa el comportamiento de los materiales ante fuerzas continuas y mide la resistencia de dicho material ante la carga; consiste en aplicar una carga sobre el eje longitudinal con el objetivo de acercar los extremos superior e inferior, el valor será el máximo alcanzado antes de que se produzca ruptura del material. (Duffó, 2005)

#### **2.2.1.5 Resistencia al cizallamiento**

Es una variante del análisis por compresión, donde en lugar de aplicar las cargas de manera longitudinal y paralela al eje, se las aplicara paralelas pero tangenciales al eje y es la máxima carga que puede soportar un material antes de que este se rompa. Esta prueba se emplea en mayor frecuencia para medir la resistencia de la interfaz, creada por el adhesivo, cemento, restauración cerámica y sustrato (Duffó, 2005)

#### **2.2.1.6 Resistencia a la tracción**

Es la propiedad mecánica de los cuerpos de resistir fuerzas de oposición, se realiza aplicando una fuerza controlada en sentido opuesto al material a examinar, gracias a las fuerzas aplicadas se produce un desplazamiento de los átomos, de acuerdo la fuerza de los enlaces atómicos, será la resistencia del material. (Duffó, 2005)

### **2.2.1.7 Resistencia a la deformación**

Derivado de la prueba de resistencia a la tracción tenemos la medición de la elasticidad antes de la deformación plástica, a esta se la conoce como Módulo de Young, consiste en aplicar fuerzas que llevan de la deformación plástica hacia la elástica, y está relacionada también con la fuerza de unión de los enlaces atómicos. Para las vitrocerámicas a base de disilicato de litio es de  $67.1 \pm 3.3$  GPa, de 210 GPa para las cerámicas policristalinas a base de óxido de zirconio, (Lawson & Burgess, 2016)

### **2.2.1.8 Expansión térmica**

El coeficiente de expansión térmica es el cambio dimensional que sufren las porcelanas luego del proceso de sinterización, donde se producen enlaces entre las moléculas lo que reduce las dimensiones del material. (Bergmann & Stumpf, 2013)

El coeficiente de expansión térmica en las porcelanas feldespáticas varía de acuerdo al número de ciclos de cocción, al sinterizar a una temperatura de  $585 \pm 10$  °C, en dos ciclos de sinterización es de  $12,6 \pm 0,5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1} \text{m/m}$  y a 4 ciclos de sinterización es de  $13,2 \pm 0,5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1} \text{m/m}$ . En cuanto a las porcelanas a base de leucita el coeficiente expansión es de  $16,6 \times 10^{-6} \text{K}^{-1} \text{m/m}$  a una temperatura de 400 °C y de  $17,5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1} \text{m/m}$  a 500 °C. (Ivoclar Vivadent, 2003)

La importancia del coeficiente de expansión térmica radica en la diferencia de contracción con los materiales de estructura; grandes diferencias causan daños estructurales de la porcelana que pueden llevar al fallo total de la restauración. (Bergmann & Stumpf, 2013)

### **2.2.2 Bio-compatibilidad.**

Al infiltrar la matriz vítrea se eliminan porosidades lo cual impide la adhesión y colonización bacteriana, por lo tanto, impide el acúmulo de biofilm alrededor de las restauraciones y mantiene la salud periodontal; siempre y cuando, las preparaciones respeten la biología

periodontal, el perfil de emergencia sea adecuado y no permita el acúmulo de biofilm. (Clavijo, Sartori, Phark, & Duarte, 2016)

### **2.2.3 Adaptación marginal.**

Siendo uno de los factores clave para la longevidad, si no está dentro de los rangos aceptables, la micro filtración conducirá al fracaso de cualquier tratamiento. Se considera que la adaptación marginal de las restauraciones tiene un límite clínicamente aceptable de hasta 120  $\mu\text{m}$ . Estudios indican que el grado de adaptación marginal media en restauraciones cerámicas análogas es de  $74 \pm 47 \mu\text{m}$ , mientras que las digitales fueron de  $48 \pm 25 \mu\text{m}$ . Indicando que las técnicas Cad/Cam son más precisas. (Ng, Ruse, & Wyatt, 2014)

### **2.2.4 Relación antagonista.**

En cuanto al desgaste antagonista analizando en micro unidades Vickers: el disilicato de litio con 590 vhn. es el más cercano al esmalte ( 408 vhn), seguido por la porcelana feldespática 700 y el óxido de zirconia en 1250 vhn; además revelan también que la disposición de la fase cristalina está directamente relacionada al desgaste antagonista. Ciertos estudios atribuyen que la ausencia de fase vítrea en la zirconia monolítica, la vuelve menos lesiva para el esmalte antagonista que los demás materiales estudiados. (Lawson & Burgess, 2016) (Nakashima, Taira, & Sawase, 2016)

El desgaste antagonista, según Hmaidouch R., estará directamente relacionado a la rugosidad de la superficie, ya que en un revisión sistemática de literatura realizado en 2013, determinaron que no existe diferencias estadísticamente significativas entre diferentes tipos de materiales pero si existe relación directa del desgaste antagonista cuando han sido realizados ajustes de oclusión y no se ha regularizado las superficies con pulido mecánico o glaseado de superficie. (Hmaidouch & Weigl, 2013)

### **2.2.5 Resistencia a la pigmentación.**

Dentro de la cavidad oral existen fenómenos relacionados con la temperatura, ingesta de alimentos y fuerzas de masticación, que pueden conducir a que una superficie de cualquier material se vuelva susceptible a capturar pigmentos y alterar las propiedades ópticas de los materiales. Las resinas compuestas tienen una susceptibilidad a la pigmentación alta en comparación a las porcelanas. (Gawriolek, y otros, 2012)

Por su parte las porcelanas tienen una susceptibilidad baja a crear retenciones para dichos pigmentos, gracias a la capa de vidrio infiltrado que se produce al glasear la superficie. Si por algún motivo el glaseado superficial de las porcelanas es retirado, dejará expuestos los prismas y la matriz interprismática de las porcelanas vítreas, permitiendo el alojamiento de pigmentos. (Nikzad, Azari, & Poursina, 2012).

En estudios in vitro, se determina que existe degradación mecánica y óptica de las cerámicas; sumergiéndolas durante 24 días, en bebidas carbonatadas (Coca-Cola), café y jugo de uva. Según Bergmann 2013, la alúmina sin glaseo se degradó ópticamente, reteniendo pigmentos más que los feldespatos. (Bergmann & Stumpf, 2013)

## **2.3 CLASIFICACIÓN**

Las porcelanas, al ser materiales tan versátiles y volubles de acuerdo a los dopantes que se agreguen a la composición, pueden ser clasificadas de diferentes formas. Sin parámetros fijos establecidos que difieren dependiendo el autor; entre algunas clasificaciones simples tenemos: (Martínez, Pradies, Suárez, & Rivera, 2007)

### **2.3.1 Técnica de Manufactura.**

La técnica de manufactura o de producción consiste en el procedimiento que se aplica a una cerámica para obtener el resultado final, el que dependerá de la presentación en la que se encuentre el material y los requisitos de la restauración final. (McLaren & Rifkin, 2004)

#### **2.3.1.1 Sinterización.**

La sinterización se refiere al tratamiento de una porcelana con temperaturas, por debajo del punto de fusión; el objetivo de aplicar altas temperaturas será mejorar las propiedades y compactar las moléculas entre sí, al aplicar calor la molécula reduce de tamaño lo que mejoran sus propiedades físicas. (McLaren & Whiteman, 2012)

Esta técnica se usa para elaborar restauraciones indirectas por estratificación sea sobre refractario, lamina de platino o estructuras varias; cuando la presentación de la porcelana es polvo líquido. En ciertos casos como el zirconio pre sinterizado, se combina con el fresado por computadora con una posterior sinterización; facilitando el proceso de fresado sobre una superficie con bajas propiedades mecánicas que aumentan luego de la sinterización final. (Kelly & Benetti, 2011)

#### **2.3.1.2 Inyección.**

La técnica de la inyección, usada con mucha frecuencia hoy en la actualidad por su versatilidad y baja complejidad; consiste en usar el principio de la sustitución a la cera perdida y porcelanas vítreas sintéticas de mediana fusión; al llegar al punto de fusión, la vitrocerámica es inyectada por presión dentro del molde que dejó la cera al derretirse y toma la forma que se planificó con cera. Se indican para realizar Inlays, onlays, overlays, coronas unitarias, puentes hasta de 3 unidades y pilares para implantes personalizados (Kelly & Benetti, 2011)

### **2.3.1.3 Infiltración.**

Consiste en una matriz de alúmina de naturaleza porosa, seguido de una capa vítrea de menor punto de fusión que se infiltra a través de las porosidades, esto proporciona mejor resistencia y comportamiento predecible a largo plazo al sellar y evitar infiltración de otro tipo de sustancias entre la matriz. Pueden ser infiltradas con óxido de magnesio, óxido de aluminio u óxido de zirconio. (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015)

### **2.3.1.4 Fresado computarizado.**

Esta técnica de elaboración requiere de equipos de precisión, se divide en fase de diseño, por sus siglas en inglés CAD que significa diseño asistido por computadora; y la fase de elaboración CAM que representa manufactura asistida por computadora. Involucrados en esta técnica se encuentran los escáneres intraorales, extraorales, fresadoras de varios ejes de movilidad capaces de elaborar restauraciones individuales y plurales con exactitud y parámetros de oclusión, adaptación y forma adecuados para cada caso. (Ng, Ruse, & Wyatt, 2014)

## **2.3.2 Resistencia a la mecánica.**

Si bien cada material tiene diferentes propiedades la norma ISO 6872, establece que el valor mínimo de una restauración debe tener es de 100 MPa y todos los sistemas cerámicos la cumplen; pero la resistencia del material se puede ver afectada dependiendo de la técnica de preparación del pilar, cementación y solidez estructural dado por el diseño de la prótesis final. (Martínez, Pradies, Suárez, & Rivera, 2007)

### **2.3.2.1 De baja resistencia.**

Entre estas están las vitrocerámicas feldespáticas, siendo aquellas que van de 100 a 300 MPa de resistencia, se usan para restauraciones unitarias en áreas de bajo impacto como carillas, fragmentos cerámicos o lentes de contacto; estudios indican que al sinterizarse sobre una estructura o cementarse sobre esmalte elevan sus valores de resistencia a niveles por encima de

las porcelanas de resistencia media. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007) (Sun, y otros, 2014)

#### **2.3.2.2     *Resistencia media.***

Son las vitrocerámicas vidrio infiltradas y las sintéticas a base de disilicato de litio o leucita, que van de los 300 a 700 MPa y se emplean para realizar prótesis fijas de hasta 3 unidades en el sector anterior, coronas unitarias hasta zona de premolares e incrustaciones tipo Inlays, onlays u overlays. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007) (Magne & Belser, 2004) (Mezzomo & Makoto, 2010)

#### **2.3.2.3     *De alta resistencia.***

Dentro de este grupo tenemos a las cerámicas policristalinas a base de óxido de zirconio con valores de 1000 a 1500 MPa. Material utilizado para confeccionar estructuras, núcleos y pilares sobre implante; la resistencia nos permite reemplazar el metal en casos de prótesis sobre implantes al poder realizar la estructura totalmente en zirconio o realizar rehabilitaciones en sector posterior. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007) (Mezzomo & Makoto, 2010)

### **2.3.3        Temperatura de fusión.**

La temperatura necesaria para alcanzar la sinterización de la partícula es un método sencillo de clasificar a las cerámicas y puede ser de baja, media o alta fusión. De esto depende si la indicación de la porcelana es para caracterización óptica, recubrimiento, estructura o reparación de defectos. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007)

#### **2.3.3.1     *Baja temperatura de fusión.***

Las porcelanas de baja temperatura de fusión son aquellas que requieren una temperatura que van de 850 a 1100 °C y se usan para estratificar morfología o recubrimiento estético sobre núcleos metálicos o porcelanas de mediana fusión, pero puede llegar a sufrir deformaciones si se realizan repetidas reparaciones; en su composición encontramos: 69,4 % dióxido de sílice,

7,5 % óxido bórico, 1,9 % óxido cálcico, 8,3 % óxido potásico, 4,8% óxido sódico, 8,1 % óxido de aluminio; tenemos como ejemplo la vitrocerámica IPS Classic o IPS e.max de Ivoclar Vivadent. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007) (Kina, 2005) (Magne & Belser, 2004)

### **2.3.3.2 *Temperatura media.***

Son aquellas que requieren temperaturas de 1080 a 1260 °C, generalmente en su composición constan 64,2 % dióxido de sílice, 2,8 % óxido bórico, 8,2 % óxido potásico, 1,9 % óxido sódico, 19 % óxido de aluminio, 2,1 % óxido de litio óxido de litio, 0,5 % óxido de mg y 0,7% pentóxido de fósforo. Usualmente usadas para restauraciones indirectas de porcelana libre de metal, una de sus desventajas es que pierden resistencia, forma y puede llegar a presentar grietas cuando se realiza varias cocciones, entre ellas tenemos a las cerámicas policristalinas a base de alúmina como la VITA In-Ceram ALUMINA. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007)

### **2.3.3.3 *Alta temperatura de fusión.***

Las porcelanas de alta fusión siendo aquellas que requieren temperaturas de 1260 a 1600 °C y estas normalmente se emplean como estructura o núcleo con el objetivo de no deformarse en las posteriores cocciones y estratificaciones, entre ellas consideramos a todas las cerámicas policristalinas a base de óxido de zirconio como Zirconia Prettau de Zirkozahn que es una cerámica policristalina a base de óxido de zirconio PSZ. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007)

## **2.3.4 *Comportamiento óptico.***

### **2.3.4.1 *Opacidad.***

Las porcelanas opacas son aquellas que por la disposición y tamaño de su partícula interfieren con el paso de la luz, sin permitir la transmisión y reflexión de luz como debería producirse normalmente en estos materiales por sus propiedades vítreas; permitiendo a los

profesionales cubrir y enmascarar sustratos con tonalidades desfavorables. (Kina & Bruguera, 2008) (Magne & Belser, 2004) (Chiche & Pinault, 2000) (Fradeani, 1998)

#### **2.3.4.2 *Traslucidez.***

Propiedad óptica, descrita como la cuarta dimensión del color, es la situación intermedia entre la opacidad, que no permite el paso de la luz y la transparencia, que es el paso total de luz; en ciertas situaciones se requiere el uso de porcelanas que permitan un mayor paso de luz, se emplean para realizar caracterizaciones propias del esmalte, principalmente en bordes incisales. (Kina & Bruguera, 2008)

Es la propiedad de ciertas porcelanas de permitir el paso parcial de la luz, propiedad que permite reproducir las caracterizaciones propias de un diente natural, en especial del esmalte a nivel del borde incisal. Esta propiedad va a depender del índice de refracción de la matriz interprismática de la porcelana, lo que está directamente relacionado con el paso de la luz a través de los cristales y la cantidad de luz que rebota en ellos. (Kelly & Benetti, 2011) (Magne & Belser, 2004)

#### **2.3.4.3 *Opalescencia.***

Descrito según Kina, es un fenómeno óptico propio de los cuerpo compuestos por sílice, dependiente de la incidencia de la iluminación. Las ondas cortas, entre los 380 nanómetros, tonos violetas, azulados son reflejados, mientras que las ondas largas cerca de los 780 nanómetros, tonos rojizos y amarillentos son transmitidos; efecto apreciable en el esmalte del borde incisal. (Kina & Bruguera, 2008) (Magne & Belser, 2004) (McLaren & Rifkin, 2004)

#### **2.3.4.4 *Fluorescencia.***

Se conoce así a la propiedad que tienen las porcelanas de reflejar luz con mayor longitud de onda que la recibida, al estar expuestas a ciertas ondas del espectro de luz. Propiedad importante al momento de buscar reproducir el comportamiento óptico de un diente natural y lograr el

mismo comportamiento con la cerámica bajo diferentes condiciones de iluminación. (Gamborena & Blatz, 2011)

Existen porcelanas fluorescentes que sirven para modificar el comportamiento óptico de una restauración; así como también, instrumentos para evaluar la fluorescencia en dientes naturales como el fluor\_eyes (Emulation - California, USA). (Kina & Bruguera, 2008) (Magne & Belser, 2004)

### **2.3.5 Sensibilidad al grabado ácido.**

De acuerdo a los estudios realizados bajo el microscopio electrónico se puede apreciar que de los diferentes tipos de porcelana se obtiene diferentes reacciones ante el grabado ácido; en las vitrocerámicas evidencian, ante la presencia de ácido fluorhídrico, la capa vítrea superficial es removida y dejando expuesto el relleno cristalino. (Kina & Bruguera, 2008)

#### ***2.3.5.1 Cerámicas ácido sensibles.***

Los materiales que permiten grabado ácido son las cerámicas de matriz resinosa y las vitrocerámicas: los feldepatos, las porcelanas sintéticas y las cerámicas vidrio infiltradas. Principalmente aquellas que contengan oxido de silicio, ya que es la reacción química entre el  $\text{SiO}_2$ , con el ácido hidrofúorhídrico lo que permite exponer grupos hidroxilos libres para permitir la unión química por medio del silano, entre ellas tenemos a IPS e.max de Ivoclar Vivadent que requiere un tiempo de 20 segundos al ser una vitrocerámica sintética a base de disilicato de litio, o la EX-3 de Noritake con 2 minutos de requerimiento al ser una vitrocerámica feldespática; en el caso de vitrocerámicas sintéticas a base de leucita el tiempo de grabado será de 1 minuto. (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015) (Kina & Bruguera, 2008)

### **2.3.5.2 Cerámicas no sensibles al grabado ácido.**

Son las porcelanas que no permiten resultados favorables ante el grabado con ácido fluorhídrico entre ellas tenemos a las cerámicas policristalinas a base de Zirconia (Zirconia Prettau, Zirkonzahn), Alumina (In-Ceram ALUMINA, Vita) y sus derivadas, esto debido a su bajo o nulo contenido de óxido de sílice en su matriz vítrea. (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015)

### **2.3.6 Microestructura.**

#### **2.3.6.1 Sistemas a base de vidrio.**

Son aquellas cerámicas compuestas principalmente por dióxido de sílice, existen aluminosilicatos que se encuentran de forma natural que contienen sodio y potasio, a estos compuestos se los conoce como feldespatos, estas porcelanas modificadas de su estado natural para el uso en odontología tienen una resistencia flexural de 60 – 70 MPa. (Giordano & McLaren, 2010)

Gracias a la disposición de los cristales, permiten mayor paso de luz, lo que se traduce en mayor translucidez; están indicadas en carillas, fragmentos o estratificación sobre estructuras. (McLaren & Whiteman, 2012)

#### **2.3.6.2 Sistemas cerámicos a base de vidrio con relleno cristalino.**

##### **2.3.6.2.1 Vidrio Feldespático de bajo a moderado contenido de leucita.**

Si bien las propiedades ópticas serán idénticas a las de las vitrocerámicas feldespáticas, tienen un coeficiente de expansión térmica más alto, menos abrasividad, resistencia flexural mejorada y el contenido de leucita contribuye a evitar la propagación de fracturas. (McLaren & Whiteman, 2012) (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015)

Dependiendo de la distribución y tamaño de los cristales de leucita las propiedades mecánicas de este material varía, hablando de dimensiones promedio mayores a 100 micrones, dando pobres propiedades físicas, a las de actualidad con 10 a 20 micrones promedio. De presentación polvo líquido se emplean en su mayoría como recubrimiento para restauraciones metal cerámicas. (Giordano & McLaren, 2010)

#### **2.3.6.2.2 Cerámica vítrea con alto contenido de leucita.**

Son aquellas con un contenido de leucita mayor al 50% de la composición, los cristales rodeados de matriz vítrea; al calentarse los cristales crecen lo que mejora las propiedades mecánicas debido al estrés que genera el aumento de dimensión de los cristales. Entre estas la más conocida es la Empress de Ivoclar Vivadent, vitrocerámica sintética prensable a base de leucita y se puede usar para realizar Inlays, onlays, carillas y coronas. (Giordano & McLaren, 2010)

La presentación de este tipo de cerámicas puede variar entre polvo/liquido, prensable y maquinable; siendo las prensables y las maquinadas en CAD/CAM las más resistentes a fractura en relación a las cerámicas en presentación las polvo - liquido. (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015)

#### **2.3.6.2.3 Cerámicas vítreas a base de disilicato de litio.**

Son cerámicas vítreas con un aproximado de 70% de contenido de cristales de disilicato de litio micrométricos entre los cuales se encuentra cristales de ortofosfato de litio sub micrométricos; proporcionando una matriz vítrea altamente llena, con resistencia de hasta 360 MPa, lo que es el triple de la resistencia proporcionada por las cerámicas vítreas a base de alúmina. Por la disposición y tamaño de los cristales de disilicato de litio este material, aunque con un alto contenido cristalino, es altamente traslúcido debido al bajo índice de refracción. (Giordano & McLaren, 2010)

### **2.3.6.3      *Sistemas de base cristalina con relleno vítreo***

Este tipo de porcelanas están relacionadas con la técnica In-Ceram, descrita en 1988; siendo de alúmina o zirconia. La técnica consiste en crear una matriz porosa conocida como “esponja” dentro de la cual penetra la segunda fase que es el relleno vítreo y puede ser con aluminosilicato de lantano vítreo, el cual por capilaridad, penetra los poros de la primera fase. (Giordano & McLaren, 2010)

Las propiedades mecánicas de estos materiales varían entre sí, yendo de In-Ceram Spinell a 350 MPa, In-Ceram Alumina en 450 MPa e In-Ceram Zirconia en 650 MPa; de igual manera la translucidez será inversamente proporcional a la resistencia a la flexión, volviendo a la porcelana In-Ceram Spinell, la más indicada para restauraciones anteriores por medio de este grupo de porcelanas. (Kina, Cerámicas Dentárias, 2005)

### **2.3.6.4      *Sólidos Policristalinos.***

Las cerámicas policristalinas son aquellas que no contienen componentes vítreos debido a que todos sus átomos están compactados, propiedad que permite obtener cerámicas más resistentes ya que al existir una fractura esta se ve frenada por la densidad de la estructura atómica. Usualmente estas porcelanas son más opacas y no permiten formas muy elaboradas; en ciertos casos se emplea con técnica de fresado CAD/CAM pero con el material pre sinterizado. (Kelly & Benetti, 2011) (Giordano & McLaren, 2010)

### **2.3.7          *Composición de la matriz Interprismática.***

En 2015, Stefano Gracis y su equipo de colaboradores, modifican la clasificación microestructural dividiendo en aquellas con matriz vítrea, policristalinas y agregando las porcelanas de matriz resinosa, que según la ADA son resinas compuestas, pero por poseer propiedades y contenido vítreo, tiene un comportamiento clínico igual al de las cerámicas. (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015)

## **2.4 TÉCNICAS DE ELABORACIÓN**

Las técnicas de manufactura varían dependiendo del tipo de material y necesidades clínicas; desde métodos artesanales a técnicas más avanzadas donde se emplea tecnología de fresado digital para asegurar precisión y menos esfuerzo. (McLaren, 2006) (Ng, Ruse, & Wyatt, 2014)

### **2.4.1 Estratificación.**

Descrita a inicios de los años ochenta del siglo XX, consiste en usar cerámicas feldespáticas, presentadas en polvo – líquido sobre yeso refractario, lámina de platino o estructuras metálicas; aunque es un procedimiento sensible a la técnica, largo y costoso, permite una excelente adaptación y realizar restauraciones de mínimo espesor. (Magne & Belser, 2004)

La estratificación se usa a gran escala al momento de realizar prótesis fijas sobre implantes, permitiendo estratificar sobre estructuras de cualquier material y mimetizar tejidos duros y blandos logrando resultados imperceptibles. (McLaren & Rifkin, 2004)

### **2.4.2 Vidrio inyectado.**

Descrita en 1989, esta técnica se basa en un encerado simulando la restauración final y por medio de la técnica de cera perdida se obtiene un molde de la restauración dentro de un cilindro de yeso de revestimiento. Una vez obtenido el molde se procede a inyectar materiales cerámicos a temperaturas de 850 a 1100 °C y una presión controlada. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007)

El resultado será una restauración monolítica que posteriormente permite caracterizarla desde la superficie, reproduciendo el comportamiento óptico de un diente natural y muestra mayor resistencia que las totalmente estratificadas. (Giordano & McLaren, 2010)

### **2.4.3 Técnica: Lee Culp.**

Descrita a mediados de 1990, consiste en la elaboración de una restauración con cerámica reforzada con leucita mediante la técnica de inyección agregando un cut-back de la superficie, que consiste en el desgaste de la restauración monolítica creando espacio para caracterizaciones y posterior estratificación. (McLaren & Rifkin, 2004)

Indica una preparación conservadora superficial con el objetivo de brindar espacio para porcelanas de baja fusión o tintes; con el fin de caracterizar la restauración; esto conlleva un alto riesgo de fractura y existe el riesgo de remover las caracterizaciones creadas. (Zhang, Sailer, & Lawn, 2014)

### **2.4.4 Inyección y maquillaje.**

Técnica versátil y rápida, permite ahorrar tiempo en el proceso de confección y personalización con pigmentos. Consiste en aplicar tintes de diferentes colores en la superficie de la restauración y recubriéndolos con una capa de glaseado; autores recomiendan arenar la superficie con óxido de aluminio de 50 micras a 1 Bar de presión antes de aplicar los tintes con el objetivo de crear porosidades donde se alojará el tinte. (McLaren & Rifkin, 2004)

## **2.5 INDICACIONES CLÍNICAS**

De acuerdo a los requisitos clínicos se seleccionará el material cerámico que cumpla con los requerimientos mecánicos y ópticos de acuerdo a las técnicas de manufactura, el tipo de porcelana y las propiedades mecánicas de cada una de ellas. (Kelly & Benetti, 2011)

### **2.5.1 Restauraciones indirectas**

Son aquellas restauraciones tipo onlay, inlay u overlay y pueden realizarse en todo cualquier tipo de cerámica, según las casas comerciales las vitrocerámicas sintéticas están indicadas en todos los casos tomando en cuenta que el espesor mínimo de la porcelana debe ser de 1 mm y

la preparación de la cavidad es sensible a la técnica, ya que ángulos agudos o hendiduras pueden conducir a la fractura de la restauración. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007)

### **2.5.2 Laminados cerámicos.**

Indicadas en casos donde es necesario realizar modificaciones de forma, color, tamaño y proporción, las carillas o laminados cerámicos pueden realizarse en todos los tipos de porcelanas odontológicas pero cada material será seleccionado de acuerdo al caso y las necesidades clínicas. (McLaren, 2006)

Según la literatura revisada la selección del material se hará de acuerdo al riesgo flexural que exista dependiendo del sustrato donde se asentará la restauración; siendo feldespato la elección cuando trabajamos sobre al menos 70% de esmalte donde el riesgo flexural es bajo, disilicato de litio para situaciones de riesgo flexural moderado donde existe una mayor parte de dentina y mínimo de 1 mm de espesor. (Kelly & Benetti, 2011) (McLaren & Rifkin, 2004)

#### **2.5.2.1 Fragmentos cerámicos**

Los fragmentos cerámicos son pequeños pedazos de vitrocerámicas feldespática o sintética de 100 – 300  $\mu\text{m}$ , adheridos sobre esmalte para corregir exclusivamente forma o proporción de los dientes. (Clavijo, Sartori, Phark, & Duarte, 2016)

Se realiza únicamente con la técnica de matriz refractaria o lámina de platino, por estratificación y son de suma delicadeza al manejo debido a la fragilidad que tienen antes de ser cementados. (Magne & Belser, 2004)

#### **2.5.2.2 Carillas oclusales.**

Son restauraciones vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio, ubicadas en las caras oclusales de las piezas posteriores con el fin de reestablecer la dimensión vertical en oclusión y devolver función en casos de atriciones o erosiones. (McLaren, Figueira, & Goldstein, 2015)

La principal problemática, que condujo a estudiar este tipo de restauraciones, fue la tendencia conservadora en odontología; que busca en los clínicos, tratamientos orientados al paciente y no a una técnica restauradora. Las restauraciones serán realizadas en base a las condiciones y necesidades del caso, mas no por las necesidades del material en cuanto a espacio interoclusal o preparación dentaria. (Perakis, Mignani, & Zicari, 2016)

### **2.5.2.3 Laminados palatinos.**

Ante el frecuente desgaste en zonas funcionales, y en busca de recuperar una oclusión mutuamente protegida, se emplea esta técnica. Consiste en cementar restauraciones cerámicas en caras palatinas de dientes anteriores, con el objetivo de crear un plano de desoclusión correcto en dientes anteriores y de lateralidades en caninos. (Kina & Bruguera, 2008)

Autores como Nakashima y Kina recomiendan el uso de vitrocerámicas sintéticas, por sus propiedades mecánicas; otros autores como Magne, hablan de un punto de vista más flexible para el esmalte antagonista y plantean realizar en vitrocerámicas de resina interpenetrante. (Magne & Belser, 2004) (Nakashima, Taira, & Sawase, 2016) (Kina & Bruguera, 2008)

### **2.5.3 Prótesis fijas unitarias.**

#### **2.5.3.1 Coronas.**

Para coronas tipo Jacket con vitrocerámicas sintéticas la indicación será hasta zona de premolares; para la zona de molares o pacientes con musculatura hipertónica, se recomienda usar coronas de estructura metálica o de cerámica policristalina monolítica. (Kina, Cerámicas Dentárias, 2005)

También es una opción viable realizar en estos casos restauraciones policristalinas monolíticas; aunque actualmente existe un debate acerca de la estabilidad molecular de las cerámicas policristalinas de zirconio y su comportamiento clínico. (Aurélioa, Marchionattia, Montagnera, Mayb, & Soares, 2016) (Lughi & Sergo, 2010)

### **2.5.3.2 Coronas sobre implantes.**

Las coronas sobre implantes pueden realizarse: libres de metal en vitrocerámicas sintéticas a base de leucita, vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio y cerámicas policristalinas; en cuanto a las vitrocerámicas feldespáticas, pueden emplearse, siempre y cuando sea sobre un núcleo metálico, de porcelana policristalina o de vitrocerámica a base de disilicato de litio. (Elsayed, Wille, Al-Akhali, & Kern, 2017)

### **2.5.3.3 Endo-coronas.**

En ciertos casos donde la morfología de conductos o anatomía radicular limita el uso de postes intraradiculares, particularmente en molares por la dirección de fuerzas en el eje axial, gracias a las vitrocerámicas ácido sensibles se desarrolla la técnica de corona monobloque en 1995 por Pissis. Consiste en una restauración que abarca el espacio de la cámara pulpar y la restauración final, evitando el uso de postes intraradiculares. (Biacchi, Mello, & Basting, 2013)

### **2.5.4 Prótesis fijas plurales.**

En casos de puentes fijos las recomendaciones de las casas comerciales para el uso de vitrocerámicas sintéticas, indican hasta zona de premolares y como límite de la prótesis 3 unidades, dos pilares y un pónico. En el caso de las cerámicas policristalinas la literatura describe que puede usarse para realizar prótesis fijas plurales de largo alcance, pero recomienda limitar su uso a estructuras y recubrir las con cerámicas de base vítrea. (Zhang, Sailer, & Lawn, 2014)

De tratarse de restauraciones monolíticas policristalinas de Zirconia estabilizada (YTPZ), se recomienda, no realizar modificaciones rudas, y de ser necesario, una vez realizadas las modificaciones, regresar la restauración al laboratorio dental para un nuevo sinterizado, esto con el objetivo de estabilizar las moléculas de la fase monoclinica a la fase tetragonal nuevamente. (Lughi & Sergo, 2010)

#### **2.5.4.1 *Prótesis fijas retenidas por Inlays (IRFDP).***

También conocidas como prótesis tipo Maryland, son prótesis de tres unidades que en lugar de pilares, tienen cavidades clase II simples, los retenedores son restauraciones tipo Inlay, unidos por medio de conectores a un pónico. En cuanto a este tipo prótesis de acuerdo a Al-Amleh y cols en 2010, la revisión sistemática indica que no es recomendable realizar con cerámicas policristalinas, basado en los estudios *in-vivo* realizados; recomendando usar porcelanas de matriz vítrea sintéticas. (Al-Amleh, Lyons, & Swain, 2010)

#### **2.5.4.2 *Prótesis fijas de largo alcance (Long span FDPs).***

Son aquellas prótesis fijas, donde los espacios edéntulos son de más de una pieza. Si es necesario recurrir a usar una prótesis fija de largo alcance se recomienda utilizar estructuras en porcelanas policristalinas YTPZ con recubrimiento vítreo o núcleos metálicos con recubrimiento cerámico. (Rehmann, Podhorsky, Schaaf, Rudel, & Wöstmann, 2015)

#### **2.5.4.3 *Prótesis fijas sobre implantes.***

Son restauraciones tipo corona, sobre implantes dentales se pueden emplear porcelanas vítreas sintéticas, feldespáticas o policristalinas, dependiendo del requerimiento clínico. (Mezzomo & Makoto, 2010)

#### **2.5.5 *Pilares sobre implantes.***

Al realizar restauraciones sobre implantes en el sector anterior, comúnmente dependiendo del biotipo periodontal, se puede apreciar un tono oscuro en la encía la cual pierde valor debido a que transparenta los tonos grisáceos del pilar protésico. Los pilares realizados en porcelanas vítreas o policristalinas son la mejor opción para estos casos donde se ve comprometida la estética. (Elsayed, Wille, Al-Akhali, & Kern, 2017)

Se pueden obtener por medio de CAD/CAM o por técnica de prensado de porcelana, de especial utilidad para zonas estéticas o biotipos periodontales finos. La literatura revisada

recomienda siempre mantener la base en titanio o cromo cobalto, esto debido a que el contacto directo con cerámicas policristalinas puede provocar desgaste en la conexión con el implante. (Cooper, Stanford, Feine, & McGuire, 2016)

### **2.5.6 Sub-estructuras sobre implantes.**

Con la tecnología Cad/Cam se incorpora la posibilidad de realizar sub estructuras maquinadas en cerámicas policristalinas de zirconio estabilizado, totalmente sinterizado y parcialmente sinterizado; la literatura recomienda elegir zirconio YTPZ pre sinterizado sobre el totalmente sinterizado, debido a que durante el fresado pueden producirse fracturas por la dureza de la  $ZrO_2$ -YTPZ totalmente sinterizado. (Le, Papia, & Larsson, 2015)

### **2.5.7 Postes intraradiculares cerámicos.**

Los postes intraradiculares se emplean con el fin de crear retención para el material restaurador, pueden ser pre fabricados o personalizados en metal, cerámica o resina compuesta; el objetivo de restaurar un diente post endodoncia con un poste prefabricado será aumentar la resistencia a la tracción de un material de restauración de acuerdo a lo que nos permita el conducto, con la menor cantidad de sacrificio tisular. (Pegoraro, 2001)

## **2.6 COMPORTAMIENTO CLÍNICO**

Una vez conocidos los materiales, sus indicaciones y propiedades, es importante conocer cómo será su comportamiento en función del tiempo y los ciclos de uso; para ello se evalúa el índice de éxito clínico o las tasas de supervivencia del material, en situaciones clínicas específicas. (Magne & Belser, 2004) (Mezzomo & Makoto, 2010)

### **2.6.1 Restauraciones indirectas.**

Según Beier en 2012, donde evaluó 1335 restauraciones cerámicas, encontrando que 95 restauraciones fracasaron. El índice de éxito de las restauraciones indirectas en general es del

93,5% en 10 años, 85,8% en 15 años y de 78,5% en 20 años; ( 78% fallas absolutas y 21,05% relativas), el 33,8% por fractura del recubrimiento cerámico, 24,21% por fisuras, 14,74% caries secundaria. (Beier, Kapferer, & Dumfahrt, 2012)

En cuanto a la selección del material, en una revisión sistemática realizada en 2013 por Chabouisa H., se concluyó que existe un riesgo de falla de 3:2 favoreciendo a las restauraciones indirectas en vitrocerámicas; en 3 años de control clínico. (Chabouisa, Faugerona, & Attala, 2013)

### **2.6.2 Laminados cerámicos.**

En 2012 Beier y cols, publicaron un estudio acerca del rango de supervivencia de las carillas en porcelana. Usaron 318 laminados cerámicos que habían sido colocados a lo largo de 20 años, en 84 sujetos. Los resultados indicaron que durante los primeros 5 años el índice de éxito fue del 94,4%, 93,5% los 10 años y 80,93% es decir solo 29 fracasos en 20 años; siendo factores predominantes en el fracaso: dientes no vitales, parafunciones activas y pigmentación marginal relacionado directamente con pacientes fumadores. (Beier, Kapferer, Burtscher, & Dumfahrt, 2012) (D'Arcangelo, Angelis, Vadini, & D'Amario, 2012)

#### **2.6.2.1 Fragmentos cerámicos.**

Aunque la técnica sea relativamente joven, al tiempo de uso de las porcelanas en odontología, estudios con evaluación longitudinal de 12 años indican que en pacientes sanos con laminados cerámicos convencionales, las recesiones aumentaron de un 44% inicial en el grupo a 88%, atribuyéndolo a la interfaz de cemento que se deteriora entre la restauración y el margen, lo que nos impulsa a realizar tratamientos menos invasivos y más predecibles a largo plazo. (Okawa, 2016) (Clavijo, Sartori, Phark, & Duarte, 2016)

### **2.6.2.2     *Carillas oclusales.***

Al ser una técnica relativamente nueva, consta con poco tiempo y evidencia científica; conforme se desarrolla y generaliza la técnica, aumenta el número de publicaciones acerca de la misma, indicativo de que los resultados generales son favorables y al reducir el impacto biológico en los tejidos de las rehabilitaciones protésicas se reduce el daño iatrogénico de un desgaste subjetivo innecesario del tejido dentario. (Perakis, Mignani, & Zicari, 2016)

### **2.6.2.3     *Laminados palatinos.***

Kina en 2008, explica acerca de los laminados cerámicos e indica que rehabilitar esas zonas críticas no solo mejora la durabilidad a largo plazo y alivia trastornos articulares, sino que también ayuda a elevar la tasa de supervivencias de las demás restauraciones al devolver los criterios de oclusión mutuamente protegida. (Kina & Bruguera, 2008)

Magne en 2004, cita la importancia de las zonas funcionales y a la vez indica que las zonas de tensión se encuentra ubicadas en los cúngulos de los dientes anteriores, lo que nos lleva a la técnica bilaminar; un laminado palatino realizado en resina compuesta más un laminado cerámico por vestibular; explica que debemos permitir un material semejante al esmaltes en comportamiento mecánico para evitar desgaste excesivo antagonista. (Magne & Belser, 2004)

## **2.6.3        Prótesis fijas unitarias.**

### **2.6.3.1     *Coronas.***

Evaluando el comportamiento clínico de las prótesis en YTPZ, a 5 años indican un índice de supervivencia del 95,8%, siendo las fallas más comunes el despostillado en el recubrimiento cerámico 10,5%, decementación 6,9% y caries secundaria en un 8,1%. (Chaar & Kern, 2015)

El disilicato de litio, una vitrocerámica sintética, indica buen comportamiento dentro de los 5 primeros años del 97,8% y mantiene sus valores cerca del 96,7% en 10 años, manejando el protocolo que indica el fabricante y hasta zona de premolares. (Pieger, Salman, & Bidra, 2014)

Según Rinke S., el índice medio de éxito acumulado para coronas metálicas recubiertas con vitrocerámica feldespática es de 97,6% y del 94% para cerámicas policristalinas en 5 años. (Rinke, Kramer, Burgers, & Roediger, 2016)

### **2.6.3.2 Coronas Sobre implantes.**

El índice medio de éxito acumulado en 5 años según Rinke en 2016, no es estadísticamente significativo en contraste con el índice de las restauraciones sobre pilares naturales. El determinante del éxito en una restauración sobre implantes es el material y proceso de manufactura del pilar protésico. (Rinke, Kramer, Burgers, & Roediger, 2016) (Elsayed, Wille, Al-Akhali, & Kern, 2017)

### **2.6.3.3 Endo-coronas.**

Debido a la capacidad de resistir las fuerzas masticatorias de las vitrocerámicas sintéticas y gracias a que pueden mantener una buena adhesión al sustrato dentario, el éxito del tratamiento recae en una buena preparación. En un periodo de 36 meses hay un promedio de éxito del 94 al 100% y en base a un meta análisis, se indica mejor desempeño que las prótesis convencionales con postes intraradiculares, requiriendo futuros estudios. (Sedrez-Porto, Rosa, Silva, Münchow, & Pereira-Cenci, 2016)

### **2.6.4 Prótesis fijas plurales.**

Estudios acerca del comportamiento clínico en 10 años de las prótesis fijas en YTPZ, indican que el índice de supervivencia es del 84,5% y las causas de fracaso son: complicaciones biológicas 17,5%, complicaciones técnicas 28%, pérdida de vitalidad pulpar 5,2%, fractura del pilar 5,3%, complicaciones periodontales 3,5%, caries secundaria 3,5% y periodontitis periapical en 1,8%. (Ioannidis & Bindl, 2016) (Chaar, Passia, & Kern, 2015)

M. Le y cols, en cuanto al éxito de las prótesis fijas dento soportadas con estructura de zirconia, en un periodo de 5 años, luego de realizar una revisión sistemática de literatura,

determinan como “aceptable” y comparable a las convencionales en estructura metálica, pero con mayores complicaciones biológicas. (Le, Papia, & Larsson, 2015)

Para prótesis fija de cerámica vítrea sintética a base de disilicato de litio la evidencia de 1 a 5 años indica un índice de éxito de 78.1% y baja al 70.9% en el lapso de 5 a 10 años, siendo la mayor incidencia de fallos en el sector posterior. (Pieger, Salman, & Bidra, 2014)

#### **2.6.4.1 *Prótesis fijas retenidas por Inlays (IRFDP).***

Luego de observar durante un periodo promedio de 64,4 meses, la tasa de supervivencia durante los 5 años fue del 95,8%, siendo las causas más comunes de fracaso: decementación 6,9%, fractura del recubrimiento cerámico 10,5% y caries secundaria en un 8,1%. Se indica que la selección del caso es de suma importancia para lograr buenos resultados clínicos. (Chaar & Kern, 2015)

#### **2.6.4.2 *Prótesis fijas de largo alcance (Long span FDPs).***

Evaluado en 5 años, se expresa un índice de supervivencia del 82%, con 6.6% de fracturas en la estructura, 13.3% decementaciones, 3.3% fractura de pilar y 26.66% de falla cohesiva de la porcelana de recubrimiento. Tomando en cuenta el análisis de regresivo de Cox aplicado por Schmitter, indicando que la posición y longitud son los determinantes del éxito clínico en este tipo de prótesis. (Schmitter, Mussotter, Rammelsberg, Gabbert, & Ohlmann, 2012)

#### **2.6.5 *Pilares sobre implantes.***

Al requerir restauraciones en zonas estéticas se puede recurrir a pilares estéticas en vitrocerámica o cerámicas policristalinas, los pilares de disilicato de litio tienen mejor comportamiento para sectores estéticos y los pilares de ZrO<sub>2</sub> combinados con bases de titanio (Ti bases) tienen mayor resistencia a la fractura que los pilares de óxido de zirconio puro. Al aplicar fuerzas paulatinas en intervalos de 100 N hasta llegar a 400 N, el ZrO<sub>2</sub> indicó una media

de  $202 \pm 33$  N siendo la de menor valor, entre los demás materiales no hubo diferencia estadísticamente significativa, (Elsayed, Wille, Al-Akhali, & Kern, 2017)

#### **2.6.6 Sub-estructuras sobre implantes.**

Estas estructuras presentan ventajas sobre las estructuras de CrCo como: baja conductividad térmica, bajo potencial de corrosión, mayor resistencia flexural y a la fractura. Cuando la interfaz no presenta un intermediario metálico los estudios indican una pérdida media de torque, en comparación a las estructuras metálicas de 9, 8% inicial y de 22,4% luego de  $1 \times 10^6$  ciclos de fatiga por electro masticación masticación. (Gomes, Tioosi, Faria, Rodrigues, & Ribeiro, 2014)

M. Le y cols, en cuanto al éxito de las prótesis implanto soportadas con estructura de zirconia, en un período de 5 años, luego de realizar una revisión sistemática de literatura, determinan como “excelente” en su rendimiento clínico. (Le, Papia, & Larsson, 2015)

#### **2.6.7 Postes intraradiculares cerámicos .**

Fueron introducidos en la odontología en 1994 por Sadhaus y Pasche y aunque con buenas propiedades estéticas, es necesario un mayor grosor del material para mantener la solidez estructural, comprometiendo el remanente dentario, son muy radiopacos, poco retentivos, difíciles de extraer y debido a su alto módulo de elasticidad las fuerzas son transmitidas directamente a la interfase retenedor - diente aumentando innecesariamente el riesgo de fractura, autores sugieren evitar el uso de este tipo de retenedores intraradiculares. (Mallat & Mallat, 2007) (Nageswar, 2011) (Mezzomo & Suzuki, 2010)

### **3 CEMENTACIÓN ADHESIVA**

En odontología, para unir dos materiales diferentes es necesario aumentar la energía superficial libre; aumentado la energía superficial, aumenta la humectabilidad de la superficie

para el agente cementante. Es recomendable realizar tratamientos de la superficie con el objetivo de crear retenciones micro mecánicas y exponer grupos hidroxilos con el fin de promover retención química, la cual es responsable de la estabilidad a largo plazo de la unión entre las cerámicas dentales, el agente cementante resinoso y el sustrato dentario. (Ramakrishnaiah, Alkheraif, Divakar, Matinlinna, & Vallittu, 2016)

### **3.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA SUPERFICIE CERÁMICA**

Se describe el microarenado de superficies patentado por Benjamin Tilghman en 1870 y en 1983 Horn, propone el grabado de la superficie de las vitrocerámicas feldespáticas con ácido hidrofluorhídrico (HF) al 5% durante 15 minutos; reportándose la efectividad de dicho procedimiento en 1985 por Simonsen y Calamia. (Kato, Matsumura, & Atsuta, 2000)

Para lograr una correcta adhesión, es necesario acondicionar las superficies que se van unir, tanto el sustrato dentario como el de la restauración; en el caso de las vitrocerámicas libres de metal, los protocolos de acondicionamiento de la restauración varían de acuerdo al agente cementante y al tipo de porcelana. Entre los protocolos más conocidos está el grabado de superficie con ácido hidrofluorhídrico al 10%, micro arenado de la superficie con óxido de aluminio de 50  $\mu$  y la silanización. (Magne & Belser, 2004) (Shahverdi, Canay, Sahin, & Bilge, 1998)

#### **3.1.1 Micro Arenado de Superficie.**

Es un proceso que consiste en la aplicación bajo presión, de partículas metálicas sobre un material con el objetivo de modificar o limpiar su superficie. Esta modificación de la superficie tiene relación directa con la rugosidad, humectabilidad de la superficie y cambios en la fuerza de adhesión micro mecánica. Está contraindicado el uso intraoral, pero ciertos autores lo recomiendan en reconstrucciones postendodónticas o para cementar sobre sustratos duros como

postes metálicos o dientes tratados endodónticamente, (Rudawska, Danczak, Müller, & Valasek, 2016)

El principio físico del microarenado consiste en la fórmula de energía cinética, ( $E_c = 1/2mv^2$ ) donde M es masa y V es velocidad, lo que indica que la partícula de óxido de aluminio golpeará la superficie con una velocidad determinada por la presión que se utilice, y creará interdigitaciones en la superficie cerámica. Según Ho B. 2015, el ángulo óptimo para realizar el micro arenado son los 75° a partir del eje longitudinal y de 5 a 15 mm de distancia, indiferente del tamaño de la partícula. Con una presión controlada de 3,5 bar, la energía creada por la partícula de óxido de aluminio, al golpear la superficie, elimina la capa superficial de matriz interprismática, descubriendo la fase cristalina y crea amplias interdigitaciones entre los componentes de la fase cristalina. (Ho, y otros, 2015)

Según estudios de carga cíclica y envejecimiento, el micro arenado no solo mejora la retención mecánica, sino aumenta la tasa de supervivencia de la interfaz porcelana-cemento hasta por 6 meses más que la superficie sin arenar. (Rungruanganunt & Kelly, 2012)

En 2000 Kato y cols, realizan pruebas de adhesión antes y después de termociclar por 5000 ciclos superficies tratadas con diferentes ácidos, entre ellos el HF al 5% y micro arenado de la superficie con óxido de aluminio de 50 $\mu$ ; los resultados obtenidos indican que el micro arenado proporciona retención mecánica, no estable después del termociclaje (0 MPa) contrario al HF, que luego del termociclaje mantenía niveles de adhesión de 6 MPa. (Kato, Matsumura, & Atsuta, 2000)

No obstante, el micro arenado no es aplicable a todas las superficies, en la fase de laboratorio se emplea para retirar el yeso refractario residual, a realizar mediante técnica Cad/Cam, no existen dichos residuos por lo que si aplicamos este tratamiento en restauraciones de este tipo existe gran riesgo de fracturas, por lo que se sugiere usar menos presión, pero indican que el

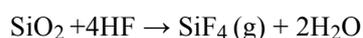
uso de silano y grabado HF, es suficiente para lograr buenos niveles de adhesión en cerámicas de matriz vítrea. El micro arenado de la superficie puede usarse también sobre piezas tratadas endodónticamente, intraconducto, sobre postes colados, o coronas metal porcelanas y no se recomienda usar sobre piezas vitales. (Yoshihara, y otros, 2017)

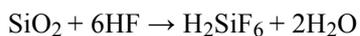
### **3.1.2 Grabado Ácido de Superficie.**

El tiempo que se aplica dependerá del tipo de cerámica con la que se esté tratando. Según varios estudios y diferentes autores se determina un tiempo de grabado ácido de 20 segundos para vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio, 1 minuto para vitrocerámicas sintéticas a base de leucita y de 2 minutos para vitrocerámicas feldespáticas. (Baratieri, 2009)

En la literatura se describe al grabado, de las vitrocerámicas, con ácido fluorhídrico, en diferentes concentraciones, para retirar la matriz vítrea y crear interdigitaciones que permitan alojar el agente de unión definitivo. El aumento del área de contacto, del agente cementante con la superficie y la reducción de la energía superficial, se traducen en un menor ángulo de contacto, aumento de humectabilidad y mejor penetración del agente cementante; conduciendo a mayores fuerzas de adhesión. Las concentraciones aceptadas de HF son aquellas entre 3%, 5% y 10% (Venturini, Prochnowb, Ramboc, Gundeld, & Valandro, 2015)

Dentro de los aspectos para la unión entre una porcelana y un cemento resinoso, el grabado ácido es un proceso de acondicionamiento, cuyo mecanismo de acción no es desmineralizar la superficie por su acidez; sino es la reacción química entre el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y el ácido hidrofluorhídrico, donde la sustitución de fluoruro por oxígeno debido a la electronegatividad forma: al interactuar con 4 moles de HF, tetrafluoruro de silicio ( $\text{SiF}_4$ ) y al unirse con 6 moles de HF forma ácido hexafluorosilícico ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ), estas reacciones dejan un residuo de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). (Tian, Tsoib, Matinlinnab, & Burrow, 2014)





Esta reacción química entre el HF y el SiO<sub>2</sub>, no solamente crea interdigitaciones profundas que promueven la adhesión, sino que también deja grupos hidroxilos libres (OH), los cuales crean un nexo con el silano, promoviendo la estabilidad a largo plazo mediante la unión química. (Ramakrishnaiah, Alkheraif, Divakar, Matinlinna, & Vallittu, 2016) (Valian & Moravej-Salehi, 2005)

### **3.1.2.1 Grabado HF en Vitrocerámicas Feldespáticas.**

A principios de los 90s se realizaron estudios sobre vitrocerámicas feldespáticas con diferentes concentraciones de HF al 2.5%, 5.0%, 7.5%, 10%, 15% durante 0.5 minutos, 1 minutos, 2.5 minutos, 5.0 minutos, 7.5 minutos, 10 minutos; resultando en los mejores resultados de resistencia al cizallamiento fueron para el grupo de HF al 10% durante 1 minuto. (Yu, 1998)

En análisis posteriores se determinó que el pico máximo de resistencia al cizallamiento se produjo a los 2 minutos de grabado con HF en porcelanas feldespáticas. (Chen, Matsumura, & Atsuta, 1998)

En estudios más actuales, en cuanto al grabado HF de la vitrocerámica feldespática para Cad/Cam, Liu D. y cols en 2015, evaluaron la micro dureza en micro unidades Vickers, en diferentes tiempos de grabado y determinaron que al grabar por más de 1 minuto este tipo de superficies aumenta el riesgo de fractura por reducción en la resistencia flexural. (Liu, Tsoi, Pow, & Wong, 2015)

### **3.1.2.2 Grabado HF en vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio.**

Evaluando diferentes concentraciones de HF al 1%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10% y por distribución randomizada en grupos de 10 unidades por tiempo de grabado HF de 20, 40, 60 y 120 segundos. Determinaron que la fuerza de resistencia al cizallamiento para los grupos con

valores más altos fue HF al 5% ( $27.8 \pm 1.6$  MPa), 7.5% ( $28.1 \pm 1.6$  MPa) y 10% ( $31.1 \pm 1.7$  MPa). Los tiempos de grabado de 40 y 120 segundos en concentraciones de 1% y 2.5% mostraron mejor comportamiento pero no diferenciaron estadísticamente del grupo 10% por 20 segundos. (Puppin, y otros, 2016)

La micro rugosidad de la superficie de vitrocerámicas a base de disilicato de litio, evaluada bajo diferentes tiempos de grabado HF, indica que realizar un grabado HF excesivo de la superficie conduce a poros más amplios que producen un entrelazado más débil que los poros delgados creados por el grabado HF 5% durante 20 segundos. (Ramakrishnaiah, Alkheraif, Divakar, Matinlinna, & Vallittu, 2016)

En cuanto a la resistencia flexural de las vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio; después de realizar grabado HF 9% durante 2 minutos, encontraron una disminución del 11,7% en la resistencia flexural. (Hooshmand, Parvizi, & Keshvad, 2008)

### **3.2 PROTOCOLO ÓPTIMO DE ADHESIÓN.**

Las porcelanas odontológicas ácido sensibles, requieren de un protocolo de adhesión óptimo, donde al menos debe incluirse: grabado de la superficie con ácido fluorhídrico, micro arenado de la superficie con el objetivo de mejorar la retención micro mecánica; estudios evalúan el uso de silano, que mejora la unión química; si bien las diferencias entre un grupo tratado con grabado ácido, microarenado y limpieza, no difieren estadísticamente de otro grupo con el mismo tratamiento más la aplicación de silano; el análisis del tipo de falla causada en las restauraciones muestra que existen mayores fallas cohesivas en el grupo que contiene silano. (Bravo, Bustamante, & Daza, 2014) (Nagai, Kawamoto, Kakehashi, & Matsamura, 2005) (Canay, Hersek, & Ertan, 2001)

Estudios analizan el comportamiento de las fuerzas de adhesión bajo cizallamiento, combinando micro arenado, grabado ácido, silanización, entre si y sus diferentes

permutaciones. Se concluye que el protocolo óptimo de adhesión, al utilizar el ácido fluorhídrico y el micro arenado, obtiene valores óptimos de adhesión, cuantificados después de procesos de termociclado. Dichos estudios sostienen que el uso de micro arenado crea interdigitaciones amplias y reduce la tensión superficial de la vitrocerámica; mientras que el grabado ácido profundiza tales interdigitaciones. (Venturini, Prochnowb, Ramboc, Gundeld, & Valandro, 2015) (Valian & Moravej-Salehi, 2005)

## **4 COLOR**

### **4.1 GENERALIDADES**

El color es una sensación cromática que se basa en una interrelación entre el estímulo que emiten los objetos, que es la luz reflejada, y los receptores. Sin luz no hay color, ya que la luz es el estímulo que se va a interpretar para resultar en un color o tono. Es necesario comprender que los estímulos que originan la sensación del color están divididos en dos grupos, uno propio de la radiación luminosa, llamado color - luz, y el otro determinado por el objeto que absorbe, refracta y refleja la luz, color - pigmento. (Kina & Bruguera, 2008)

### **4.2 LUZ**

La luz como tal es el conjunto de frecuencias electromagnéticas que viajan como energía de las cuales solo un pequeño grupo son perceptibles al ojo humano cuando están dentro de una frecuencia de 360-760 nm; de acuerdo a la longitud de onda tendremos diferencias en cuanto al color percibido siendo las más cortas correspondientes a los tonos azulados y las longitudes de onda más largas a los tonos rojizos. (Montagna & Barbezi, 2008)

### **4.2.1 Fotón**

Es la unidad estructural en la que viaja la radiación electromagnética, compuesta por rayos gamma, rayos X, luz ultravioleta, espectro electromagnético, luz infrarroja, microondas y ondas de radio. (Sanz, 2003)

### **4.2.2 Espectro electromagnético**

Isaac Newton fue el primero en realizar investigaciones acerca del color y su composición, al pasar luz blanca natural por un prisma triangular de vidrio; la luz se descompone en diferentes longitudes de onda lo cual demostró que la luz solar es una mezcla de todos los colores. Newton llamó espectro a las bandas de colores y advirtió que estaban ordenadas de la siguiente manera: rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta. (Tomasi, 2003)

La luz solar es un ejemplo de lo que llamamos luz blanca. Bajo la luz blanca los objetos blancos se ven blancos y los objetos de color se ven cada uno del color correspondiente. (Kina & Bruguera, 2008)

### **4.2.3 Transmisión de luz**

La luz viaja a través del espacio y tiene la propiedad de transmitirse a través de los objetos, la transmisión de luz ocurre cuando el espectro electromagnético, que es un grupo de electrones, protones y neutrones en diferentes longitudes de onda, conocido como fotón, atraviesa las partículas de la superficie de un objeto. Existen tres tipos de transmisión: directa, difusa o selectiva. (Montagna & Barbezi, 2008)

#### **4.2.3.1 Transmisión directa**

Es cuando la luz pasa totalmente a través de un objeto y no se producen alteraciones en la dirección o intensidad de esa luz. Por ejemplo, un vidrio, es decir cuando atraviesa objetos

transparentes; y transparencia es una propiedad óptica de la materia cuando deja pasar fácilmente la luz. (Sanz, 2003).

#### **4.2.3.2 Transmisión difusa**

Se produce cuando la luz pasa a través de un objeto transparente con textura, translúcido u opaco. La luz que es transmitida de esta manera pierde potencia, va a tener mayor esparcimiento, va a generar sombras más claras y menos delimitadas; que la luz directa. Hablamos de translucidez cuando un objeto deja pasar parcialmente la luz, de manera que las formas se hacen irreconocibles y no podremos ver los objetos con nitidez. (Sanz, 2003)

#### **4.2.3.3 Transmisión selectiva**

Se produce cuando el espectro electromagnético atraviesa un objeto de un color determinado. Parte de la luz es absorbida y parte va a ser transmitida por ese objeto de acuerdo a la longitud de onda que permita el objeto. (Sanz, 2003)

#### **4.2.4 Reflexión y absorción de luz**

Es un fenómeno que sufre la luz al chocar con los objetos puede ser especular o difusa y dependiendo del tipo de superficie que tenga el objeto tendremos mayor o menor cantidad de ondas lumínicas reflejadas lo que determina la nitidez del reflejo del objeto. Reflexión especular es cuando la onda de luz es transmitida en su totalidad como en un espejo y la reflexión difusa es cuando al chocar con la superficie del objeto la onda de luz es dispersada como al chocar con una superficie opaca. (Montagna & Barbezi, 2008)

El negro no es un color, sino la ausencia de luz, por lo tanto los objetos se ven negros cuando absorben todas las frecuencias de la luz visible. Los objetos negros que podemos ver no absorben toda la luz que incide en ellos, de lo contrario no podríamos verlos. Los objetos absorben las ondas luminosas de otros colores y reflejan aquellas ondas que interpretamos como el color del objeto. De este modo, la visión no puede existir sin la luz. La forma y el color dental

solamente pueden ser percibidas si el diente refleja o emite rayos de luz que alcancen a los ojos, produciendo señales que pasan por el cerebro, donde se da inicio al proceso de percepción visual. (Sanz, 2003)

#### **4.2.4.1 Reflexión difusa**

Es el fenómeno físico que describe el comportamiento de la luz al golpear un cuerpo irregular, donde el haz de luz se dispersa en varias direcciones. Efecto perceptible en todos los objetos cuya superficie no sea pulida o lisa. (Tomasi, 2003)

#### **4.2.4.2 Reflexión especular**

Cuando la luz golpea una superficie homogénea se refleja en dirección al ángulo opuesto con el que hace contacto con el objeto y mantiene la dirección inicial. Efecto perceptible en los objetos u objetos pulidos. (Tomasi, 2003)

#### **4.2.4.3 Refracción de la luz**

Cuando la luz atraviesa dos medios en cualquier ángulo de dirección que se aleje de la normal, dependiendo el medio y la densidad, el ángulo permitido para la reflexión total, disminuye. (Tomasi, 2003)

#### **4.2.5 Dispersión de Rayleigh**

Este fenómeno describe el comportamiento de la luz al chocar con las partículas de una superficie y la relación entre la longitud de onda. Al poseer diferentes longitudes de onda, el espectro electromagnético, las frecuencias de onda de longitud corta van a chocar más veces con las partículas de un cuerpo y serán reflejadas, mientras que las ondas más largas serán transmitidas a través del cuerpo. (Yamamoto, 1992)

#### **4.2.5.1 Efecto Tyndall**

Describe al fenómeno de la contra opalescencia, donde una solución heterogénea presenta partículas menores a  $1/10$  de la longitud de onda, reflejara las ondas cortas de luz al recibir y reflejar la luz; cuando la luz es transmitida permitirá el paso de las ondas largas de luz, mostrando un color rojizo. (Yamamoto, 1992)

### **4.3 MEDICIÓN DEL COLOR**

#### **4.3.1 Percepción**

El color, que no tiene existencia material, puede ser explicado como una sensación que, para que podamos observarlo, necesitamos la existencia de dos elementos: la luz, como objeto físico, actuando como estímulo sobre un receptor. La percepción del color depende de la luz, del objeto y del observador y puede verse alterada por varios factores del objeto que interfieren en el comportamiento de las ondas del espectro radiográfico alterando nuestra percepción del color. (Montagna & Barbezi, 2008)

Al referirse al espectro electromagnético se dice que es infinito y continuo por lo que existen ilimitadas combinaciones de frecuencia y longitud de onda, pero el ojo humano sólo puede distinguir frecuencias entre los 400 y 750 nm; reconocemos y damos nombres a los colores que podemos percibir, sin certeza de si es una verdad absoluta o relativa de acuerdo a nuestra percepción como observadores. (Tomasi, 2003)

#### **4.3.2 Receptores ópticos**

La percepción es un proceso donde organizamos e interpretamos estímulos, para describir una sensación sobre la realidad física del entorno. El color entra a través de nuestros ojos y la pupila controla el paso de la luz. (Kina & Bruguera, 2008)

Una vez ingresada la información en nuestros ojos, células especializadas en la retina, procesan la información y la convierten en impulsos eléctricos, transportados por medio del nervio óptico hacia la corteza visual, lo cual resulta en una interpretación de las frecuencias de luz que los objetos emiten o reflejan. (Hall, 2011)

#### **4.3.2.1 Conos**

Son células foto receptoras de 5 a 8  $\mu$ , de acuerdo a su clase sensibles a la luz roja, verde o azul; conocidos como conos tipo L, M o S, clasificación acorde al tipo de longitud de onda que pueden llegar a percibir. Esta selectividad en un mismo tipo de células se debe a proteínas derivadas de la opsina: eritropsina sensible a frecuencias del espectro electromagnético de 650 nanómetros, cloropsina sensible a 530 nanómetros, y cianopsina que reacciona ante longitudes de onda de 430 nanómetros. Existen alrededor de 6 millones de conos. (Hall, 2011) (Cideciyan, y otros, 2013)

#### **4.3.2.2 Bastones**

Son células foto receptoras altamente sensibles de 2 a 5  $\mu$ , por lo que en condiciones de alta iluminación se saturan rápidamente; al igual que los conos, poseen una proteína responsable de la sensibilidad a determinada longitud de onda del espectro electro magnético, en el caso de los bastones será la rodopsina y permite una sensibilidad de 500 nanómetros. Existen alrededor de 11 millones de bastones en el ojo humano. (Hall, 2011) (Cideciyan, y otros, 2013)

#### **4.3.3 Commission internationale de l'éclairage (CIE)**

Por su siglas en francés, la Comisión Internacional de la Iluminación, es el organismo regulador y autoridad internacional sobre la “Luz”. Estudia, bajo la responsabilidad de siete comités a la visión y color, medida de luz y radiación, ambiente interior y diseño de iluminación, iluminación y señalización para el transporte, iluminación exterior y otras aplicaciones, fotobiología y fotoquímica, tecnología e imagen. Reconocida por la organización

internacional de estandarización (ISO), reúne los conocimientos y se encarga del intercambio de los mismo en materia de luz. (Ramos, y otros, 2015)

#### **4.4 DIMENSIONES DEL COLOR**

Las dimensiones del color o espacio del color, se refiere a los vectores que se consideran en un sistema de color para lograr diferentes tonalidades, se pueden dividir en valor o luminosidad, matiz o croma y saturación. (Kina & Bruguera, 2008)

##### **4.4.1 Matiz**

Es la sensación por la cual observamos la longitud de onda de la luz reflejada de los objetos y que llamamos de color. Lo que definimos como rojo, verde o azul es matiz y es la calidad en la cual se distingue una "familia" de color de la otra. En nuestra clínica diaria, matiz es la dimensión del color más fácil de entender. (Magne & Belser, 2004)

Existen tres colores primarios rojo, amarillo y azul; tres colores secundarios de la suma de los primarios naranja, verde y violeta y de la combinación de estos resultan los colores terciarios. EL color gris se forma de la suma de tres colores primarios (Montagna & Barbezi, 2008)

##### **4.4.2 Valor**

El valor, brillo o luminosidad es el concepto más importante para clínicos y técnicos en la determinación de los colores de los dientes. La comprensión de esa dimensión del color sea la más difícil de determinar. Por ser una propiedad acromática (independiente del matiz), puede definirse como la dispersión que va desde el blanco al negro. un buen ejemplo para poder comprender puede ser el observar una fotografía en blanco y negro, donde las diferencias de luminosidad de los colores de alto y bajo valor aparecen claras y oscuras, respectivamente, "diseñando", de esa forma, la imagen en varios tonos de gris. (Kina & Bruguera, 2008)

### **4.4.3 Saturación**

Es la dimensión del color que representa el grado de pureza de un determinado matiz en particular, o también, la cantidad de pigmento en una escala de matiz. Por ejemplo, un color (matiz) verde puede ser seguido por varios tonos menos saturados, tejiendo una gama de verdes con menos croma. En las escalas de color, la saturación está íntimamente conectada a los matices, los cuales se subdividen en diferentes grados de intensidad. (Kina & Bruguera, 2008)

### **4.4.4 CIELAB**

Es el espacio de color descrito por 3 vectores en el eje X, Y y Z; donde L será los valores de luminosidad e irán de 1 a 100, donde 1 es lo más claro y 100 lo más oscuro, A que describe los colores de rojo a verde y B azul a amarillo. Mediante el uso de estos valores aplicando la fórmula  $\Delta E$  se puede determinar la diferencia numérica en cuanto al cambio de color, entre un objeto y otro. (Ramos, y otros, 2015)

## **4.5 IMPORTANCIA CLÍNICA**

### **4.5.1 Espectrofotómetros**

Instrumentos cuyo finalidad es medir el espectro electromagnético reflejado por un cuerpo determinado, aplicado a la odontología, puede llegar a medir el color de un sustrato dentario, recibe la información lumínica y la transforma a numérica. En la literatura científica acerca del tema existen estudios realizados con espectrofotómetros específicos para odontología, así como también existen adaptaciones mediante cámaras digital tipo réflex, donde el manejo correcto y la estandarización de la fotografía nos ayuda a llegar a resultados semejantes fácilmente. (Hein, Tapia, & Bazos, 2017)

#### **4.5.2 Guía de color**

Al conocer la dimensión del color distribuida en el espacio RGB, se pueden reproducir referencias visuales en los tonos más comunes, conocidas como guías de color, estas referencias pueden ser de diferentes materiales y manejan los aspectos más relevantes para lograr reproducir un diente en porcelana, valor, matiz y saturación. La referencia visual más usada en el mercado nacional es la derivada de la casa Vita. (Vita Zahnfabric, 2013)

#### **4.5.3 Toma de color**

Los factores que influyen en la selección de color de una prótesis dental so el ambiente, el observador, el objeto, la fuente de luz, la escala de color o guía de color que se use y la forma en la que el clínico se comunica con el técnico dental. (Chiche & Pinault, 2000)

El objeto que buscamos reproducir es el diente y sus diferentes propiedades vuelven difícil el acto de toma de color de un diente, debe ser uno de los primeros procedimientos realizados, eliminar placa bacteriana antes de hacer la toma de color, humedecer la superficie dentaria antes de realizar la toma de color, usar dientes vecinos como primera referencia, al ser los caninos los dientes que presentan mayor cantidad de saturación son una buena referencia, debemos tomar en cuenta que la mayoría de los dientes presentan una mayor saturación en el 1/3 cervical que en el cuerpo y la translucidez de los dientes jóvenes va a disminuir con la edad. La fuente de luz debe ser natural antes de las 10:00 para evitar excesos de azul o después de las 15:00 para evitar tonos rojizos, principio que no siempre se cumplen pero podemos aprovecharlos tratando en lo posible de usar luz de día y manejar un ambiente de luz blanca más cercana a la natural . (Pegoraro, 2001)

Diferentes autores se refieren a la toma del color como uno de los procesos más delicados dentro del protocolo de restauración, en especial al tratarse de reproducir dientes unitarios o contralaterales; refiriéndose a técnicas como el mapeo visual, a determinada hora del día, bajo

fuentes de luz natural o el uso de luz corregida con filtros polarizados. El avance de la tecnología y el constante intercambio de información permiten lograr técnicas sencillas, reproducibles y económicas tanto para el clínico y el ceramista; al permitir manejar los valores visuales subjetivos, que normalmente difieren entre observadores, y transformarlos a datos objetivos. (Kina & Bruguera, 2008) (Magne & Belser, 2004)

El registro de color mediante fotografía estandarizada nos permite realizar un “digital try-in” de la futura restauración, es decir, la prueba de la restauración en una fotografía del paciente, sin la necesidad de acudir a la prueba físicamente, esto representa ahorro de tiempo al clínico, al paciente y al técnico dental, con resultados precisos. Se recomienda configurar la cámara fotográfica en una velocidad de apertura de 1/125, F de 22, ISO 100, flash en potencia de 1/1, y el lente en una relación aspecto de 1:2.5; una guía de color estandarizada con el laboratorio, una tarjeta de gris neutro para calibrar el balance de blancos y un filtro polarizador con el fin de eliminar las zonas de reflexión de luz y reproducir los detalles requeridos por el ceramista a la perfección. (Hein, Tapia, & Bazos, 2017)

#### **4.5.4 Comunicación con el laboratorio**

La comunicación con el laboratorio de manera subjetivo puede llegar a ser un desafío para el clínico y estará sujeta al error humano, ya que no todos los observadores tienen el mismo nivel de entrenamiento visual, o no todos los pacientes tienen las mismas expectativas. (Kina & Bruguera, 2008)

En cuanto al uso de guías de color un error frecuente es usar escalas de colores para resina para una futura prótesis fija que será de porcelana debe usarse una caracterización específica para porcelana y debería medirse incisal con incisal y cervical con cervical, tratando de tomar el tono más cercano, saturación y luego seleccionando el valor de las muestras escogidas. (Pegoraro, 2001)

El manejo de la fotografía por parte del ceramista debe estar al mismo nivel que el clínico, de esta manera, la comunicación será sencilla y eficaz; el clínico deberá enviar la fotografía estandarizada en archivo formato RAW, el ceramista deberá mantener la configuración de la cámara y revisar la dimensión de color en el sistema CIE Lab. El uso de este mecanismo de comunicación asegura el éxito del tratamiento, además permite calcular la variación de color entre la restauración y las piezas naturales; mediante la medición del  $\Delta E$ , tendremos permitido una diferencia de hasta el 4% para que este, sea estadísticamente imperceptible al ojo. (Hein, Tapia, & Bazos, 2017)

Es importante tener en cuenta la luz del ambiente habitual del paciente y seleccionar el color también bajo ese tipo de luz. Este método contribuye a evitar el metamerismo. La guía de color puede que sea el factor menos importante en la selección de este. Como alternativa a muchas de las sofisticadas tecnologías dentales, debe tenerse en cuenta que: La documentación del color no sólo debe ofrecer datos generales del color básico del diente sino también una información más detallada que muestre las características individuales de un diente intacto del paciente que servirá de referencia y que habitualmente será o el contra lateral o el antagonista. (Magne & Belser, 2004)

## 5 JUSTIFICACIÓN

Durante los procesos de acondicionamiento de la superficie para optimizar la adhesión, pueden surgir errores humanos, provenientes del clínico o del técnico en prótesis dental; la literatura describe que los errores de manufactura pueden crear porosidades, burbujas o fisuras donde posibilita, a un pigmento, alojarse. Los errores por parte del clínico básicamente son al momento de realizar ajustes y acondicionar la restauración para la cementación; si los ajustes oclusales y de adaptación no son correctamente realizados pueden generar fisuras, micro fracturas y porosidades que conducen a un fallo absoluto de la restauración. (Albakry, Guazzatoa, & Swain, 2004) (Zhang, Sailer, & Lawn, 2014)

Los errores de acondicionamiento ácido son: exceso de tiempo durante el grabado ácido, grabado ácido de la superficie externa de la restauración, al micro arenar es posible una presión excesiva o el micro arenado de la superficie externa de la restauración pueda llegar a dañar la superficie cerámica. En cuanto a la resistencia a la pigmentación, estudios sobre superficies cerámicas en general, indican que entre las microfracturas y las porosidades, que pueden crearse; el principal factor que influye en la pigmentación de las superficies, es la cantidad, tamaño y morfología de porosidades presentes. Se indica que porosidades entre 1 y 15  $\mu\text{m}$ , las cuales una vez ocupadas por un pigmento, son muy difíciles de limpiar. (Ambrosi, Santoni, Giorgi, & Emiliano, 2014)

Combinado a los posibles fallos del tratamiento de la superficie, durante los protocolos de adhesión, los malos hábitos o una dieta basada en cierto tipo de alimentos o bebidas, contribuye con partículas pigmentantes que se pueden alojar en las porosidades creadas (Imagen 1). Entre estas sustancias tenemos al vino tinto, café, bebidas carbonatadas, tabaco, etc. dentro del estudio se incluirá al vino tinto por ser una de las bebidas pigmentante de mayor frecuencia den el consumo y al Vinagre balsámico por ser un agente pigmentante, con un pH de 3 y una

concentración del 6% de ácido acético; compuesto encontrado en la cromatografía realizada en estudios previos. (INEC, 2012)

Los posibles errores y hábitos establecidos, podrían alterar las propiedades físicas en las superficies vestibulares y marginales de las restauraciones vitrocerámicas, lo cual, podría aumentar la susceptibilidad a la pigmentación de la superficie cerámica. Justificando un protocolo óptimo de adhesión y el posible error humano y como continuación al estudio in-vitro realizado por el Dr. Víctor Rodas, se procede a realizar el siguiente estudio.

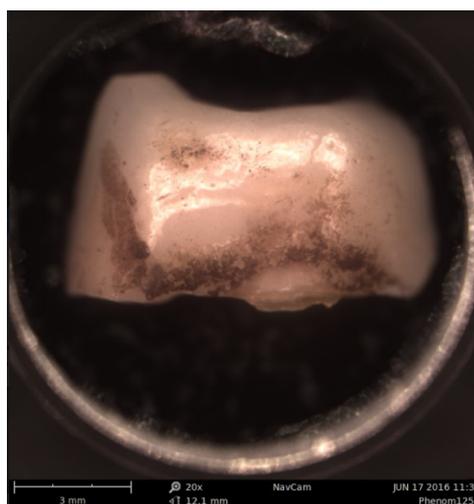


Imagen 1. Muestra de cerámica con pigmentación, observada a 20 x. (Rodas, 2017)

## 6 OBJETIVOS

### 6.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si las acciones clínicas, descritas por la literatura en los protocolos de adhesión, aumentan la susceptibilidad a la pigmentación de las muestras cerámicas, comparando dos tratamientos de superficie y su comportamiento, al sumergir la muestra en diferentes agentes tincionantes por medio de pruebas visuales cualitativas, mediante evaluación visual y cuantitativas, mediante fotografía estandarizada por medio del Sistema Cie L\*a\*b\* 1976.

## 6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Encontrar relación entre la posible pigmentación y el tratamiento de la superficie en la muestra cerámica.
- Comprobar si el micro arenado con óxido de aluminio, está relacionado con la susceptibilidad a la pigmentación de la muestra cerámica.
- Establecer si el tratamiento de superficie con ácido fluorhídrico al 9,5%, aumenta la susceptibilidad a la pigmentación de la muestra cerámica.
- Determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados cualitativos y cuantitativos del análisis visual
- Correlacionar los valores DeltaE con los datos del examen visual dicotómico.

## 7 HIPÓTESIS:

Para el presente estudio se utilizará la hipótesis de asociación, partiendo de hipótesis nula que “Las superficies vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio y las superficies vitrocerámicas feldespáticas, no presentarán diferencias en la pigmentación al ser tratadas con grabado de superficie con ácido fluorhídrico, microarenado con óxido de aluminio y posteriormente sumergidas en vino tinto y Vinagre balsámico , con respecto al grupo control” Y como hipótesis alterna que “Las superficies vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio y las superficies vitrocerámicas feldespáticas, probablemente presentarán diferencias en la pigmentación al ser tratadas con grabado de superficie con ácido fluorhídrico, microarenado con óxido de aluminio y posteriormente sumergidas en vino tinto y Vinagre balsámico con respecto al grupo control”

## 8 MATERIALES Y MÉTODOS

### 8.1 MATERIALES

- Cámara fotográfica Réflex T5 Rebel (Canon, Japón).
- Lente macro 100 mm. (Canon, Japón).
- Twin Flash Canon MT-24EX Macro Twin Lite (Canon, Japón).
- PolarEyes (Emulation, Alemania)
- Computadora portátil MacBook Pro (Apple- USA.)
- Software Adobe Lightroom 5 (Adobe, USA)
- X-RiteColor (Xrite-USA)
- Horno de cerámica (Vita, Alemania)
- Horno de inyección cerámica VITA VACUMAT 6000 MP ( Vita, Alemania)
- Horno de precalentamiento Infinity m30 (Whipmix, USA)
- Bloques de cerámica de disilicato de litio Emax® pastilla HO (Ivoclar Vivadent, Alemania)
- Polvo cerámico feldespático dentina Bleach-Emax Ceram® (Ivoclar Vivadent, Alemania)
- Polvo y líquido de glase del Sistema Emax Ceram® (Ivoclar Vivadent, Alemania)
- Micro arenador intraoral, (Bioart, Brasil)
- Óxido de aluminio de 50 micras (Zhermack, Alemania)
- Ácido hidrofúorhídrico al 9,5 % (Ultradent, USA)
- Pasta dental Colgate (Colgate, Ecuador)
- Cepillo dental Colgate (Colgate, Ecuador)
- Cera base de 0,6 mm de grosor

- Vinagre balsámico (Ponti, Italia)
- Vino tinto (Clos, Chile)
- Trípode Manfrotto (Manfrotto, USA)
- Software ColorThink Pro 3.0.3 (Chromix, USA)
- Yeso de revestimiento refractario polvo y líquido Expansion Plus (Yeti, Japón)
- Pistola de vapor Vap 6 (Zhermack, Alemania)
- Anillo de revestimiento de 200 gramos ( Ivoclar Vivadent, Alemania)
- Mezclador al vacío (Zhermack, Alemania)
- Cera para bebederos azul redonda 2,5 mm. de diámetro ( Dentarum, España)

## **8.2 METODOLOGÍA**

### **8.2.1 Consideraciones éticas**

De acuerdo al Código de Nuremberg de 1974; la declaración de Helsinki de 1964, con respecto a la investigación científica, debe cumplir principios de autonomía, beneficencia y justicia; al incluir sujetos de prueba humanos, deben ser informados a través de consentimiento informado y aprobación escrita.

El trabajo de investigación, cumple con los parámetros de estudio in-vitro, por lo que no afecta los principios de autonomía establecidos y no incluye sujetos de prueba humano; por lo tanto no es necesario consentimiento informado o aprobación escrita.

### **8.3 PREPARACIÓN DE MUESTRAS**

Se preparó 44 muestras de cerámica con medidas de 5 mm<sup>2</sup>, con un grosor de 0.6 mm, inyectadas (pastilla HO Emax-Ivoclar- Vivadent), en las cuales, la mitad (2.5 mm x 5 mm.) fue estratificada, con una cerámica de recubrimiento feldespática (Emax Ceram - Dentina-BL2) y se creó 176 superficies, de las cuales 88 superficies cerámicas fueron monolíticas en disilicato

de litio, glaseadas y las otras 88 fueron feldespáticas glaseadas. Luego las superficies fueron preparadas con las diferentes variables de superficies (micro arenado y grabado ácido) sobre superficies feldespáticas y de disilicato de litio glaseadas. Tomando en cuenta que las caras libres debían ser selladas para evitar las porosidades creadas al elaborar las muestras.

Para el proceso de inyección, se usó 10 tiras de cera base de 0,6 mm de grosor, con una longitud de 25 mm por 5 mm de ancho, estas fueron revestidas con yeso refractario de revestimiento en 3 anillos de 200 gramos; luego se procedió a precalentar y eliminar los patrones de cera en el horno de precalentamiento a 850 grados centígrados por 30 minutos.; luego se llevaron al horno de inyección a 700 grados centígrados con las pastillas de disilicato de litio cargadas en su espacio para el émbolo, una vez ubicado en la mufla del horno, se procedió a correr el programa de inyección el cual tenía los valores de: 700 grados centígrados de temperatura inicial, 925 temperatura final, rampa de 60 grados centígrados, vacum inicial a 700 grados centígrados, vacum final a 925 grados centígrados, y un mantenimiento de 15 minutos; se procedió a esperar 30 minutos para su enfriamiento, se retiraron las tiras de el revestimiento con disco de diamante, seguido de arenado a 2 bares de presión con óxido de aluminio de 50  $\mu\text{m}$ ., luego se colocaron las muestras en ultrasonido sumergidas en suero fisiológico por 10 minutos, después de retiradas del ultrasonido se continuó con un baño con la pistola de vapor por 10 segundos cada tira.

Con un disco de diamante se procedió a separar los bebederos de las tiras cerámicas, luego se pulieron las tiras en las zonas que estaban proyectadas a ser monolíticas y también en las que iban a ser revestidas con feldespato y finalmente se glasearon solo las zonas preparadas; siguiente a ese paso se procedió a individualizar cada muestra de las tiras cerámicas.

## **8.4 AGRUPACIÓN PARA EXPERIMENTO**

### **8.4.1 Grupo control**

Conformado por las superficies vitrocerámicas feldespáticas y en disilicato de litio sin algún tratamiento de superficie.

- Grupo (FC) superficies feldespáticas control
- Grupo (DC) superficies disilicato de litio control

### **8.4.2 Grupo Arenado**

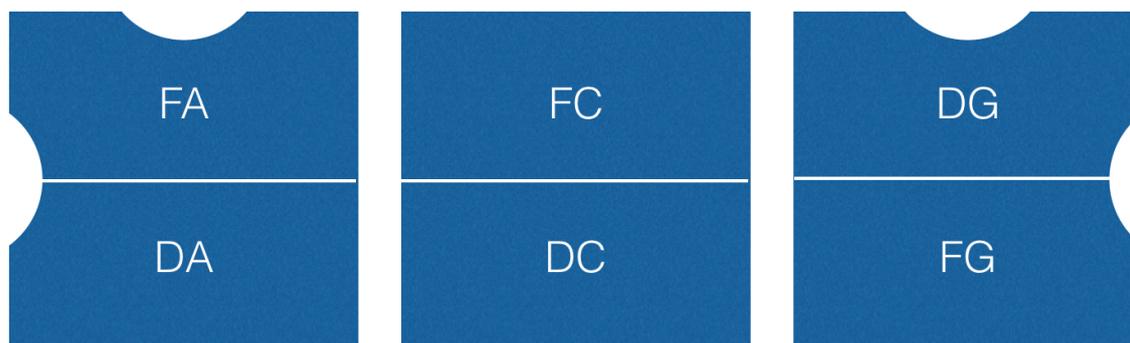
Conformado por las superficies vitrocerámicas feldespáticas y en disilicato de litio arenadas con óxido de aluminio de 50 $\mu$ m por 15 segundos a 2 bar de presión, 15 mm de distancia y 75° con respecto al plano horizontal, en movimientos circulares. (Lu, Tseng, Shih, & Lee, 2001)

- Grupo (FA) superficies feldespáticas Arenado
- Grupo (DA) superficies de disilicato de litio Arenado.

### **8.4.3 Grupo Grabado HF**

Conformado por las superficies vitrocerámicas feldespáticas y en disilicato de litio tratados con HF al 9,5% durante 120 segundos y 20 segundos respectivamente, lavado posterior al grabado con agua filtrada durante 30 segundos. (Lu, Tseng, Shih, & Lee, 2001)

- Grupo (FG) superficies feldespáticas grabado ácido
- Grupo (DG), superficies de disilicato de litio grabado ácido



**Ilustración 3 Disposición de las superficies cerámicas por grupo experimental**

## **8.5 REGISTRO DE DATOS VISUALES**

En el presente trabajo de investigación se efectuó una medición inicial sobre el grupo experimental, mediante fotografía estandarizada y análisis visual con la aplicación de un programa de intervención con el fin de obtener una medición con el sistema CIE L\*a\*b\* 1976; esta observación fue comparada con la correspondiente a la del grupo de control y la medición final el cual recibió el programa de intervención; estos resultados fueron analizados con el paquete estadístico de ciencias sociales (SPSS-23), mismo que predijo las respuestas a través de las variables independientes seleccionadas.

Se tomó fotografías con cámara Réflex Canon Rebel T5 (Canon, Japón), lente macro 100 mm (Canon, Japón), Twin Flash Canon MT-24EX (Canon, Japón) configuración en manual, balance de blancos personalizado con tarjeta gris del Color Chart (X Rita, Grand Rapids, Michigan), Perfil DNG calibrados con la tarjeta de Color Xrite; velocidad del obturador 1/125, apertura del diafragma F16, sensibilidad del sensor ISO 100, potencia del Flash 1/1, filtro polarizado – Polar Eyes, distancia de enfoque 30 cm. al inicio y al final de la prueba .

La exposición se calibró con un gris de 60 puntos del mismo color chart, por medio de revelado digital en Lightroom 5, luego se procedió a medir los valores en el sistema de color de la Comisión Internacional del Color CIE L.a.b. 1976 en el programa ColorThink Pro

3.0.3, luego estas muestras fueron cepilladas en ambos lados con un cepillo dental con dentífrico por 10 segundos cada superficie. (Hein, Tapia, & Bazos, 2017)

Se comparó los colores medidos iniciales y finales de cada superficies cerámica por medio de la formula  $\Delta E$  (Cie – Comisión internacional del Color), para así determinar si hubo cambios luego de ser sumergidos en Vino tinto y Vinagre balsámico .

Una vez realiza la captación de las muestras visuales por medio del registro fotográfica, los valores fueron obtenidos con el software ColorThink Pro 3.0.3 y la fotografía polarizada con estandarización en la exposición en base al color gris de 60 puntos de la tarjeta XRITE. EL valor  $\Delta E$  se encontró calculando los datos en el mismo software ColorThink Pro 3.0.3 por medio de una calculadora incorporada

La fórmula del  $\Delta E$ : es un procedimiento que figura la distancia entre dos colores en la escala L.A.B; mediante la raíz de la suma de la diferencia del cuadrado de la diferencia de los valores iniciales y finales. (Ramos, y otros, 2015)

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

## 8.6 INMERSIÓN DE LAS MUESTRAS

En el presente estudio, , se procedió a sumergir las diferentes muestras vitrocerámicas feldespáticas y sintéticas a base de disilicato de litio, durante veinte días calendario, lo que cronológicamente, equivaldría a aproximadamente un año 8 meses de contacto. (Alharbi, Ardu, Bortolotto, & Krejci, 2017)

### 8.6.1 Grupos de inmersión

#### 8.6.1.1 Grupo control

Se dividió en, un grupo de experimentación control constituido por 14 muestras sin tratamiento de superficie; fueron 56 superficies, divididas en 2 subgrupos; 14 FC y 14 DC

sumergidas en vino tinto y 14 FC y 14 DC en Vinagre balsámico , por 20 días a temperatura ambiente.

#### **8.6.1.2 Grupo Vino tinto**

El segundo grupo de experimentación 1 constó de 15 muestras, de cada variable de superficie; 15-FA, 15-DA, 15-FG, 15-DG, es decir 60 superficies en total; estas fueron sumergidas en vino tinto por 20 días a temperatura ambiente.

#### **8.6.1.3 Grupo Vinagre**

El tercer grupo de experimentación 2 (GE2) constó de 15 muestras de cada variable de superficie 15-FA, 15-DA, 15-FG, 15-DG, es decir 60 superficies en total; estas fueron sumergidas en Vinagre balsámico por 20 días a temperatura ambiente.

### **8.6.2 Índices de confianza visual**

En cuanto a la literatura específica de los estudios de percepción visual, que emplean la fórmula del CIE L.a.b. 1976 -  $\Delta E$ , indican que valores de  $\Delta E$  entre 1.1 a 5.5 se consideran dentro del rango perceptible para el ojo humano, si los valores  $\Delta E$  son inferiores a 1.1 es posible que el cambio de color no sea percibido. Al comparar este rango de valores  $\Delta E$ , con los estudios de percepción se establece una relación entre valores  $\Delta E$  más bajos y la percepción de un cambio de color, por observadores con más entrenamiento; mientras que para observadores comunes permite un rango  $\Delta E$  más elevado. (Esquivel, Chai, Sansano, & Shonberg, 2001) (Atay, Oruç, Ozen, & Sipahi, 2008) (Bergmann & Stumpf, 2013) (Dikicier, Ayyildiz, Ozen, & Sipahi, 2014) (Khashayar, y otros, 2014)

## **8.7 VALORES OBTENIDOS**

Los valores obtenidos mediante la medición digital del color y la integración inicial y final por medio de la fórmula  $\Delta E$ , agrupados según los grupos de inmersión fueron los siguientes:

Prueba - Vino tinto	FA	DA	DG	FG	CF	CD
V1	3,2	1,0	0,0	1,4	1,4	1,0
V2	1,4	1,0	1,4	1,0	2,0	1,0
V3	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0
V4	2,2	1,4	1,0	1,0	2,0	1,0
V5	3,2	1,4	0,0	1,0	0,0	2,0
V6	2,2	1,0	1,0	2,2	2,0	1,0
V7	4,6	3,2	3,2	4,1	2,2	2,0
V8	2,0	1,4	1,4	2,2	2,0	1,4
V9	5,4	7,1	10,3	5,0	1,0	4,0
V10	8,2	4,1	3,2	4,1	2,0	2,0
V11	1,4	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0
V12	1,4	2,0	1,0	1,0	1,0	2,0
V13	1,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0
V14	1,0	0,0	0,0	1,4	0,0	1,4
V15	1,4	1,4	0,0	2,0	1,4	1,0

Tabla 1 Valores DeltaE, grupo Vino tinto en los grupos de estudio.

Prueba - Vinagre balsámico B.	FA	DA	DG	FG	CF	CD
VB1	4,0	2,2	2,0	1,4	1,0	2,0
VB2	4,0	1,0	2,0	3,2	1,4	1,4
VB3	2,0	4,1	1,0	1,4	1,0	1,0
VB4	3,2	2,8	1,0	2,2	0,0	1,0
VB5	1,0	6,3	1,4	2,8	1,4	3,6
VB6	1,4	5,4	1,0	4,5	1,0	1,0
VB7	3,2	4,1	1,4	2,2	2,2	1,4
VB8	1,0	5,1	3,2	4,1	2,2	1,0
VB9	1,4	8,2	4,6	3,6	1,4	2,2
VB10	2,2	2,2	3,6	3,2	1,4	0,0
VB11	3,0	1,4	1,4	1,4	1,0	1,4
VB12	2,0	1,0	2,0	1,4	1,0	2,2
VB13	3,2	5,4	1,4	2,2	1,0	1,4
VB14	3,0	1,4	1,0	2,0	1,4	2,2
VB15	2,2	3,0	1,0	1,4	1,0	2,0

Tabla 2 Valores DeltaE, grupo Vinagre balsámico en los grupos de estudio.

## 8.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar el análisis estadístico de la presente investigación, en base a los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, es importante señalar que se utilizó los medios tecnológicos disponibles como el Excel 2016 y el software estadístico SPSS v.23 de IBM, con estas herramientas ha sido posible dar a los resultados un procesamiento estadístico descriptivo mediante tablas y gráficos e inferencial con la aplicación de los estadígrafos que permiten establecer las existencia de significancia estadística en las diferentes relaciones de las variables analizadas.

## 9 RESULTADOS

Inicialmente, se debe establecer si las variables son paramétricas o no lo son, ya que de este análisis depende el tipo de prueba que estadística más adecuada para que sus resultados sean más confiables; es por eso que se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov para establecer si las variables tienden a ser normales o no, lo cual constituye un primer paso para determinar si la variable es o no es paramétrica.

	N	Parámetros normales		Estadístico de prueba	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar		
Control Vinagre balsámico Inicial L.a.b. L	28	92.150	1.163	0.113	0.200
Control Vinagre balsámico Inicial L.a.b. a	28	-0.077	0.109	0.302	0.000
Control Vinagre balsámico Inicial L.a.b. b	28	0.350	0.412	0.313	0.000
Control Vinagre balsámico Final L.a.b. L	28	91.718	1.497	0.132	0.200
Control Vinagre balsámico Final L.a.b. a	28	0.191	0.417	0.434	0.000
Control Vinagre balsámico Final L.a.b. b	28	1.041	0.478	0.356	0.000
$\Delta E$ control Vinagre	28	1.375	0.708	0.264	0.000
Arenado Vinagre balsámico Inicial L.a.b. L	30	92.595	1.226	0.142	0.124
Arenado Vinagre balsámico Inicial L.a.b. a	30	0.047	0.190	0.425	0.000
Arenado Vinagre balsámico Inicial L.a.b. b	30	0.120	0.303	0.439	0.000

	N	Parámetros normales		Estadístico de prueba	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar		
Arenado Vinagre balsámico Final L.a.b. L	30	91.975	2.344	0.103	0.200
Arenado Vinagre balsámico Final L.a.b. a	30	0.029	0.235	0.266	0.000
Arenado Vinagre balsámico Final L.a.b. b	30	1.344	0.559	0.406	0.000
$\Delta E$ arenado vinagre	30	3.018	1.753	0.167	0.032
Grabado Vinagre balsámico Final L.a.b. L	30	91.967	2.440	0.143	0.119
Grabado Vinagre balsámico Final L.a.b. a	30	0.038	0.287	0.335	0.000
Grabado Vinagre balsámico Final L.a.b. b	30	1.456	0.704	0.430	0.000
$\Delta E$ grabado vinagre	30	2.171	1.092	0.223	0.001
Control Vino tinto Inicial L.a.b. L	28	92.033	1.736	0.169	0.039
Control Vino tinto Inicial L.a.b. a	28	-0.017	0.091	0.428	0.000
Control Vino tinto Inicial L.a.b. b	28	0.124	0.310	0.455	0.000
Control Vino tinto Final L.a.b. L	28	92.100	1.740	0.124	0.200
Control Vino tinto Final L.a.b. a	28	0.220	0.345	0.268	0.000
Control Vino tinto Final L.a.b. b	28	0.211	0.473	0.332	0.000
$\Delta E$ control Vino tinto	28	1.303	0.932	0.166	0.048
Arenado Vino tinto Inicial L.a.b. L	30	92.565	1.424	0.196	0.005
Arenado Vino tinto Inicial L.a.b. a	30	0.014	0.098	0.346	0.000
Arenado Vino tinto Inicial L.a.b. b	30	0.197	0.382	0.411	0.000
Arenado Vino tinto Final L.a.b. L	30	91.510	3.106	0.210	0.002
Arenado Vino tinto Final L.a.b. a	30	0.253	0.627	0.457	0.000
Arenado Vino tinto Final L.a.b. b	30	1.050	0.403	0.357	0.000
$\Delta E$ arenado vino tinto	30	2.111	2.091	0.264	0.000
Grabado Vino tinto Final L.a.b. L	30	91.925	2.578	0.155	0.064
Grabado Vino tinto Final L.a.b. a	30	0.131	0.384	0.389	0.000
Grabado Vino tinto Final L.a.b. b	30	1.258	0.871	0.475	0.000
$\Delta E$ grabado vino tinto	30	1.814	2.045	0.277	0.000

**Tabla 3 Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para una muestra. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)**

En la tabla 3 se muestran los resultados de la prueba normalidad de Kolmogorov-Smirnov, es importante señalar que para determinar si una variable tiende a ser normal, es necesario que  $p > 0.05$ ; caso contrario se dice que una variable no tiende a ser normal; en nuestro análisis, 29/36 tienen  $p < 0.05$  esto quiere decir que debemos realizar las pruebas estadísticas asumiendo que todas las variables son No paramétricas.

## 9.1 CONTRASTE DE VALORES L.A.B. INICIALES VS FINALES

Al comparar los valores L.a.b., en las muestras con los registros iniciales con los registros finales, podremos apreciar un contraste de valores para determinar en qué rango del color, existieron modificaciones.

### 9.1.1 Contraste L.a.b. Control Vinagre balsámico

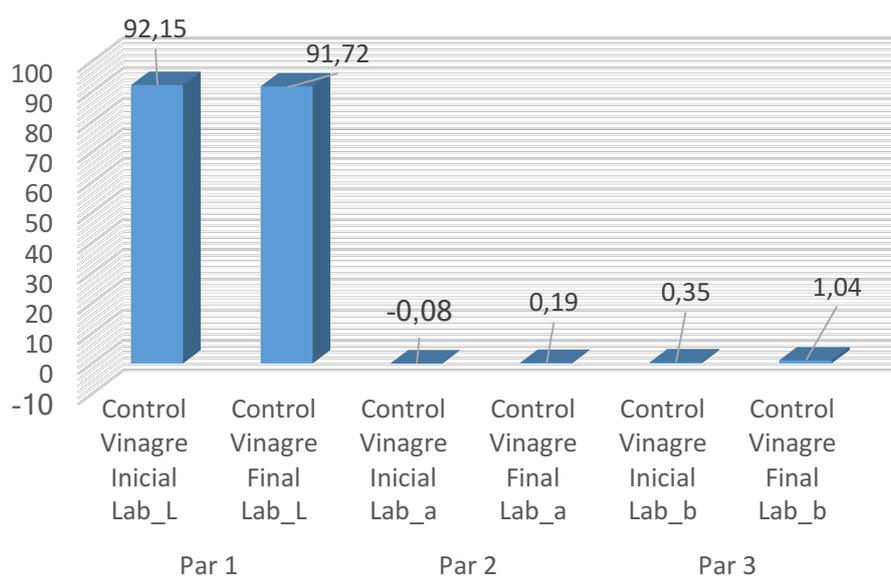


Gráfico 1 Medias para contraste grupo L.a.b.control Vinagre. Contraste grupo L.a.b.control Vinagre

En el gráfico 1 se presentan los pares a contrastar Control vinagre, se puede verificar una diferencia entre los valores de L.a.b.\_L con respecto a L.a.b.\_a y L.a.b.\_b, sin embargo, al ser contrastadas en sus valores iniciales y finales los pares resultan muy coherentes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	CVB Inicial - Final L	.432	1.198	.226	-.0325	.8962	1.908	27	0.067

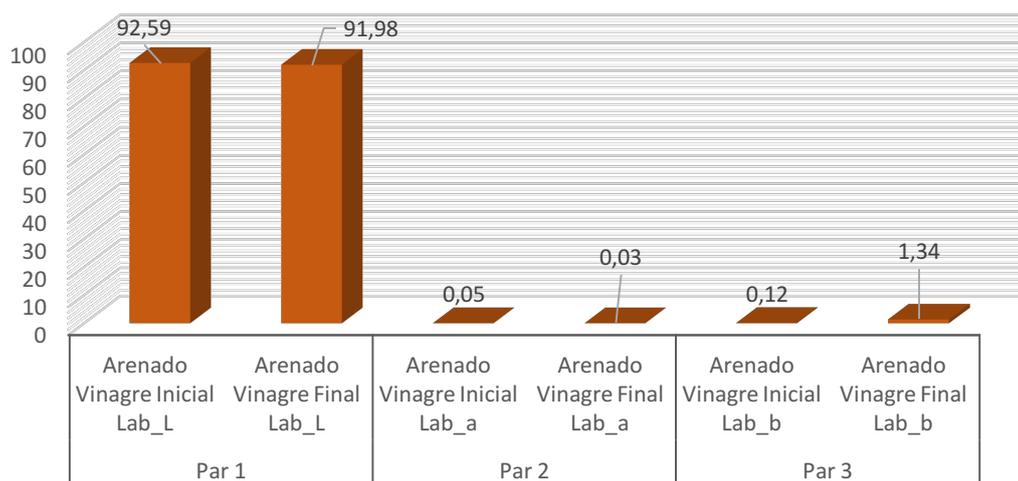
Par 2	CVB Inicial - Final a	-.268	.456	.086	-.4448	-.0913	-3.112	27	0.004
Par 3	CVB Inicial - Final b	-.691	.571	.108	-.913	-.470	-6.401	27	0.000

**Tabla 4 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo L.a.b. control Vinagre balsámico Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)**

La Tabla 4 permite observar los resultados del contraste entre las muestras de L.a.b. Inicial y final del grupo control vinagre, se ha obtenido un  $p < 0.05$  para C VB Inicial L.a.b.\_a – C VB Final L.a.b.\_a y también para C VB Inicial L.a.b.\_b - CVB Final L.a.b.\_b; esto quiere decir que existe una diferencia significativa entre los datos control iniciales y los finales en ambos casos.

En cuanto al C VB inicial L.a.b.\_L – C VB final L.a.b.\_L se ha obtenido un  $p > 0.05$ , lo que establece que no hay diferencias significativas entre los resultados de laboratorio inicial y final.

### 9.1.2 Contraste L.a.b. Arenado Vinagre balsámico



**Gráfico 2 Contraste grupo L.a.b.arenado Vinagre**

En el gráfico 2 se presentan los pares a contrastar L.a.b. Arenado Vinagre, se puede verificar una diferencia entre los valores de L.a.b.\_L con respecto a L.a.b.\_a y L.a.b.\_b, sin embargo, al ser contrastadas en sus valores iniciales y finales los pares resultan muy coherentes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	AVB Inicial - Final L.a.b._L	.6197	3.1697	.5787	-.5638	1.803	1.071	29	0.293
Par 2	AVB Inicial - Final L.a.b._a	.0184	.3253	.0594	-.1031	.1398	.309	29	0.759
Par 3	AVB Inicial - Final L.a.b._b	-1.225	.6998	.1278	-1.486	-.9634	-9.586	29	0.000

**Tabla 5 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo L.a.b.arenado Vinagre. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)**

La Tabla 5 permite observar los resultados del contraste entre las muestras de L.a.b. inicial y final del grupo arenado vinagre, se ha obtenido un  $p < 0.05$  para Arenado Vinagre balsámico Inicial L.a.b.\_b - Arenado Vinagre balsámico Final L.a.b.\_b; esto quiere decir que existe una diferencia significativa entre los datos arenado inicial y final.

En cuanto a Arenado Vinagre balsámico Inicial L.a.b.\_a - Arenado Vinagre balsámico Final L.a.b.\_a y, Arenado Vinagre balsámico Inicial L.a.b.\_L - Arenado Vinagre balsámico Final L.a.b.\_L se ha obtenido un  $p > 0.05$ , lo que establece que no hay diferencias significativas entre los resultados de laboratorio inicial y final de ambas mediciones.

### 9.1.3 Contraste L.a.b Grabado Vinagre balsámico

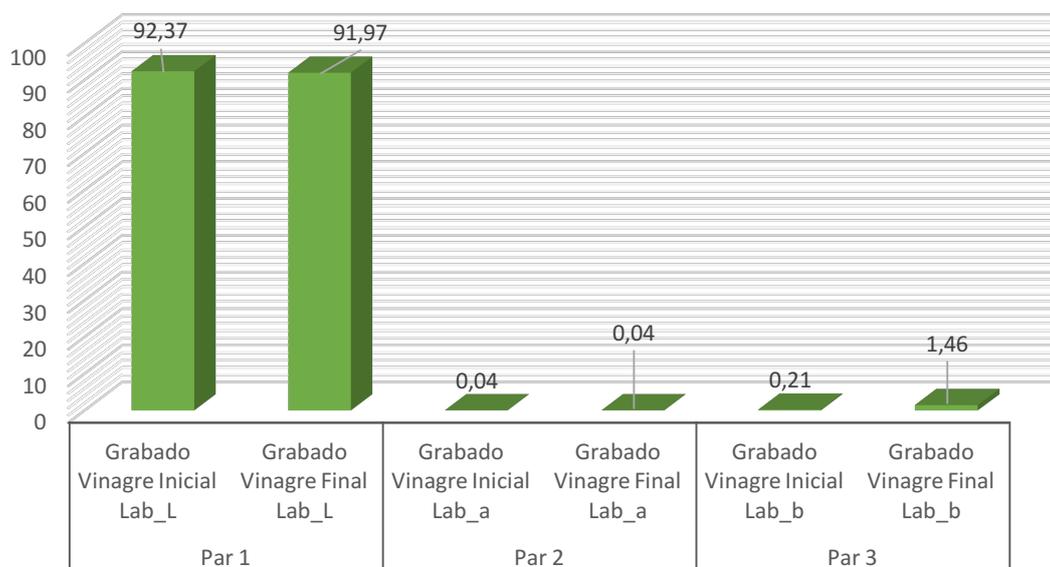


Gráfico 3 Contraste grupo L.a.b. Grabado Vinagre

En el gráfico 3 se presentan los pares a contrastar L.a.b. GV, se puede verificar una diferencia entre los valores de L.a.b. \_L con respecto a L.a.b. \_a y L.a.b. \_b, sin embargo, al ser contrastadas en sus valores iniciales y finales los pares resultan muy coherentes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	P-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	GVB Inicial - Final L.a.b. L	.4063	1.967	.3591	-.3282	1.1407	1.131	29	0.267
Par 2	GVB Inicial - Final L.a.b. a	.00286	.3368	.06149	-.1229	.1286	.047	29	0.963
Par 3	GVB Inicial - Final L.a.b. b	-1.249	.5222	.0953	-1.444	-1.054	-13.100	29	0.000

Tabla 6 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo L.a.b. grabado Vinagre. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)

La Tabla 6 permite observar los resultados del contraste entre las muestras de L.a.b. Inicial y final del grupo GVB, se ha obtenido un  $p < 0.05$  para grabado Vinagre balsámico Inicial L.a.b. \_b - Grabado Vinagre balsámico Final L.a.b. \_b; esto quiere decir que existe una diferencia significativa entre los datos grabado inicial y final.

En cuanto a Grabado Vinagre balsámico Inicial L.a.b.\_a - Grabado Vinagre balsámico Final L.a.b.\_a y, grabado Vinagre balsámico Inicial L.a.b.\_L - grabado Vinagre balsámico Final L.a.b.\_L se ha obtenido un  $p > 0.05$ , lo que establece que no hay diferencias significativas entre los resultados de laboratorio inicial y final de ambos laboratorios. Se observa que las pruebas de L.a.b.\_b con Vinagre balsámico son las que tienen diferencia significativa en los contrastes inicial vs final, tanto en arenado como en grabado.

#### 9.1.4 Contraste L.a.b. Control Vino tinto

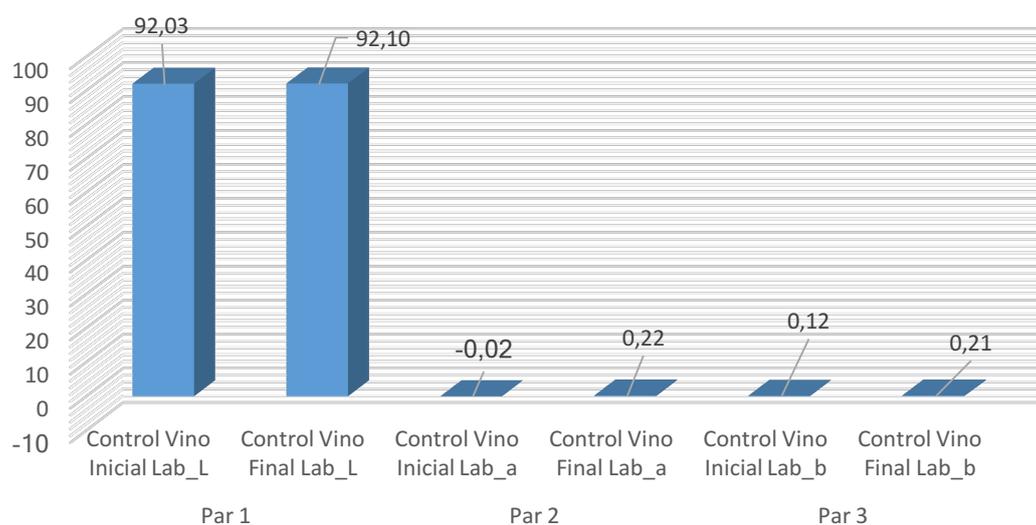


Gráfico 4 Contraste Control Vino tinto , Inicial – Final

En el Tabla 6 se presentan los pares a contrastar Control Vino tinto , se puede verificar una diferencia entre los valores de L.a.b.\_L con respecto a L.a.b.\_a y L.a.b.\_b, sin embargo, al ser contrastadas en sus valores iniciales y finales los pares resultan muy coherentes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	CV Inicial - Final L.a.b. L	-.0668	1.5714	.29696	-.676	.54251	-.225	27	0.824
Par 2	CV Inicial - Final L.a.b. a	-.2370	.39749	.07512	-.3912	-.0829	-3.155	27	0.004
Par 3	CV Inicial - Final L.a.b. b	-.08705	.5037	.09520	-.2824	.10829	-.914	27	0.369

Tabla 7 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo L.a.b.control Vino tinto . Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)

La Tabla 7 permite observar los resultados del contraste entre las muestras de L.a.b. Inicial y final del grupo control Vino tinto , se ha obtenido un  $p < 0.05$  para Control Vino tinto Inicial L.a.b.\_a - Control Vino tinto Final L.a.b.\_a; esto quiere decir que existe una diferencia significativa entre los datos control iniciales y los finales.

En cuanto al Control Vino tinto Inicial L.a.b.\_L - Control Vino tinto Final L.a.b.\_L y para Control Vino tinto Inicial L.a.b.\_b - Control Vino tinto Final L.a.b.\_b, se ha obtenido un  $p > 0.05$ , lo que establece que no hay diferencias significativas entre los resultados de laboratorio inicial y final de estos dos contrastes.

### 9.1.5 Contraste L.a.b. Arenado Vino tinto

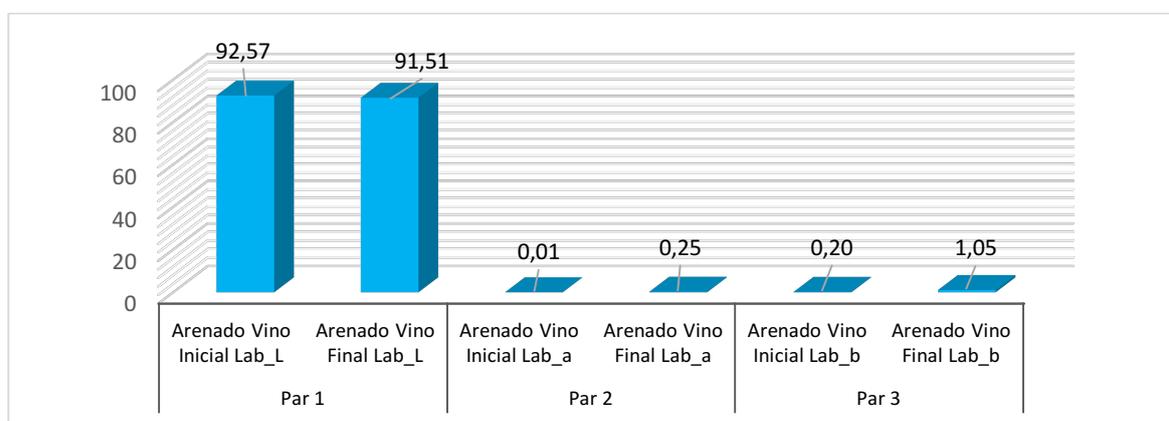


Gráfico 5 Contraste Arenado Vino tinto , Inicial – Final

En el gráfico 5 se presentan los pares a contrastar Arenado Vino tinto , se puede verificar una diferencia entre los valores de L.a.b.\_L con respecto a L.a.b.\_a y L.a.b.\_b, sin embargo, al ser contrastadas en sus valores iniciales y finales los pares resultan muy coherentes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	AV Inicial - Final L.a.b._L	1.0549	2.541	.46392	.1061	2.0037	2.274	29	0.031

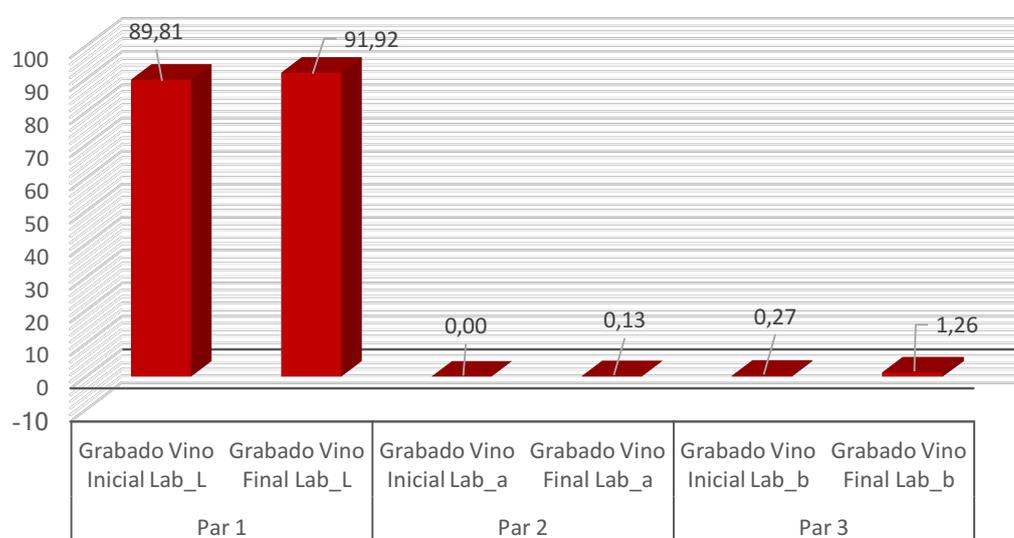
Par 2	AV Inicial - Final L.a.b._a	-.23867	.6466	.1180	-.4801	.00275	-2.022	29	0.052
Par 3	AV Inicial - Final L.a.b._b	-.85299	.50956	.09303	-1.0433	-.6627	-9.169	29	0.000

**Tabla 8 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo L.a.b.arenado Vino tinto . Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)**

La Tabla 8 permite observar los resultados del contraste entre las muestras de L.a.b. Inicial y final del grupo arenado Vino tinto , se ha obtenido un  $p < 0.05$  para Arenado Vino tinto Inicial L.a.b.\_b - Arenado Vino tinto Final L.a.b.\_b y también para, Arenado Vino tinto Inicial L.a.b.\_L - Arenado Vino tinto Final L.a.b.\_L; esto quiere decir que existe una diferencia significativa entre los datos arenado inicial y final.

En cuanto a Arenado Vino tinto Inicial L.a.b.\_a - Arenado Vino tinto Final L.a.b.\_a, se ha obtenido un  $p > 0.05$ , lo que establece que no hay diferencias significativas entre los resultados de laboratorio inicial y final de este contraste.

### 9.1.6 Contraste L.a.b. Grabado - Vino tinto



**Gráfico 6 Contraste Grabado Vino tinto , Inicial – Final**

En el gráfico 6 se presentan los pares a contrastar Grabado Vino tinto , se puede verificar una diferencia entre los valores de L.a.b.\_L con respecto a L.a.b.\_a y L.a.b.\_b, sin embargo, al ser contrastadas en sus valores iniciales y finales los pares resultan muy coherentes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	GV Inicial - Final L.a.b._L	-2.1121	17.131	3.12762	-8.509	4.2846	-0.675	29	.505
Par 2	GV Inicial - Final L.a.b._a	-.1337	.39944	.07293	-.2829	.0154	-1.834	29	.077
Par 3	GV Inicial - Final L.a.b._b	-.9825	.9906	.1809	-1.353	-.61279	-5.433	29	.000

**Tabla 9 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo L.a.b.grabado Vino tinto . Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)**

La Tabla 9 permite observar los resultados del contraste entre las muestras de L.a.b. Inicial y final del grupo grabado Vino tinto , se ha obtenido un  $p < 0.05$  para grabado Vino tinto Inicial L.a.b.\_b - Grabado Vino tinto Final L.a.b.\_b; esto quiere decir que existe una diferencia significativa entre los datos grabado inicial y final.

En cuanto a Grabado Vino tinto Inicial L.a.b.\_a - Grabado Vino tinto Final L.a.b.\_a y, grabado Vino tinto Inicial L.a.b.\_L - grabado Vino tinto Final L.a.b.\_L se ha obtenido un  $p > 0.05$ , lo que establece que no hay diferencias significativas entre los resultados de laboratorio inicial y final de ambos laboratorios.

En las pruebas del grupo vino tinto tanto en arenado como en grabado, igualmente las pruebas en L.a.b.\_b son las que presentan diferencia significativa entre inicial y final

## 9.2 CONTRASTE L.A.B GRUPOS VINO TINTO

### 9.2.1 Contraste L.a.b. Control - Arenado Vino tinto Final

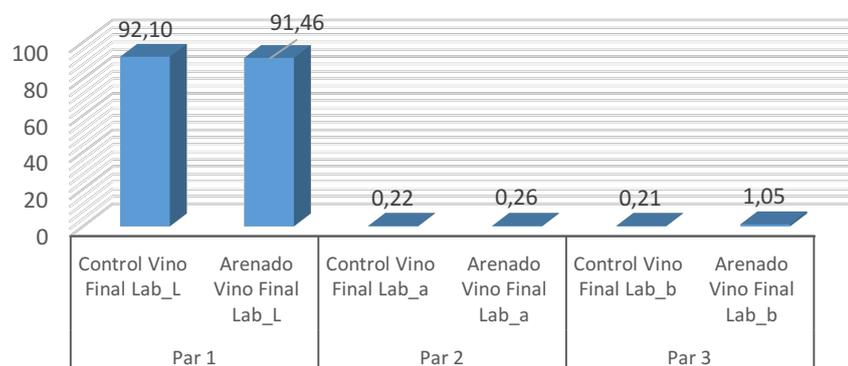


Gráfico 7 Contraste Control Vino tinto Final - Arenado Vino tinto Final

En el gráfico 7 se presentan los pares a contrastar Control Vino tinto vs. Arenado Vino tinto, se puede verificar una diferencia entre los valores de L.a.b.\_L con respecto a L.a.b.\_a y L.a.b.\_b, sin embargo, al ser contrastadas en sus valores iniciales y finales los pares resultan muy coherentes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	CV - AV Final L.a.b. L	.63895	4.0284	.7613	-.9231	2.201	0.839	27	0.409
Par 2	CV - AV Final L.a.b. a	-.0437	.81618	.1542	-.36015	0.273	-0.283	27	0.779
Par 3	CV - AV Final L.a.b. b	-.8361	.4972	.09396	-1.0289	-0.6433	-8.898	27	0.000

Tabla 10 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo Control vs Arenado Vino tinto. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)

La Tabla 10 permite observar los resultados del contraste entre las muestras de L.a.b. Control vino tinto final y del grupo arenado Vino tinto final, se ha obtenido un  $p < 0.05$  para Control Vino tinto Final L.a.b.\_b - Arenado Vino tinto Final L.a.b.\_b; esto quiere decir que existe una diferencia significativa entre las muestras contrastadas.

En cuanto a Control Vino tinto Final L.a.b.\_a - Arenado Vino tinto Final L.a.b.\_a y, Control Vino tinto Final L.a.b.\_L - Arenado Vino tinto Final L.a.b.\_L, se ha obtenido un  $p > 0.05$ , lo que establece que no hay diferencias significativas entre los resultados de laboratorio control y arenado vino tinto.

### 9.2.2 Contraste L.a.b. Control - Grabado Vino tinto Final

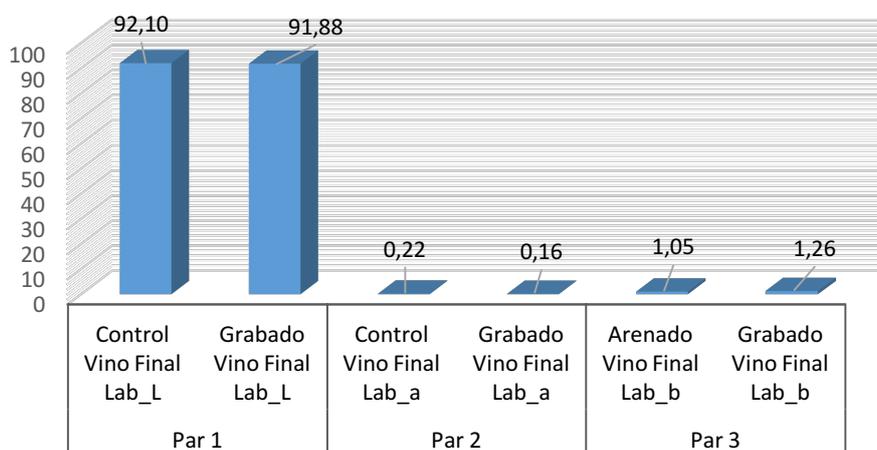


Gráfico 8 Contraste Control Vino tinto Final - Grabado Vino tinto Final

En el gráfico 8 se presentan los pares a contrastar Control Vino tinto vs. Grabado Vino tinto, se puede verificar una diferencia entre los valores de L.a.b.\_L con respecto a L.a.b.\_a y L.a.b.\_b, sin embargo, al ser contrastadas en sus valores iniciales y finales los pares resultan muy coherentes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	CV Final - GV Final L.a.b. L	.21479	3.384	0.63951	-1.0974	1.527	0.336	27	0.740
Par 2	CV Final - GV Final L.a.b. a	.06069	.4834	0.0913	-0.1267	0.2481	0.664	27	0.512
Par 3	CV Final - GV Final L.a.b. b	-1.0107	.9818	.18554	-1.3914	-.63005	-5.448	27	.000

Tabla 11 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo Control vs Grabado Vino tinto. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)

La Tabla 11 permite observar los resultados del contraste entre las muestras de LAB control vino tinto final y del grupo Grabado Vino tinto final, se ha obtenido un  $p > 0$ . Para Control Vino tinto Final Lab\_L - Grabado Vino tinto Final Lab\_L, así también para Control Vino tinto Final Lab\_a - Grabado Vino tinto Final Lab\_a, esto quiere decir que no existe una diferencia significativa entre las muestras contrastadas; sin embargo, para Control Vino tinto Final Lab\_b - Grabado Vino tinto Final Lab\_b; se obtuvo un  $p < 0.05$  esto quiere decir que existe una diferencia significativa entre las muestras contrastadas.

Se puede apreciar entonces que en el contraste: Grupo Control vs Arenado y Grabado Vino tinto, existe diferencia significativa entre Control Lab\_b – Arenado Lab\_b en Vino tinto y Control Lab\_b – Grabado Lab\_b en Vino tinto.

### 9.3 CONTRASTE L.A.B. GRUPOS VINAGRE BALSÁMICO

#### 9.3.1 Contraste L.a.b. Control Vinagre balsámico Final - Arenado Vinagre

##### balsámico Final

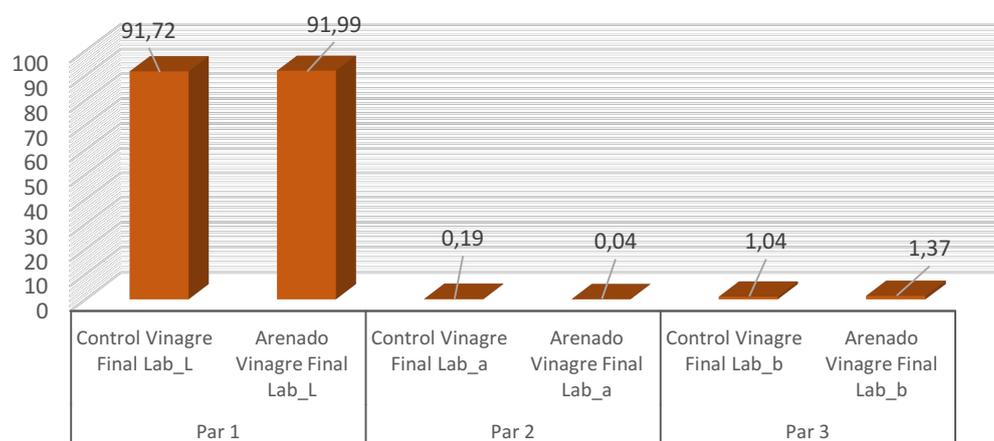


Gráfico 9 Contraste Control Vinagre balsámico Final - Arenado Vinagre balsámico Final

En el gráfico 9 se presentan los pares a contrastar Control Vinagre balsámico vs. Arenado Vinagre, se puede verificar una diferencia entre los valores de L.a.b.\_L con respecto a L.a.b.\_a

y L.a.b.\_b, sin embargo, al ser contrastadas en sus valores iniciales y finales los pares resultan muy coherentes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	CVB - AVB Final L.a.b. L	-0.269	2.5286	.4779	-1.249	0.7119	-0.56	27	0.579
Par 2	CVB - AVB Final L.a.b. a	0.1551	0.43428	0.0821	-0.0133	0.3235	1.89	27	0.070
Par 3	CVB - AVB Final L.a.b. b	-0.326	0.8020	0.1516	-0.6373	-0.0153	-2.15	27	0.040

**Tabla 12 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo Control vs Arenado Vinagre. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)**

La Tabla 12 permite observar los resultados del contraste entre las muestras de L.a.b. Control Vinagre balsámico y del grupo arenado Vinagre, se ha obtenido un  $p < 0.05$  para Control Vinagre balsámico L.a.b.\_b - Arenado Vinagre balsámico L.a.b.\_b; esto quiere decir que existe una diferencia significativa entre las muestras contrastadas.

En cuanto a Control Vinagre balsámico L.a.b.\_a - Arenado Vinagre balsámico L.a.b.\_a y, Control Vinagre balsámico L.a.b.\_L - Arenado Vinagre balsámico L.a.b.\_L, se ha obtenido un  $p > 0.05$ , lo que establece que no hay diferencias significativas entre los resultados de laboratorio control y arenado Vinagre.

### 9.3.2 Contraste L.a.b. Control Vinagre balsámico Final - Grabado Vinagre

#### balsámico Final

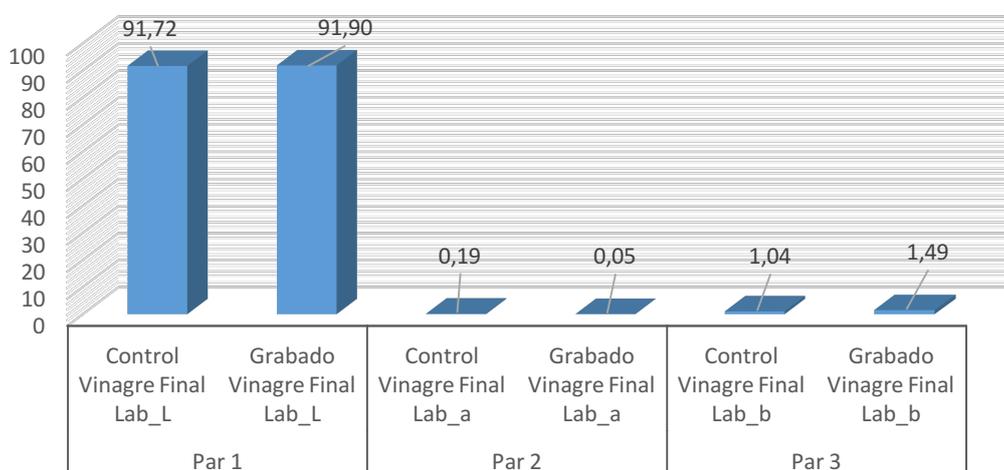


Gráfico 10 Contraste Control Vinagre balsámico Final - Grabado Vinagre balsámico Final

En el gráfico 10 se presentan los pares a contrastar Control Vinagre balsámico vs. Grabado Vinagre, se puede verificar una diferencia entre los valores de L.a.b.\_L con respecto a L.a.b.\_a y L.a.b.\_b, sin embargo, al ser contrastadas en sus valores iniciales y finales los pares resultan muy coherentes.

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	CV - GVB Final L.a.b. L	-.1840	2.6277	.49659	-1.203	.83487	-.371	27	0.714
Par 2	CV - GVB Final L.a.b. a	.14565	.485498	.091751	-.0426	.33390	1.587	27	0.124
Par 3	CV - GVB Final L.a.b. b	-.4455	.770969	.1457	-.7444	-.14650	-3.06	27	0.005

Tabla 13 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo Control vs Grabado Vinagre. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)

La Tabla 13 permite observar los resultados del contraste entre las muestras de L.a.b. Control Vinagre balsámico y del grupo Grabado Vinagre, existen un valor para  $p < 0.05$  en Control Vinagre balsámico L.a.b.\_b - Arenado Grabado L.a.b.\_b; esto quiere decir que existe una diferencia significativa entre las muestras contrastadas; además, se ha obtenido un  $p > 0$ . Para Control Vinagre balsámico L.a.b.\_L - Grabado Vinagre balsámico L.a.b.\_L, así también para

Control Vinagre balsámico L.a.b.\_a - Grabado Vinagre balsámico L.a.b.\_a; esto quiere decir que no existe una diferencia significativa entre las muestras analizadas.

## 9.4 CONTRASTE $\Delta E$ .

### 9.4.1 $\Delta E$ grupo Control Vino tinto vs Control Vinagre.

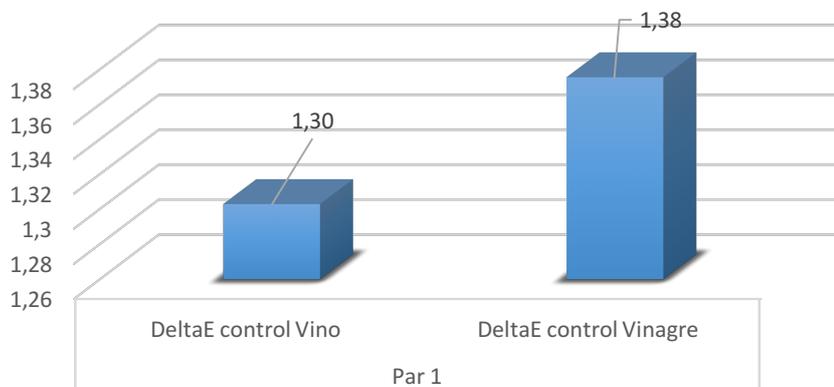


Gráfico 11 Contraste entre Grupo Control vino tinto vs Control Vinagre

En el gráfico 11 se observan los valores promedios obtenidos en las variables  $\Delta E$  Arenado y grabado Vinagre balsámico por contrastar en donde se destacan con valores más altos arenado (1.375)

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	$\Delta E$ CV - CVB	-.0727	1.187	.224	-.533	.388	-.324	27	.749

Tabla 14 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo Control Vino tinto vs Control Vinagre. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)

En la Tabla 14 se muestra el resultado obtenido en la prueba t de Student para el contraste entre las variables  $\Delta E$  Control Vino tinto vs Control Vinagre, en donde  $p > 0.05$  y por lo tanto la diferencia entre las dos variables no es estadísticamente significativa.

### 9.4.2 Contraste $\Delta E$ Control vs Arenado y Grabado – Vino tinto

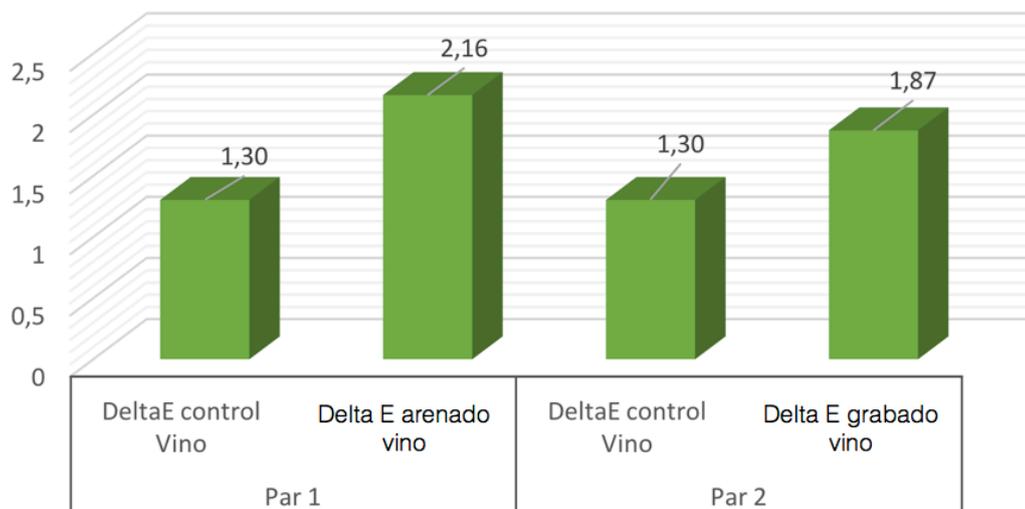


Gráfico 12 Contraste  $\Delta E$  grupo Control vs Arenado y Grabado Vino tinto

En el gráfico 12 se presentan los pares a contrastar  $\Delta E$  Control vs. Arenado y Grabado Vino tinto, En este caso no hay una gran diferencia entre los valores de parejas a contrastar.

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	$\Delta E_{CV} - \Delta E_{AV}$	-0.85762	1.80515	.34114	-1.5576	-.1577	-2.514	27	0.018
Par 2	$\Delta E_{CV} - \Delta E_{GV}$	-0.56896	1.94964	.36845	-1.32495	.18703	-1.54	27	0.134

Tabla 15 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo Control vs Arenado y Grabado Vino tinto. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)

La Tabla 15 permite observar los resultados del contraste entre los resultados  $\Delta E$  correspondientes a control Vino tinto y del grupo Arenado y Grabado Vino tinto, obteniéndose un valor para  $p < 0.05$  en la contrastación entre control vino tinto vs Arenado vino tinto, lo cual determina que existe una diferencias estadísticamente significativa; así también, se ha obtenido un  $p > 0.05$  como resultado de la prueba t de Student entre control vino tinto y grabado vino tinto, por lo que es preciso afirmar que no existe una diferencia significativa entre las muestras analizadas.

### 9.4.3 Contraste $\Delta E$ Control vs Arenado y Grabado - Vinagre

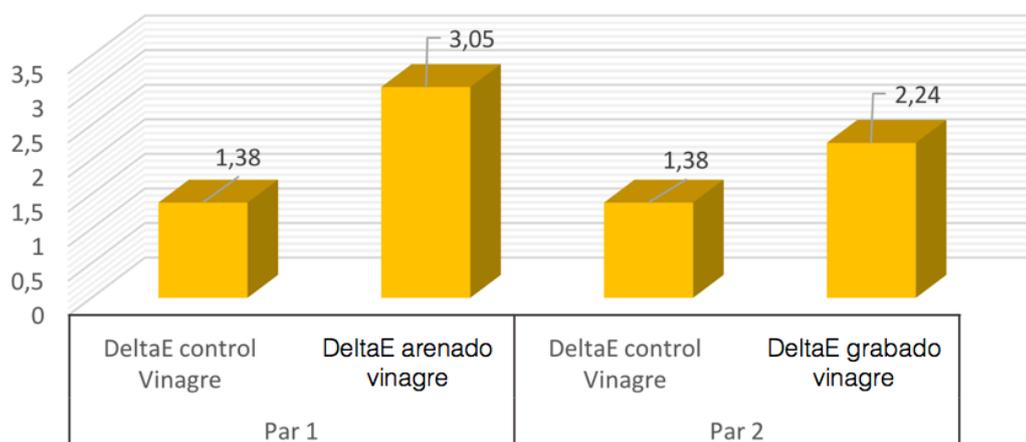


Gráfico 13 Contraste  $\Delta E$  de Control vs Arenado y Grabado Vinagre

En el gráfico 13 se observan los valores promedio obtenidos en las variables  $\Delta E$  control y arenado – grabado vino tinto por contrastar en donde se destacan con valores más altos arenado (3.046) y grabado (2.240)

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	$\Delta E$ CVB - $\Delta E$ AVB	-1.6714	2.0849	.394026	-2.47986	-.86291	-4.24	27	0.000
Par 2	$\Delta E$ CVB - $\Delta E$ GVB	-.86472	1.3697	.2588	-1.3958	-.33363	-3.34	27	0.002

Tabla 16 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo Control vs Arenado y Grabado Vinagre. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)

La Tabla 16 permite observar los resultados del contraste entre los resultados  $\Delta E$  correspondientes a control Vinagre balsámico y del grupo Arenado y Grabado Vinagre, obteniéndose un valor para  $p < 0.05$  en la contrastación entre control Vinagre balsámico vs Arenado Vinagre balsámico y también entre Control Vinagre balsámico y Grabado Vinagre, lo cual determina que existe una diferencia estadísticamente significativa.

#### 9.4.4 Contraste $\Delta E$ Grupo Arenado vs Grabado - Vinagre

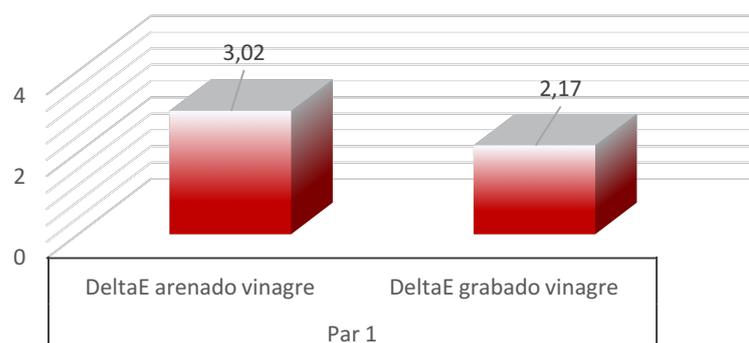


Gráfico 14 Contraste Grupo Arenado vs Grabado vinagre

En el gráfico 14 se observan los valores promedios obtenidos en las variables  $\Delta E$  Arenado y grabado Vinagre balsámico por contrastar en donde se destacan con valores más altos arenado (3.018)

		Diferencias emparejadas					t	gl	p-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	$\Delta E AV - \Delta E GV$	.84695	1.7516	.319796	.19289	1.5010	2.648	29	0.013

Tabla 17 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo Arenado vs Grabado. En vinagre. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)

En la Tabla 17 se muestra el resultado obtenido en la prueba t de Student para el contraste entre las variables  $\Delta E$  Arenado vs Grabado en Vinagre balsámico en donde  $p < 0.05$  y por lo tanto la diferencia entre las dos variables es estadísticamente significativa.

### 9.4.5 Contraste $\Delta E$ grupo Arenado vs Grabado - Vino tinto

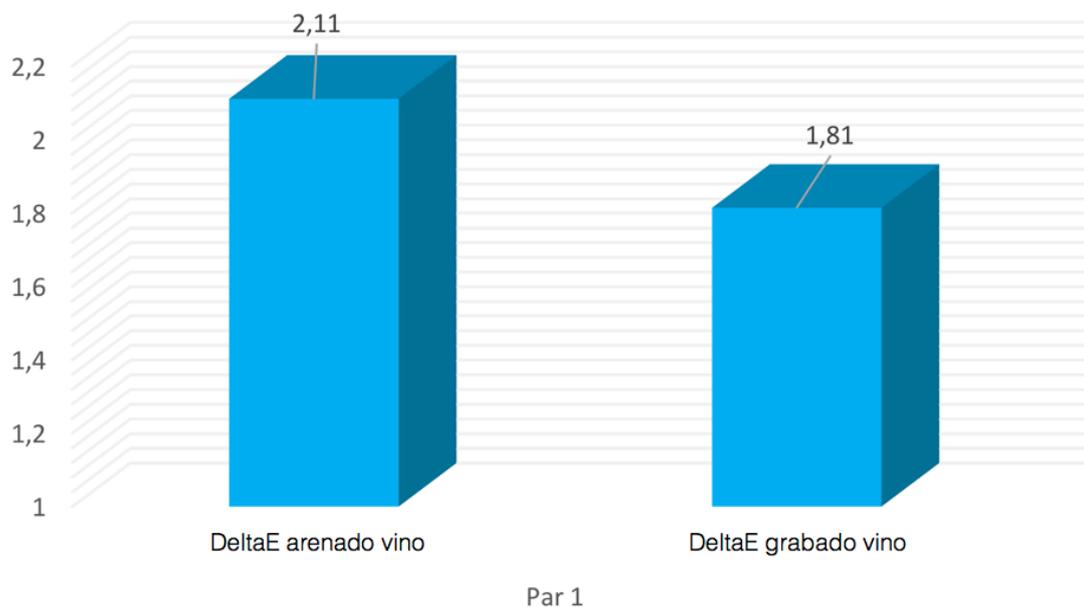


Gráfico 15 Contraste  $\Delta E$  entre Grupo Arenado vs Grabado. En vino tinto

En el gráfico 15 se observan los valores promedios obtenidos en las variables  $\Delta E$  Arenado y grabado Vinagre balsámico por contrastar en donde se destacan con valores más altos arenado (2.110)

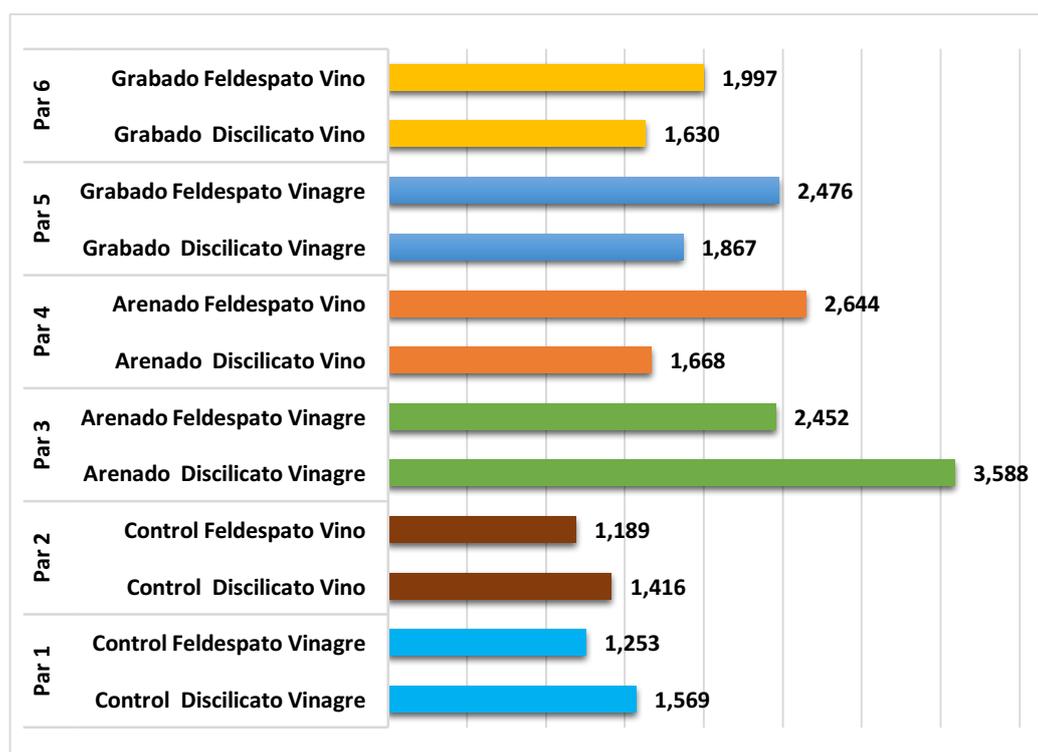
		Diferencias emparejadas					t	gl	P-valor Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	$\Delta E AV - \Delta E GV$	.29703	1.8105	.33055	-37902	.97308	.899	29	.376

Tabla 18 Prueba t de Student de muestras emparejadas grupo Arenado vs Grabado. En vino tinto. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)

En la Tabla 18 se muestra el resultado obtenido en la prueba t de Student para el contraste entre las variables  $\Delta E$  Arenado vs Grabado en vino tinto en donde  $p > 0.05$  y por lo tanto la diferencia entre las dos variables no es estadísticamente significativa.

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Control Disilicato Vinagre	1.569329264	14	.8557893409	.2287193221
	Control Feldeespato Vinagre	1.253086000	14	.5558678181	.1485619234
Par 2	Control Disilicato Vino tinto	1.416316229	14	.9967901169	.2664033646
	Control Feldeespato Vino tinto	1.189305829	14	.8856863159	.2367096247
Par 3	Arenado Disilicato Vinagre	3.587687813	15	2.1700467806	.5603036694
	Arenado Feldeespato Vinagre	2.452493087	15	.9920817243	.2561543998
Par 4	Arenado Disilicato Vino tinto	1.667553700	15	1.8952755202	.4893580351
	Arenado Feldeespato Vino tinto	2.644499840	15	2.0371427969	.5259880084
Par 5	Grabado Disilicato Vinagre	1.867150607	15	1.0923837003	.2820522586
	Grabado Feldeespato Vinagre	2.475536493	15	1.0377099656	.2679355610
Par 6	Grabado Disilicato Vino tinto	1.629907513	15	2.6070100874	.6731271101
	Grabado Feldeespato Vino tinto	1.997399200	15	1.3404675793	.3461072407

**Tabla 19** Media de los resultados de Delta E por tipo de material y compuesto. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)



**Gráfico 16** Resultados medias emparejadas Delta E por tipo de porcelana

En los resultados de las medias aritméticas, producto de la comparación en pares por el tipo de material y tipo de compuesto de inmersión (vino tinto o Vinagre balsámico), se observa que existen diferencias en cada uno de los pares contrastados, por lo cual se establece la prueba estadística para establecer si es significativa.

		<i>Diferencias emparejadas</i>					<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p-valor Sig. (bilateral)</i>
		<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Media de error estándar</i>	<i>95% de intervalo de confianza de la diferencia</i>				
					<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>			
Par 1	DC – FC VB	.3162	.9933	.26548	-.2573	.88977	1.191	13	.255
Par 2	DC – FC V	.2270	1.2664	.33846	-.5042	.95821	.671	13	.514
Par 3	DA – FA VB	1.1352	2.8967	.74794	-.46897	2.73936	1.518	14	.151
Par 4	DA – FA V	-.97695	1.2911	.33335	-1.69191	-.262	-2.93	14	.011
Par 5	DG – FG VB	-.60839	1.0966	.28315	-1.216	-.00108	-2.15	14	.050
Par 6	DG – FG V	-.3675	1.7163	.44314	-1.3179	.58296	-.829	14	.421

**Tabla 20 Prueba t de Student para muestras emparejadas por tipo de material. Fuente: investigación de campo. Elaboración: Ing. Fernando Guerrero (2017)**

En la Tabla 20 se observan los resultados de la prueba t de Student para muestras emparejadas, en la cual se realizó un contraste entre las variables que comparten el mismo compuesto pero con diferente material; así se observa que solamente en las parejas 4 y 5 se ha obtenido un  $p < 0.05$ , lo cual se interpreta como que existe una diferencia estadísticamente significativa, en los demás pares  $p > 0.05$ , cabe señalar que estos datos se complementan con el valor alcanzado en el estadístico de prueba, que en el caso de los pares 4 y 5 el valor calculado para  $t > 1.7613$  que es el valor esperado (tabla) con grados de libertad ( $gl.$ ) = 14; esto se interpreta como que existe significancia estadística. Mientras que, en el caso de los otros pares (1, 2, 3 y 6) en donde  $t < 1.7613$ , lo cual implica que las variables contrastadas no tiene una diferencia estadísticamente significativa.

## 9.5 PRUEBA DICOTÓMICA

La prueba dicotómica se realizó en 5 observadores de diferente sexo y nivel de entrenamiento visual, se usó una fotografía estandarizada inicial y una final de cada grupo y se solicitó a los observadores usar los parámetros de SI o No en cuanto a la detección de un cambio de color. Los resultados fueron los siguientes:

Vinagre balsámico	FA		DA		DG		FG		FC		DC	
	Delta E	SI										
VB1	4,00	2	2,24	3	2,00	4	1,41	2	1,00	1	2,00	4
VB2	4,00	1	1,00	3	2,00	3	3,16	3	1,41	1	1,41	4
VB3	2,00	1	4,12	4	1,00	3	1,41	2	1,00	3	1,00	2
VB4	3,16	4	2,83	4	1,00	2	2,24	2	-	2	1,00	3
VB5	1,00	2	6,32	3	1,41	2	2,83	5	1,41	1	3,61	4
VB6	1,41	4	5,39	4	1,00	3	4,47	4	1,00	1	1,00	3
VB7	3,16	2	4,12	3	1,41	3	2,24	2	2,24	2	1,41	2
VB8	1,00	1	5,10	3	3,16	2	4,12	3	2,24	2	1,00	3
VB9	1,41	1	8,25	4	4,58	3	3,61	4	1,41	2	2,24	3
VB10	2,24	3	2,24	3	3,61	2	3,16	3	1,41	4	-	1
VB11	3,00	4	1,41	3	1,41	1	1,41	1	1,00	3	1,41	3
VB12	2,00	3	1,00	3	2,00	1	1,41	1	1,00	3	2,24	3
VB13	3,16	2	5,39	2	1,41	2	2,24	3	1,00	2	1,41	2
VB14	3,00	3	1,41	2	1,00	2	2,00	2	1,41	3	2,24	2
VB15	2,24	3	3,00	2	1,00	-	1,41	3	-	-	-	-
<b>Media</b>	<b>2,45</b>	<b>2</b>	<b>3,59</b>	<b>3</b>	<b>1,87</b>	<b>2</b>	<b>2,48</b>	<b>3</b>	<b>1,17</b>	<b>2</b>	<b>1,57</b>	<b>3</b>
<b>Afirmaciones</b>	<b>48%</b>		<b>61%</b>		<b>44%</b>		<b>53%</b>		<b>40%</b>		<b>52%</b>	

Tabla 21 Prueba dicotómica en grupos sumergidos en Vinagre balsámico y número de respuestas afirmativas.

En la tabla 21 se puede apreciar un porcentaje de respuestas afirmativas más alto para los grupos con un Delta E mayor a 3, lo que se encuentra dentro de los índices de confianza visual ya revisados, mientras que los grupos con deltas menores a 3 tienen bajo porcentaje de respuestas afirmativas.

Vino tinto	FA		DA		DG		FG		FC		DC	
	Delta E	SI										
V1	3,16	3	1,00	1	-	1	1,41	2	1,41	1	1,00	1
V2	1,41	4	1,00	1	1,41	2	1,00	1	2,00	1	1,00	2
V3	1,00	2	-	1	1,00	3	1,00	-	1,00	2	-	1
V4	2,24	3	1,41	1	1,00	1	1,00	-	2,00	3	1,00	1
V5	3,16	3	1,41	1	-		1,00	2	-	2	2,00	3
V6	2,24	2	1,00	3	1,00	2	2,24	3	2,00	2	1,00	3
V7	4,58	2	3,16	3	3,16	3	4,12	3	2,24	3	2,00	3
V8	2,00	3	1,41	3	1,41	1	2,24	2	2,00	2	1,41	3
V9	5,39	5	7,07	2	10,30	4	5,00	2	1,00	2	4,00	2
V10	8,25	4	4,12	3	3,16	3	4,12	1	2,00		2,00	2
V11	1,41	2	-	2	1,00	2	1,00	2	-		1,00	2
V12	1,41	1	2,00	2	1,00	2	1,00	-	1,00	1	2,00	2
V13	1,00	2	-	1	-	1	1,41	2	-	2	-	2
V14	1,00	1	-	2	-		1,41	2	-	2	1,41	2
V15	1,41	3	1,41	2	-		2,00	2				
<b>Media</b>	<b>2,64</b>	<b>3</b>	<b>1,67</b>	<b>2</b>	<b>1,63</b>	<b>2</b>	<b>2,00</b>	<b>2</b>	<b>1,11</b>	<b>2</b>	<b>1,42</b>	<b>2</b>
<b>Afirmaciones</b>	<b>53%</b>		<b>37%</b>		<b>33%</b>		<b>32%</b>		<b>31%</b>		<b>39%</b>	

Tabla 22 Prueba dicotómica para grupos sumergidos en vino tinto y número de respuestas afirmativas

En la tabla 22 se puede apreciar que para el grupo vino tinto y la media de los delta E con valores menores o iguales a 2 existió un número bajo de respuestas afirmativas, mientras que en grupo FA con un delta E de 2,64 cercano a 3, hubo tendencia dividida entre los observadores.

Vinagre balsámico	FA		DA		DG		FG		FC		DC	
	Delta E	SI										
VB1	4,00	NO	2,24	SI	2,00	SI	1,41	NO	1,00	NO	2,00	SI
VB2	4,00	NO	1,00	SI	2,00	SI	3,16	SI	1,41	NO	1,41	SI
VB3	2,00	NO	4,12	SI	1,00	SI	1,41	NO	1,00	SI	1,00	NO
VB4	3,16	SI	2,83	SI	1,00	NO	2,24	NO	-	NO	1,00	SI
VB5	1,00	NO	6,32	SI	1,41	NO	2,83	SI	1,41	NO	3,61	SI
VB6	1,41	SI	5,39	SI	1,00	SI	4,47	SI	1,00	NO	1,00	SI
VB7	3,16	NO	4,12	SI	1,41	SI	2,24	NO	2,24	NO	1,41	NO
VB8	1,00	NO	5,10	SI	3,16	NO	4,12	SI	2,24	NO	1,00	SI
VB9	1,41	NO	8,25	SI	4,58	SI	3,61	SI	1,41	NO	2,24	SI
VB10	2,24	SI	2,24	SI	3,61	NO	3,16	SI	1,41	SI	-	NO
VB11	3,00	SI	1,41	SI	1,41	NO	1,41	NO	1,00	SI	1,41	SI

VB12	2,00	SI	1,00	SI	2,00	NO	1,41	NO	1,00	SI	2,24	SI
VB13	3,16	NO	5,39	NO	1,41	NO	2,24	SI	1,00	NO	1,41	NO
VB14	3,00	SI	1,41	NO	1,00	NO	2,00	NO	1,41	SI	2,24	NO
VB15	2,24	SI	3,00	NO	1,00	NO	1,41	SI				
<b>Media</b>	<b>2,45</b>	<b>NO</b>	<b>3,59</b>	<b>SI</b>	<b>1,87</b>	<b>NO</b>	<b>2,48</b>	<b>SI</b>	<b>1,17</b>	<b>NO</b>	<b>1,57</b>	<b>SI</b>

**Tabla 23 Prueba dicotómica para grupos sumergidos en Vinagre balsámico , con parámetros para variación de color de Si o No.**

Vino tinto	FA		DA		DG		FG		FC		DC	
	Delta E	SI										
V1	3,16	SI	1,00	NO	-	NO	1,41	NO	1,41	NO	1,00	NO
V2	1,41	SI	1,00	NO	1,41	NO	1,00	NO	2,00	NO	1,00	NO
V3	1,00	NO	-	NO	1,00	SI	1,00	NO	1,00	NO	-	NO
V4	2,24	SI	1,41	NO	1,00	NO	1,00	NO	2,00	SI	1,00	NO
V5	3,16	SI	1,41	NO	-	NO	1,00	NO	-	NO	2,00	SI
V6	2,24	NO	1,00	SI	1,00	NO	2,24	SI	2,00	NO	1,00	SI
V7	4,58	NO	3,16	SI	3,16	SI	4,12	SI	2,24	SI	2,00	SI
V8	2,00	SI	1,41	SI	1,41	NO	2,24	NO	2,00	NO	1,41	SI
V9	5,39	SI	7,07	NO	10,30	SI	5,00	NO	1,00	NO	4,00	NO
V10	8,25	SI	4,12	SI	3,16	SI	4,12	NO	2,00	NO	2,00	NO
V11	1,41	NO	-	NO	1,00	NO	1,00	NO	-	NO	1,00	NO
V12	1,41	NO	2,00	NO	1,00	NO	1,00	NO	1,00	NO	2,00	NO
V13	1,00	NO	-	NO	-	NO	1,41	NO	-	NO	-	NO
V14	1,00	NO	-	NO	-	NO	1,41	NO	-	NO	1,41	NO
V15	1,41	SI	1,41	NO	-	NO	2,00	NO				
<b>Media</b>	<b>2,64</b>	<b>SI</b>	<b>1,67</b>	<b>NO</b>	<b>1,63</b>	<b>NO</b>	<b>2,00</b>	<b>NO</b>	<b>1,11</b>	<b>NO</b>	<b>1,42</b>	<b>NO</b>

**Tabla 24 Prueba dicotómica para grupos sumergidos en vino tinto, con parámetros para variación de color de Si o No.**

En la tabla 23 y 24 tenemos la extrapolación de los valores de respuestas afirmativas hacia los parámetros de SI o No, de acuerdo a la percepción media de los observadores; cabe recalcar que cada persona tiene diferentes resultados y la percepción depende de cada observador.

VB	FA		DA		DG		FG		FC		DC	
	Delta E	E. V										
VB1	4,00	NO	2,24	SI	2,00	SI	1,41	NO	1,00	NO	2,00	SI
VB2	4,00	NO	1,00	SI	2,00	SI	3,16	SI	1,41	NO	1,41	SI
VB3	2,00	NO	4,12	SI	1,00	SI	1,41	NO	1,00	SI	1,00	NO
VB4	3,16	SI	2,83	SI	1,00	NO	2,24	NO	-	NO	1,00	SI
VB5	1,00	NO	6,32	SI	1,41	NO	2,83	SI	1,41	NO	3,61	SI
VB6	1,41	SI	5,39	SI	1,00	SI	4,47	SI	1,00	NO	1,00	SI
VB7	3,16	NO	4,12	SI	1,41	SI	2,24	NO	2,24	NO	1,41	NO
VB8	1,00	NO	5,10	SI	3,16	NO	4,12	SI	2,24	NO	1,00	SI
VB9	1,41	NO	8,25	SI	4,58	SI	3,61	SI	1,41	NO	2,24	SI
VB10	2,24	SI	2,24	SI	3,61	NO	3,16	SI	1,41	SI	-	NO
VB11	3,00	SI	1,41	SI	1,41	NO	1,41	NO	1,00	SI	1,41	SI
VB12	2,00	SI	1,00	SI	2,00	NO	1,41	NO	1,00	SI	2,24	SI
VB13	3,16	NO	5,39	NO	1,41	NO	2,24	SI	1,00	NO	1,41	NO
VB14	3,00	SI	1,41	NO	1,00	NO	2,00	NO	1,41	SI	2,24	NO
VB15	2,24	SI	3,00	NO	1,00	NO	1,41	SI				
<b>Media</b>	<b>2,45</b>	<b>NO</b>	<b>3,59</b>	<b>SI</b>	<b>1,87</b>	<b>NO</b>	<b>2,48</b>	<b>SI</b>	<b>1,17</b>	<b>NO</b>	<b>1,57</b>	<b>SI</b>

Tabla 25 Valores dicotómicos que concuerdan con los índices de percepción visual Delta E para grupos sumergidos en Vinagre balsámico

Vino tinto	FA		DA		DG		FG		FC		DC	
	Delta E	E. V										
V1	3,16	SI	1,00	NO	-	NO	1,41	NO	1,41	NO	1,00	NO
V2	1,41	SI	1,00	NO	1,41	NO	1,00	NO	2,00	NO	1,00	NO
V3	1,00	NO	-	NO	1,00	SI	1,00	NO	1,00	NO	-	NO
V4	2,24	SI	1,41	NO	1,00	NO	1,00	NO	2,00	SI	1,00	NO
V5	3,16	SI	1,41	NO	-	NO	1,00	NO	-	NO	2,00	SI
V6	2,24	NO	1,00	SI	1,00	NO	2,24	SI	2,00	NO	1,00	SI
V7	4,58	NO	3,16	SI	3,16	SI	4,12	SI	2,24	SI	2,00	SI
V8	2,00	SI	1,41	SI	1,41	NO	2,24	NO	2,00	NO	1,41	SI
V9	5,39	SI	7,07	NO	10,30	SI	5,00	NO	1,00	NO	4,00	NO
V10	8,25	SI	4,12	SI	3,16	SI	4,12	NO	2,00	NO	2,00	NO
V11	1,41	NO	-	NO	1,00	NO	1,00	NO	-	NO	1,00	NO
V12	1,41	NO	2,00	NO	1,00	NO	1,00	NO	1,00	NO	2,00	NO
V13	1,00	NO	-	NO	-	NO	1,41	NO	-	NO	-	NO
V14	1,00	NO	-	NO	-	NO	1,41	NO	-	NO	1,41	NO
V15	1,41	SI	1,41	NO	-	NO	2,00	NO				
<b>Media</b>	<b>2,64</b>	<b>SI</b>	<b>1,67</b>	<b>NO</b>	<b>1,63</b>	<b>NO</b>	<b>2,00</b>	<b>NO</b>	<b>1,11</b>	<b>NO</b>	<b>1,42</b>	<b>NO</b>

Tabla 26 Valores dicotómicos que concuerdan con los índices de percepción visual Delta E para grupos sumergidos en vino tinto

Analizando los valores de la evaluación visual y al correlacionar las respuestas de los observadores con los valores Delta E, se pudo apreciar si realmente estos índices de percepción visual son confiables. Con un total de 880 evaluaciones realizadas entre los 5 observadores, se obtuvo 598 respuestas correlacionadas con los valores Delta E, lo que equivale a un 68% de exactitud, lo cual determina que existe correlación, pero aun así, la prueba visual sigue siendo un examen subjetivo y dependerá siempre de los observadores y el nivel de entrenamiento visual de cada uno.

## 10 DISCUSIÓN

Los estudios del color y los índices de confiabilidad entre la percepción de color y los valores objetivos de la fórmula  $\Delta E$ , varían dependiendo el observador, de acuerdo a los estudios revisados, se permiten valores  $\Delta E$  entre 1 y 5. De acuerdo a la prueba dicotómica realizada se puede observar que los valores  $\Delta E$  entre 1 y 2 no fueron percibidos por los diferentes observadores, los valores  $\Delta E$  mayores a 3 fueron percibidos por la mayoría de los observadores. Entre los autores la clasificación de Sascha Hein se presenta de manera objetiva y clara, además de correlacionar los valores descritos con los valores expuestos en el presente estudio. (Hein, Tapia, & Bazos, 2017)

$\Delta E^*$	Evaluación Visual
0,0 – 0,5	No existe diferencia de color
0,5 – 1,5	Casi no detectable
1,5 – 2,0	Diferencia de color detectable
4,0 – 5,0	Diferencia de color no tolerable

**Tabla 27** Relación perceptual según Hein S. Entre los valores Delta E y la evaluación visual (Hein, Tapia, & Bazos, 2017)

Analizando los valores L.a.b. individualmente, podemos identificar principalmente diferencias estadísticamente significativas para el grupo L.a.b.\_b, lo que indica una variación

del color en el rango de amarillo, mezclado con el tono rojizo del grupo a; forma un color secundario; según los valores obtenidos las muestras modificaron su color de blanco a marrón.

De acuerdo al tipo de tratamiento aplicado a las superficies, los valores obtenidos  $\Delta E$ , que cuantifican el cambio de color entre la muestra inicial y final, son mayores para los grupos tratados con micro arenado de superficie, con una media de 2,16 para el grupo AV y de 3,05 para el grupo AVB, indiferente del tipo de material.

En cuanto al análisis estadístico del tipo de tratamiento aplicado a las muestras, indica diferencias estadísticamente significativas para ambos grupos de inmersión, sometidos al micro arenado de superficie; mientras que el grabado HF de superficie solo indica diferencias estadísticamente significativas para el grupo de inmersión en vinagre. Según los valores  $\Delta E$  obtenidos, los grupos de inmersión en Vinagre balsámico, tratados con grabado HF y micro arenado de superficies, presentan valores  $\Delta E$  más elevados que los grupos de inmersión en Vino tinto, indiferente del tratamiento de superficie; encontrando diferencias significativamente estadísticas. Puede justificarse dichas diferencias a la diferencia de acidez en el pH de ambas sustancias, esto nos indica que existe una influencia entre el tipo de sustancia en la que se realiza la inmersión.

Realizando un análisis más específico en cuanto a los valores entre feldespato y disilicato de litio, se obtuvo que con respecto al grupo control, los tratamientos de superficie aumentaron la susceptibilidad a la pigmentación de las porcelanas. Los grupos de Arenado tuvieron diferencias significativas sin importar la sustancia de inmersión o el material cerámico; mientras que en los grupos de grabado ácido, el feldespato tuvo mayor susceptibilidad a la pigmentación, en el grupo arenado el disilicato de litio demostró valores significativamente más altos.

Los resultados de los valores de grabado ácido en el feldespato y disilicato de litio, pueden indicar que las vitrocerámicas feldespáticas, al requerir mayor tiempo de grabado, aumentan la susceptibilidad a la pigmentación, pero debemos considerar que el recubrimiento vítreo que se

realiza al glasear la superficie, es a base de feldespato, por lo tanto, al aplicar un tiempo de grabado HF de 20 segundos sobre el disilicato de litio, como lo indica la literatura, no se llega al tiempo necesario para modificar la estructura del glaseado vítreo.

## 11 CONCLUSIONES

Considerando las limitaciones del presente estudio, en base a la experimentación y a los resultados obtenidos se puede concluir que:

- Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna de que “Las superficies vitrocerámicas sintéticas a base de disilicato de litio y las superficies vitrocerámicas feldespáticas, presentarán diferencias en la pigmentación al ser tratadas con grabado de superficie con ácido fluorhídrico, microarenado con óxido de aluminio y posteriormente sumergidas en vino tinto y Vinagre balsámico con respecto al grupo control”
- El tratamiento de superficie tiene relación directa con la susceptibilidad a la pigmentación.
- El micro arenado aumenta la susceptibilidad a la pigmentación en comparación al grabado HF.
- Se podrán aceptar valores  $\Delta E$  entre 0,5 a 2,0, como referencia a los límites de tolerancia visual.

## 12 RECOMENDACIONES

Conociendo las limitaciones del estudio realizado se recomienda lo siguiente:

- Realizar estudios experimentales con otro tipo de porcelanas y técnica de manufactura

- Aplicar los tratamientos de superficie propuestos en restauraciones realizadas con por Cad/Cam

## **12.1 RECOMENDACIONES CLÍNICAS**

- Conocer el material restaurador a emplear, sus propiedades e indicaciones para cada caso.
- Aplicar el tratamiento de superficie específico, propuesto por cada fabricante para cada material.
- Evitar aplicar los tratamientos de superficie en puntos críticos como son el margen y la región interproximal.
- Controlar la presión de aire usada durante el micro arenado y el tiempo del grabado ácido.

## BIBLIOGRAFÍA

- McLaren, E. (Mayo de 2006). Porcelain Veneer Preparations: To Prep or Not to Prep. *Inside Dentistry*, 76 - 79.
- Magne, P., & Belser, U. (2004). *Restauraciones de Porcelana Adherida en Dientes Anteriores Metodo Biomimético*. Barcelona, España: Quintessence.
- Chiche, G., & Pinault, A. (2000). *Protesis fija estetica en dientes anteriores*. Barcelona, Madrid, España: Masson.
- Bravo, D., Bustamante, E., & Daza, V. (2014). Influencia del tratamiento de superficie en la resistencia traccional de porcelana feldespática reparada con resina compuesta . *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 7(3), 123-127.
- Ng, J., Ruse, D., & Wyatt, C. (2014). A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(3), 555-560.
- Stefano Gracis, D. M. (2015). A New Classification System for All-Ceramic and Ceramic-like Restorative Materials. *The International Journal of Prosthodontics*, 28(3), 227-235.
- McLaren, E., & Rifkin, R. (2004). Porcelains in 2004: Contemporary Trends and Techniques. *Dental COLLABORATIONS*.
- Kelly, J., & Benetti, P. (2011). Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Australian Dental Journal*, 56(1), 84-96.
- Giordano, R., & McLaren, E. (2010). Ceramics Overview: Classification by Microstructure and Processing Methods. *Compendium*, 31(9 ), 682-698.
- McLaren, E., & Whiteman, Y. (2012). Ceramics: Rationale for Material Selection. *INSIDE DENTISTRY*, 38-52.

- Kina, S., & Bruguera, A. (2008). *Invisible. Restauraciones Estéticas Cerámicas*. Sao Paulo , Brasil: Dental Press Editora.
- Mezzomo, E., & Makoto, R. (2010). *Rehabilitación Oral Contemporánea*. Sao Paulo , Brasil: AMOLCA.
- Chabouisa, H., Faugerona, V., & Attala, J.-P. (2013). Clinical efficacy of composite versus ceramic inlays and onlays: A systematic review . *Dental Materials*, 29, 1209–1218.
- D’Arcangelo, C., Angelis, F. D., Vadini, M., & D’Amario, M. (2012). Clinical evaluation on porcelain laminate veneers bonded with light-cured composite: results up to 7 years. *Clinical Oral Investigation* (16), 1071–1079.
- Beier, U., Kapferer, I., & Dumfahrt, H. (2012). Clinical Long-Term Evaluation and Failure Characteristics of 1,335 All-Ceramic Restorations. *The International Journal of Prosthodontics*, 25(1), 70-78.
- Beier, U., Kapferer, I., Burtscher, D., & Dumfahrt, H. (2012). Clinical Performance of Porcelain Laminate Veneers for Up to 20 Years. *The International Journal of Prosthodontics*, 25(1), 79-86.
- Aurélioa, I., Marchionattia, A., Montagnera, A., Mayb, L., & Soares, F. (2016). Does air particle abrasion affect the flexural strength and phase transformation of Y-TZP? A systematic review and meta-analysis. *Dental Materials*, 32, 827-845.
- Atay, A., Oruç, S., Ozen, J., & Sipahi, C. (Agosto de 2008). Effect of accelerated aging on the colour stability of feldspathic ceramic treated with various surface treatments. *QUINTESSENCE INTERNATIONAL*, 39(7), 603-609.
- Canay, S., Hersek, N., & Ertan, A. (2001). Effect of different acid treatments on a porcelain surface. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28, 95-101.

- Ramos, D., Almeida, A., Garcia, M., Giannini, M., Puppini, R., Ferracane, J., & Coelho, M. (2015). Effect of Different In Vitro Aging Methods on Color Stability of a Dental Resin-Based Composite Using CIELAB and CIEDE2000 Color-Difference Formulas. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 322-330.
- Kato, H., Matsumura, H., & Atsuta, M. (2000). Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. *Journal of Oral Rehabilitation*, 27, 103-110.
- Dikicier, S., Ayyildiz, S., Ozen, J., & Sipahi, C. (2014). Effect of varying core thicknesses and artificial aging on the color difference of different all-ceramic materials. 72, 623-629.
- Ho, B., Tsoi, J., Liu, D., Lung, C., Wong, H.-M., & Matinlinna, J. (2015). Effects of sandblasting distance and angles on resin cement bonding to zirconia and titanium. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 62, 25-31.
- Zhang, Y., Sailer, I., & Lawn, B. (2014). Fatigue of dental ceramics. *Journal of Dentistry*, 41, 1135-1147.
- Turgut, S., Bagis, B., Ayaz, E., Korkmaz, F., Ulusoy, K., & Bagis, Y. (2014). How will surface treatments affect the translucency of porcelain laminate veneers? *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 4(6), 8-13.
- Liu, D., Tsoi, J., Pow, E., & Wong, H. (2015). Influence of different etching protocols on the reliability of resin bonding to CAD/CAM feldspathic porcelain. *International Journal of Adhesion & Adhesive*, 62, 18-24.
- Rungruanganunt, P., & Kelly, R. (2012). Insights into “bonding” of all-ceramics influenced by cement, sandblasting and water storage time. *Dental Materials*, 28, 939-944.

- Khashayar, G., Bain, P., Salari, S., Dozic, A., Kleverlaan, C., & Feilzer, A. (2014). Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *Journal of Dentistry*, *42*, 637-644.
- Esquivel, J., Chai, J., Sansano, S., & Shonberg, D. (2001). Resistance to Staining, Flexural Strength, and Chemical Solubility of Core Porcelains for All-Ceramic Crowns. *The International Journal of Prosthodontics*, *14*(3), 284-288.
- Ambrosi, M., Santoni, S., Giorgi, R., & E. F. (2014). High-performance and anti-stain coating for porcelain stoneware tiles based on nanostructured zirconium compounds. *Journal of Colloid and Interface Science*, *432*, 117-127.
- Sheila Pestana Passos, D. M. (2011). Shear Bond Strength of Resin Cement Bonded to Alumina Ceramic after Treatment by Aluminum Oxide Sandblasting or Silica Coating. *The American College of Prosthodontists*, *20*, 561-565.
- Valian, A., & Moravej-Salehi, E. (2005). Surface treatment of feldspathic porcelain: scanning electron microscopy analysis. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, *4*(6), 387-394.
- Rudawska, A., Danczak, I., Müller, M., & Valasek, P. (2016). The effect of sandblasting on surface properties for adhesion. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, *70*, 176-190.
- Shahverdi, S., Canay, S., Sahin, E., & Bilge, A. (1998). Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. *Journal of Oral Rehabilitation*, *25*, 699-705.
- Fradeani, M. (1998). Six-year Follow up With Empress Veners. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, *18*(3).

- Martínez, F., Pradíes, G., Suárez, M. J., & Rivera, B. (2007). Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. *Revista del Ilustre Colegio de Odontólogos de España RCOE*, 12(4), 253- 263.
- Kina, S. (2005). Cerámicas Dentárias. *Rev. dent. press estética*, 2(2), 111-128.
- Gracis, S., Thompson, V., Ferencz, J., Silva, N., & Bonfante, E. (2015). A New Classification System for All-Ceramic and Ceramic-like Restorative Materials. *The International Journal of Prosthodontics*, 28(3), 227-235.
- Lughi, V., & Sergio, V. (Agosto de 2010). Low temperature degradation -aging- of zirconia: A critical review of the relevant aspects in dentistry. *Dental Materials*, 26(8), 807-820.
- Al-Amleh, B., Lyons, K., & Swain, M. (2010). Clinical trials in zirconia: a systematic review. *Journal of Oral Rehabilitation*, 37, 641–652.
- Ioannidis, A., & Bindl, A. (2016). Clinical prospective evaluation of zirconia-based three-unit posterior fixed dental prostheses: Up-to ten-year results. *Journal of Dentistry*, 47, 80-85.
- Chaar, M. S., Passia, N., & Kern, M. (2015). Ten-year clinical outcome of three-unit posterior FDPs made from a glass-infiltrated zirconia reinforced alumina ceramic (In-Ceram Zirconia). *journal of dentistry*, 43, 512-517.
- Chaar, M. S., & Kern, M. (2015). Five-year clinical outcome of posterior zirconia ceramic inlay-retained FDPs with a modified design . *Journal of Dentistry* , 43, 1411-1415.
- Elsayed, A., Wille, S., Al-Akhali, M., & Kern, M. (Abril de 2017). Comparison of fracture strength and failure mode of different ceramic implant abutments. *THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY*(4), 499-506.

- Cooper, L. F., Stanford, C., Feine, J., & McGuire, M. (Julio de 2016). Prospective assessment of CAD/CAM zirconia abutment and lithium disilicate crown restorations: 2.4 year results. *THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY*, 116(1), 33-39.
- Coachman, C., Gurel, G., Calamita, M., Morimoto, S., Paolucci, B., & Sesma, N. (2014). The Influence of Tooth Color on Preparation Design for Laminate Veneers from a Minimally Invasive Perspective: Case Report. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 34(4), 453- 459.
- Rinke, S., Kramer, K., Burgers, R., & Roediger, S. (2016). A practice-based clinical evaluation of the survival and success of metal-ceramic and zirconia molar crowns: 5-year results. *Journal of Oral Rehabilitation*(43), 136-144.
- Pieger, S., Salman, A., & Bidra, A. (Julio de 2014). Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(1), 22-30.
- Schmitter, M., Mussotter, P., Rammelsberg, P., Gabbert, O., & Ohlmann, B. (2012). Clinical performance of long-span zirconia frameworks for fixed dental prostheses: 5-year results. *Journal of Oral Rehabilitation*(39), 552-557.
- McLaren, E., Figueira, J., & Goldstein, R. (Abril de 2015). Vonlays: A Conservative Esthetic Alternative to Full-Coverage Crowns. *Compendium*, 36(4), 282-289.
- Elsayed, A., Wille, S., Al-Akhali, M., & Kern, M. (2017). Comparison of fracture strength and failure mode of different ceramic implant abutments. *THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY*, 117(4), 499-505.
- Pegoraro, L. (2001). *Prótesis Fija* . Sao Paulo : AMOLCA.
- Nageswar, R. (2011). *Endodoncia Avanzada*. Venezuela : AMOLCA.
- Mezzomo, E., & Suzuki, R. M. (2010). *Rehabilitación Oral Contemporanea*. AMOLCA.
- Mallat, E., & Mallat, C. (2007). *Prótesis Fija Estetica*. España: Elsevier.

- Baratieri, L. N. (2009). *Soluciones Clinicas - Fundamentos y Tecnicas* (Vol. 1). Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Guanabara Koogan Gen Santos.
- Yu, H. D. (1998). Shear bond test of HF acid etching machinable porcelain bonded to enamel with different concentration and disposing time. *West China journal of stomatology*, 16(2), 169-171.
- Chen, J.-H., Matsumura, H., & Atsuta, M. (1998). Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. *Journal of Dentistry*, 26(1), 53-58.
- Nikzad, S., Azari, A., & Poursina, M. (2012). Effects of beverage colorants and accelerated aging on the color stability of indirect resin composites. *Journal of Dental Sciences*, 7, 231-237.
- Venturini, A., Prochnowb, C., Ramboc, D., Gundeld, A., & Valandro, L. (2015). Effect of Hydrofluoric Acid Concentration on Resin Adhesion to a Feldspathic Ceramic. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 17(4), 313-320.
- Puppín, J., Sundfeld, D., Puppín, R., Costa, A., Correr, A., Borges, G., . . . Correr-Sobrinho, L. (2016). HF concentration and etching times on lithium disilicate glass-ceramic. *Dental Materials*, 32, e83.
- Nagai, T., Kawamoto, Y., Kakehashi, Y., & Matsamura, H. (2005). Adhesive bonding of a lithium disilicate ceramic material with resin-based luting agents. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32, 598-605.
- Hooshmand, T., Parvizi, S., & Keshvad, A. (2008). Effect of Surface Acid Etching on the Biaxial Flexural Strength of Two Hot-Pressed Glass Ceramics. *Journal of Prosthodontics* (17), 415-419.

- Perakis, N., Mignani, G., & Zicari, F. (2016). A Minimally Invasive Restorative Approach for Treatment of Gingival Impingement. *Quintessence of Dental Technology*, 209-224.
- Nakashima, J., Taira, Y., & Sawase, T. (Junio de 2016). In vitro wear of four ceramic materials and human enamel on enamel antagonist. *European Journal of Oral Sciences*, 3(1), 295-300.
- Albakry, M., Guazzatoa, M., & Swain, M. (2004). Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. *Journal of Dentistry*, 32, 91-99.
- Moona, J.-e., Kima, S.-h., Lee, J.-b., Hab, S.-r., & Choi, Y.-s. (2011). The effect of preparation order on the crystal structure of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal and the shear bond strength of dental resin cements. *Dental Materials*, 27, 651-663.
- Alkadi, L., & Ruse, N. D. (2016). Fracture toughness of two lithium disilicate dental glass ceramics. *THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY*, 116(4), 591-596.
- Hmaidouch, R., & Weigl, P. (2013). Tooth wear against ceramic crowns in posterior region: a systematic literature review. *International Journal of Oral Science* (5), 183-190.
- Lawson, N., & Burgess, J. O. (2016). Wear of CAD/CAM Materials. *Quintessence of Dental Technology*, 162-169.
- Yoshihara, K., Nagaoka, N., Maruo, Y., Nishigawa, G., Iried, M., Yoshida, Y., & Meerbeek, B. V. (2017). Sandblasting may damage the surface of composite CAD-CAM blocks. *Dental Materials*, 33, e124-e135.
- INEC. (2012). *Principales Resultados: Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos (ENIGHUR) 2011- 2012*. Quito.

- Alharbi, A., Ardu, S., Bortolotto, T., & Krejci, I. (2017). Stain susceptibility of composite and ceramic CAD/CAM blocks versus direct resin composites with different resinous matrices. *Odontology*, *105*(2), 162-169.
- Sun, T., Zhou, S., Lai, R., Liub, R., Ma, S., Zhou, Z., & Longquan, S. (2014). Load-bearing capacity and the recommended thickness of dental monolithic zirconia single crowns. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*(35), 93-101.
- Clavijo, V., Sartori, N., Phark, J.-H., & Duarte, S. (2016). Novel Guidelines for Bonded Ceramic Veneers: Part 1. Is Tooth Preparation Truly Necessary? *Quintessence of Dental Technology*, 8-25.
- Okawa, M. (2016). Minimally Invasive Full-Mouth Rehabilitation for Dental Erosion. *Quintessence of Dental Technology*, 57-77.
- Lu, Y., Tseng, H., Shih, Y., & Lee, S. (2001). Effects of surface treatments on bond strength of glass-infiltrated ceramic. *Journal of Oral Rehabilitation*(28), 805-813.
- Gamborena, I., & Blatz, M. B. (2011). Fluorescence - Mimicking Nature for Ultimate Esthetics in Implant Dentistry. *Quintessence of Dental Technology*, 7-23.
- Gomes, É., Tiozzi, R., Faria, A., Rodrigues, R., & Ribeiro, R. (2014). Torque loss under mechanical cycling of long-span zirconia and titanium-cemented and screw-retained implant-supported CAD/CAM frameworks. *Clinical Oral Implants Research*(25), 1395-1402.
- Le, M., Papia, E., & Larsson, C. (2015). The clinical success of tooth- and implant-supported zirconia-based fixed dental prostheses. A systematic review. *Journal of Oral Rehabilitation*(42), 467-480.
- Biacchi, G. R., Mello, B., & Basting, R. T. (2013). The Endocrown: An Alternative Approach for Restoring Extensively Damaged Molars. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *25*(6), 383-390.

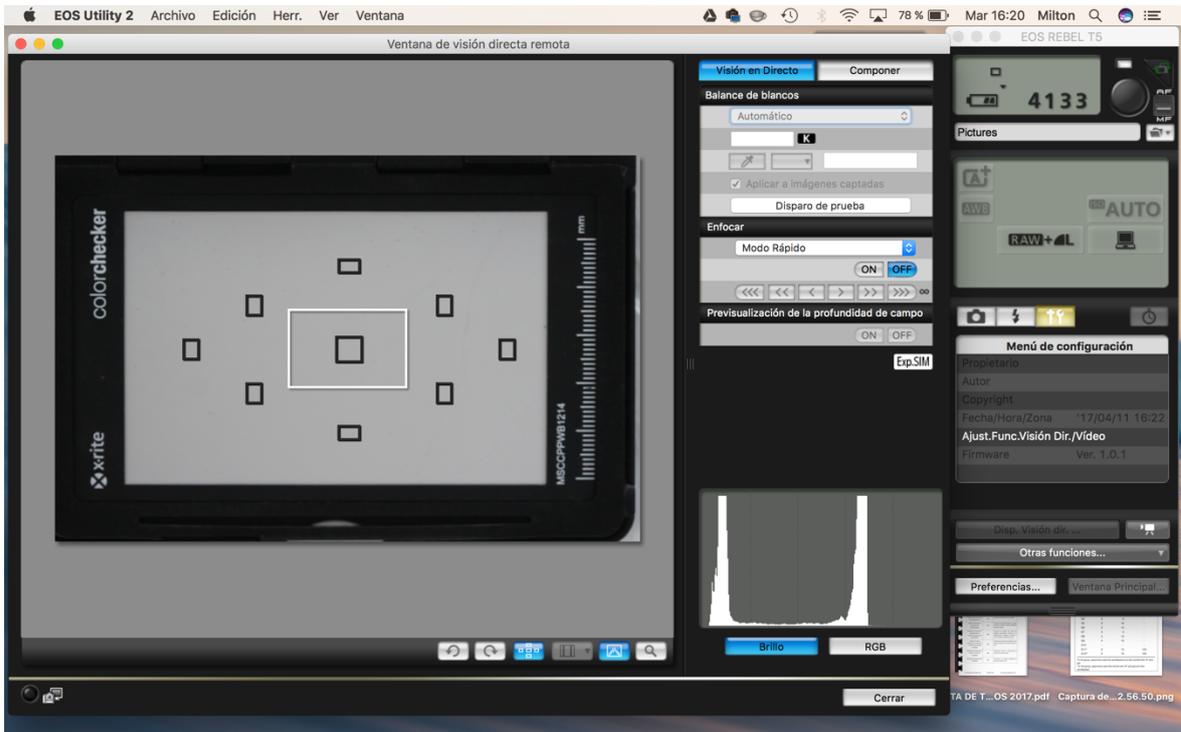
- Sedrez-Porto, J. A., Rosa, W. L., Silva, A. F., Münchow, E. A., & Pereira-Cenci, T. (2016). Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*(52), 8-14.
- Bergmann, C. P., & Stumpf, A. (2013). *Dental Ceramics Microstructure, Properties and Degradation*. New York, USA: Springer.
- Ivoclar Vivadent. (2003). Scientific Documentation IPS Classic®. *Scientific Documentation*, 1-19.
- Ramakrishnaiah, R., Alkheraif, A., Divakar, D., Matinlinna, J., & Vallittu, P. (2016). The Effect of Hydrofluoric Acid Etching Duration on the Surface Micromorphology, Roughness, and Wettability of Dental Ceramics. *International Journal of Molecular Science*, 17, 822-839.
- Vita Zahnfabric. (2013). Compendio Vita. 1-276.
- Rehmann, P., Podhorsky, A., Schaaf, D., Rudel, K., & Wöstmann, B. (2015). Long-span xed dental prostheses not meeting Ante's law: A retrospective analysis. *Quintessence International Prosthodontics* , 46(1), 51-57.
- Biacchi, G. R., Mello, B., & Basting, R. T. (2013). The Endocrown: An Alternative Approach for Restorin< Extensively Dannaged Molars. *Journal o f Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(6), 383-390.
- Hein, S., Tapia, J., & Bazos, P. (2017). eLABor\_aid: a new approach to digital shade management. *The International Journal Of Esthetic Dentistry* , 12(2), 186-202.
- Montagna, F., & Barbezi, M. (2008). *De la cera a la cerámica*. Amolca.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. (C. edición, Ed.) México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Hall, J. (2011). *GUYTON & HALL: TRATADO DE FISIOLOGIA MEDICA*.
- Sanz, J. C. (2003). *El Libro del Color*. España: ALIANZA EDITORIAL.

- Cideciyan, A., Hufnagel, R., Carroll, J., Sumaroka, A., Luo, X., Schwartz, S., . . . Jacobson, S. (2013). Human Cone Visual Pigment Deletions Spare Sufficient Photoreceptors to Warrant Gene Therapy. *Human Gene therapy*, 24(12), 993-1006.
- Yamamoto, M. (1992). The Value Conversion System and a new concept for expressing the shades of natural teeth. *Quintessence of Dental Technology*.
- Venturini, A. B., Prochnow, C., May, L. G., Bottino, M. C., & Valandro, L. (2015). Influence of hydrofluoric acid concentration on the flexural strength of a feldspathic ceramic. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 48, 241-248.
- Elsakaa, S. E., & Elnaghy, A. M. (2016). Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dental Materials*, 32, 908-914.
- Fonzar, R. F., Carrabba, M., Sedda, M., Ferrari, M., Goracci, C., & Vichi, A. (2017). Flexural resistance of heat-pressed and CAD-CAM lithium disilicate with different translucencies. *Dental Materials*, 33, 63-70.
- Sulaiman, T. A., Abdulmajeed, A. A., Shahramian, K., & Lassila, L. (2016). Effect of different treatments on the flexural strength of fully versus partially stabilized monolithic zirconia. *THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY*, 1-5.
- Gawriolek, M., Sikorska, E., Ferreira, L. F., Costa, A. I., Khmelinskii, I., Krawczyk, A., . . . Koczorowski, R. (2012). Color and Luminescence Stability of Selected Dental Materials In Vitro. *Journal of Prosthodontics*, 21, 112-122.
- Duffó, G. (2005). *Biomateriales; una mejor calidad de vida*. Eudeba.
- D'Arcangelo, C., Vanini, L., Rondoni, G. D., & Angelis, F. D. (2016). Wear properties of dental ceramics and porcelains compared with human enamel. *THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY*, 350-355.
- Tian, T., Tsoib, J., Matinlinnab, J. P., & Burrow, M. F. (2014). Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. (30), 147-162.

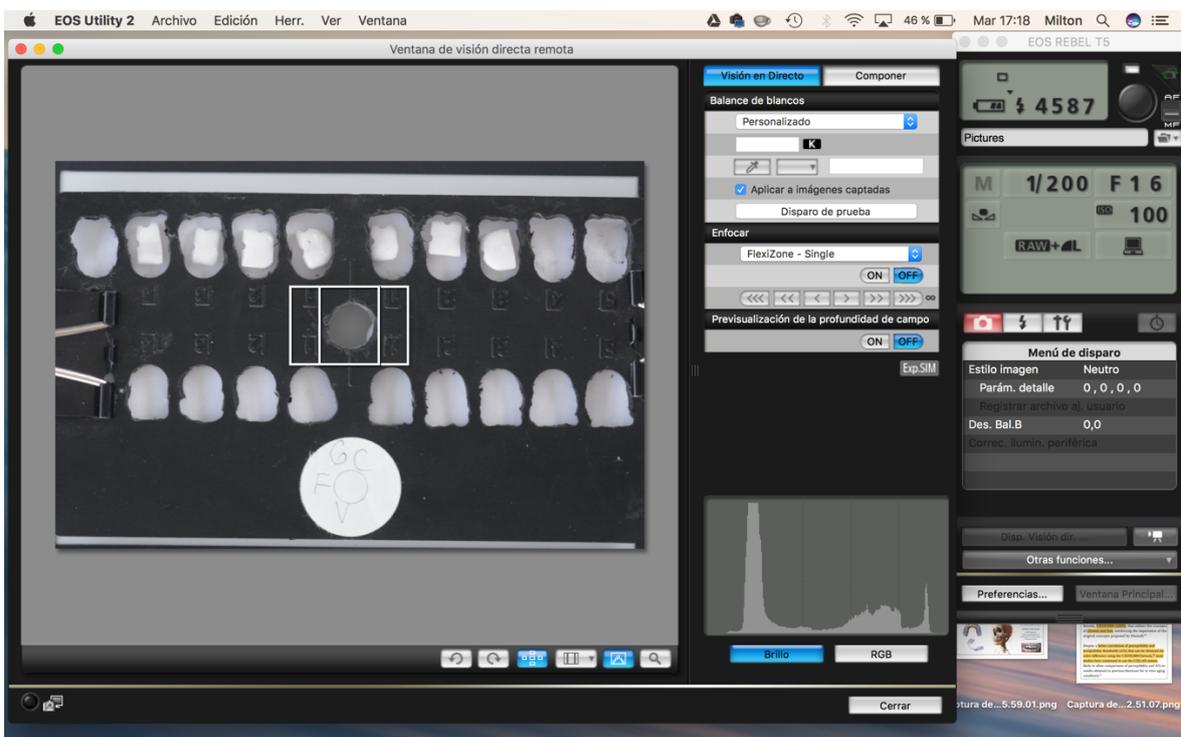


## ANEXOS

## Anexo 1 Estandarización del balance de blancos con tarjeta Colorchecker, Xrite.



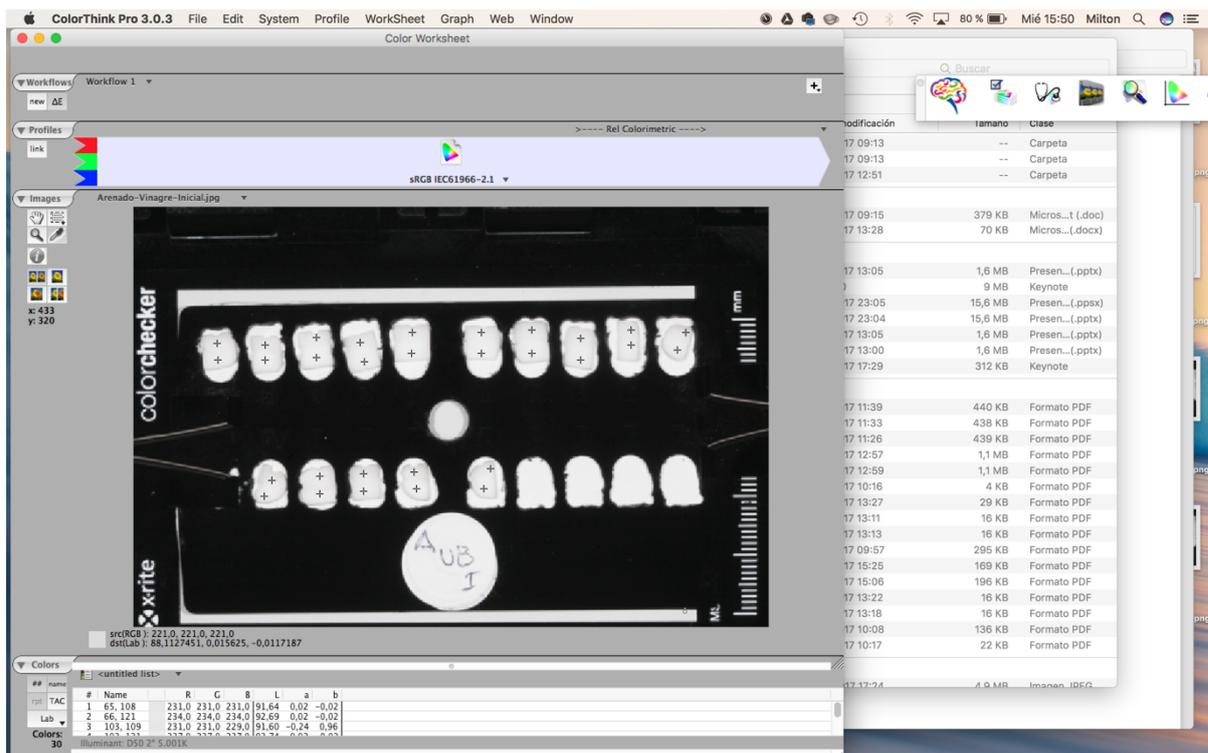
## Anexo 2 Registro de muestras con fotografía estandarizada



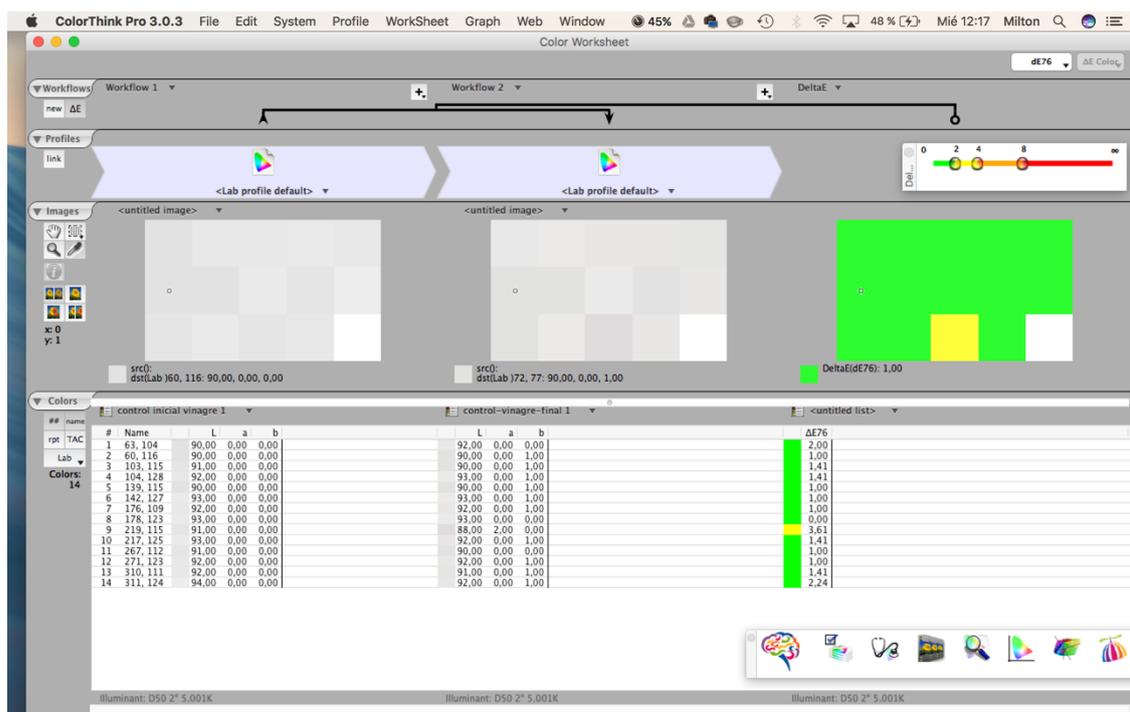
### Anexo 3 Estandarización de balance de blancos de muestras



### Anexo 4 Registro de valor $L^*a^*b^*$ en ColorThink Pro



## Anexo 5 Medición DeltaE en ColorThink Pro



## Anexo 6 Medición DeltaE grupo Arenado en Vinagre balsámico

```
"File created by CHROMiX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 13:50:14 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      dE76
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0      ""      4,00
A1      ""      2,236068
A2      ""      4,00
A3      ""      1,00
A4      ""      2,00
A5      ""      4,1231056
A6      ""      3,1622777
A7      ""      2,8284271
A8      ""      1,00
A9      ""      6,3245553
A10     ""      1,4142136
A11     ""      5,3851648
A12     ""      3,1622777
A13     ""      4,1231056
A14     ""      1,00
A15     ""      5,0990195
A16     ""      1,4142136
A17     ""      8,2462113
A18     ""      2,236068
A19     ""      2,236068
A20     ""      3,00
A21     ""      1,4142136
A22     ""      2,00
A23     ""      1,00
A24     ""      3,1622777
A25     ""      5,3851648
A26     ""      3,00
A27     ""      1,4142136
A28     ""      2,236068
A29     ""      3,00
END_DATA
```

### Anexo 7 Medición DeltaE grupo Arenado en Vino tinto

```

"File created by CHROMiX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 13:49:12 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      dE76
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0      ""      3,1622777
A1      ""      1,00
A2      ""      1,4142136
A3      ""      1,00
A4      ""      1,00
A5      ""      0,00
A6      ""      2,236068
A7      ""      1,4142136
A8      ""      3,1622777
A9      ""      1,4142136
A10     ""      2,236068
A11     ""      1,00
A12     ""      4,5825757
A13     ""      3,1622777
A14     ""      2,00
A15     ""      1,4142136
A16     ""      5,3851648
A17     ""      7,0710678
A18     ""      8,2462113
A19     ""      4,1231056
A20     ""      1,4142136
A21     ""      0,00
A22     ""      1,4142136
A23     ""      2,00
A24     ""      1,00
A25     ""      0,00
A26     ""      1,00
A27     ""      0,00
A28     ""      1,4142136
A29     ""      1,4142136
END_DATA

```

### Anexo 8 Medición DeltaE grupo grabado en Vinagre balsámico

```

"File created by CHROMiX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 13:46:21 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      dE76
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0      ""      2,00
A1      ""      1,4142136
A2      ""      2,00
A3      ""      3,1622777
A4      ""      1,00
A5      ""      1,4142136
A6      ""      1,00
A7      ""      2,236068
A8      ""      1,4142136
A9      ""      2,8284271
A10     ""      1,00
A11     ""      4,472136
A12     ""      1,4142136
A13     ""      2,236068
A14     ""      3,1622777
A15     ""      4,1231056
A16     ""      4,5825757
A17     ""      3,6055513
A18     ""      3,6055513
A19     ""      3,1622777
A20     ""      1,4142136
A21     ""      1,4142136
A22     ""      2,00
A23     ""      1,4142136
A24     ""      1,4142136
A25     ""      2,236068
A26     ""      1,00
A27     ""      2,00
A28     ""      1,00
A29     ""      1,4142136
END_DATA

```

### Anexo 9 Medición DeltaE grupo grabado en Vino tinto

```

"File created by CHROMiX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 13:47:29 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      dE76
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0      ""      0,00
A1      ""      1,4142136
A2      ""      1,4142136
A3      ""      1,00
A4      ""      1,00
A5      ""      1,00
A6      ""      1,00
A7      ""      1,00
A8      ""      0,00
A9      ""      1,00
A10     ""      1,00
A11     ""      2,236068
A12     ""      3,1622777
A13     ""      4,1231056
A14     ""      1,4142136
A15     ""      2,236068
A16     ""      10,2956301
A17     ""      5,00
A18     ""      3,1622777
A19     ""      4,1231056
A20     ""      1,00
A21     ""      1,00
A22     ""      1,00
A23     ""      1,00
A24     ""      0,00
A25     ""      1,4142136
A26     ""      0,00
A27     ""      1,4142136
A28     ""      0,00
A29     ""      2,00
END_DATA

```

### Anexo 10 Medición DeltaE grupo controlen Vinagre balsámico

```

"File created by CHROMiX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 13:53:48 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      dE76
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 14
BEGIN_DATA
A0      ""      2,236068
A1      ""      1,00
A2      ""      1,4142136
A3      ""      2,236068
A4      ""      1,4142136
A5      ""      0,00
A6      ""      1,00
A7      ""      1,4142136
A8      ""      1,00
A9      ""      2,236068
A10     ""      1,00
A11     ""      1,4142136
A12     ""      1,4142136
A13     ""      2,236068
A0      -      2,00
A1      ""      1,00
A2      ""      1,4142136
A3      ""      1,4142136
A4      ""      1,00
A5      ""      1,00
A6      ""      1,00
A7      ""      0,00
A8      ""      3,6055513
A9      ""      1,4142136
A10     ""      1,00
A11     ""      1,00
A12     ""      1,4142136
A13     ""      2,236068
END_DATA

```

## Anexo 11 Medición DeltaE grupo control en Vino tinto

```

"File created by CHROMIX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 13:51:19 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      dE76
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 14
BEGIN_DATA
A0      ""      1,4142136
A1      ""      1,00
A2      ""      2,00
A3      ""      1,00
A4      ""      1,00
A5      ""      0,00
A6      ""      2,00
A7      ""      1,00
A8      ""      0,00
A9      ""      2,00
A10     ""      2,00
A11     ""      1,00
A12     ""      2,236068
A13     ""      2,00
A0      ""      2,00
A1      ""      1,4142136
A2      ""      1,00
A3      ""      4,00
A4      ""      2,00
A5      ""      2,00
A6      ""      0,00
A7      ""      1,00
A8      ""      1,00
A9      ""      2,00
A10     ""      0,00
A11     ""      0,00
A12     ""      0,00
A13     ""      1,4142136
END_DATA

```

## Anexo 12 Medición L\*a\*b\* grupo arenado VB inicial

```

"File created by CHROMIX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 12:50:24 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      Lab_L  Lab_a  Lab_b
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0      "64, 110"      91,9914216
0,0195312      "-0,015625
A1      "64, 119"      92,6930147
0,0195312      "-0,015625
A2      "103, 110"     91,9500613      -0,2421875
0,9609375
A3      "103, 122"     93,7438725
0,0195312      "-0,015625
A4      "140, 106"     92,6930147
0,0195312      "-0,015625
A5      "140, 117"     94,4454657
0,0195312      "-0,015625
A6      "175, 109"     91,6207108      -0,109375
0,4726562
A7      "178, 123"     93,7438725
0,0195312      "-0,015625
A8      "215, 101"     92,3422181
0,0195312      "-0,015625
A9      "216, 113"     94,0946691
0,0195312      "-0,015625
A10     "272, 102"     93,393076
0,0195312      "-0,015625
A11     "272, 111"     94,0946691
0,0195312      "-0,015625
A12     "311, 96"      90,2313113      0,015625 -0,015625
A13     "312, 114"     93,7438725
0,0195312      "-0,015625
A14     "349, 105"     91,9914216
0,0195312      "-0,015625
A15     "349, 118"     93,7438725
0,0195312      "-0,015625
A16     "387, 99"      91,2882966
0,0195312      "-0,015625
A17     "388, 114"     93,393076
0,0195312      "-0,015625
A18     "427, 102"     92,0710784      0,3671875
0,1132812
A19     "424, 113"     92,6930147
0,0195312      "-0,015625
A20     "107, 215"     90,5637255      -0,109375
0,4726562
A21     "103, 227"     93,0438113
0,0195312      "-0,015625
A22     "144, 212"     92,1721814
0,8476562      "-0,2460938
A23     "143, 225"     92,4004289      0,2382812
0,5976562

```

## Anexo 13 Medición L\*a\*b\* grupo arenado VB final

```

"File created by CHROMiX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 12:59:53 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      Lab_L  Lab_a  Lab_b
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0  "17, 71" 95,4473039      -0,234375      0,9492188
A1  "19, 87" 91,6375613      -0,1523438     2,0625
A2  "68, 67" 95,4473039      -0,234375      0,9492188
A3  "68, 80" 94,4041054      -0,2382813     0,953125
A4  "106, 67" 94,0533088      -0,2382813     0,953125
A5  "110, 84" 90,2696078      0,1054688
1,0898438
A6  "162, 62" 94,4822304      0,109375 1,0820312
A7  "166, 82" 91,796875      0,546875 2,3164062
A8  "213, 67" 92,0297181     0,109375 1,0898438
A9  "215, 82" 88,9782475     0,5507812
2,3320312
A10 "279, 63" 92,0297181     0,109375 1,0898438
A11 "282, 79" 89,330576      0,546875 2,3320312
A12 "330, 63" 93,7821691     0,109375 1,0820312
A13 "330, 81" 89,5450368     -0,0234375
1,5820312
A14 "377, 59" 91,6789216     0,109375 1,0859375
A15 "378, 82" 88,8602941     0,109375 1,09375
A16 "423, 67" 90,9757966     0,109375 1,0898438
A17 "423, 83" 85,6801471     0,0742188     2,71875
A18 "471, 56" 90,9543505     -0,0195313    1,578125
A19 "471, 74" 90,2696078     0,1054688
1,0898438
A20 "74, 198" 93,7025123     -0,2382813     0,953125
A21 "73, 214" 92,0297181     0,109375 1,0898438
A22 "118, 195" 94,7518382     -0,2382813
0,9570312
A23 "118, 213" 92,7313113     0,109375 1,0820312
A24 "167, 197" 93,7821691     0,109375 1,0820312
A25 "166, 211" 88,7959559     -0,28125 2,5664062
A26 "214, 196" 94,7518382     -0,2382813
0,9570312
A27 "216, 210" 93,4313725     0,109375 1,0820312
A28 "281, 193" 92,7313113     0,109375 1,0820312
A29 "284, 215" 90,8946078     -0,2382813
0,9609375
END_DATA

```

## Anexo 14 Medición L\*a\*b\* grupo arenado V inicial

```

"File created by CHROMiX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 12:54:18 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      Lab_L  Lab_a  Lab_b
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0  "62, 116" 89,8789828      0,015625 -0,015625
A1  "66, 130" 92,6930147      0,0195312 -0,015625
A2  "104, 120" 91,7202819     0,3710938
0,1171875
A3  "105, 131" 94,0946691     0,0195312 -0,015625
A4  "137, 112" 91,6207108     -0,109375
0,4726562
A5  "142, 128" 93,7438725     0,0195312 -0,015625
A6  "175, 116" 91,640625      0,0195312 -0,015625
A7  "177, 126" 93,7438725     0,0195312 -0,015625
A8  "220, 103" 93,7438725     0,0195312 -0,015625
A9  "220, 120" 94,0946691     0,0195312 -0,015625
A10 "275, 108" 92,6715686     -0,1054687     0,46875
A11 "275, 123" 94,4454657     0,0195312 -0,015625
A12 "311, 98" 91,9914216     0,0195312 -0,015625
A13 "311, 109" 94,0946691     0,0195312 -0,015625
A14 "348, 97" 90,2696078     0,1054688
1,0898438
A15 "347, 106" 93,393076      0,0195312 -0,015625
A16 "387, 93" 88,8602941     0,109375 1,09375
A17 "387, 103" 91,328125      0,109375 1,0898438
A18 "427, 100" 91,9500613     -0,2421875
0,9609375
A19 "426, 112" 93,7438725     0,0195312 -0,015625
A20 "112, 224" 91,9914216     0,0195312 -0,015625
A21 "113, 237" 93,7438725     0,0195312 -0,015625
A22 "148, 218" 92,3223039     -0,1054687     0,46875
A23 "148, 233" 93,7438725     0,0195312 -0,015625
A24 "186, 216" 91,640625      0,0195312 -0,015625
A25 "187, 230" 93,7438725     0,0195312 -0,015625

```

## Anexo 15 Medición L\*a\*b\* grupo arenado V final

```

"File created by CHROMiX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 13:00:57 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      Lab_L  Lab_a  Lab_b
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0      "16, 58" 92,0297181      0,109375 1,0898438
A1      "18, 74" 93,7239583      -0,1054687 0,46875
A2      "65, 59" 92,0297181      0,109375 1,0898438
A3      "67, 74" 95,0995711      -0,2382813 0,953125
A4      "110, 56" 91,6789216      0,109375 1,0859375
A5      "108, 68" 93,7025123      -0,2382813 0,953125
A6      "158, 56" 93,7821691      0,109375 1,0820312
A7      "162, 72" 94,1329657      0,109375 1,0820312
A8      "216, 56" 90,6219363      0,109375 1,0898438
A9      "210, 79" 93,7821691      0,109375 1,0820312
A10     "279, 59" 90,2696078      0,1054688
1,0898438
A11     "279, 78" 93,393076
0,0195312 -0,015625
A12     "331, 62" 87,7205882      1,2695312 2,59375
A13     "328, 74" 91,328125      0,109375 1,0898438
A14     "375, 56" 88,504902      0,109375 1,09375
A15     "375, 76" 92,3805147      0,109375 1,0859375
A16     "422, 56" 83,2276348      2,0351562
1,2617188
A17     "420, 67" 84,9142157      1,5429688
1,6210938
A18     "468, 44" 83,6090686      2,1640625 0,765625
A19     "472, 61" 89,9172794      0,1054688
1,0898438
A20     "72, 195" 92,3805147      0,109375 1,0859375
A21     "67, 212" 93,7025123      -0,2382813 0,953125
A22     "120, 194" 93,4313725      0,109375 1,0820312
A23     "119, 209" 95,0995711      -0,2382813 0,953125
A24     "166, 190" 91,328125      0,109375 1,0898438
A25     "169, 209" 93,7239583      -0,1054687 0,46875
A26     "212, 190" 92,0297181      0,109375 1,0898438
A27     "213, 210" 93,3517157      -0,2382813 0,953125
A28     "286, 200" 91,6789216      0,109375 1,0859375
A29     "282, 210" 92,7313113      0,109375 1,0820312
END_DATA

```

## Anexo 16 Medición L\*a\*b\* grupo grabado VB inicial

```

"File created by CHROMiX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 12:55:50 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      Lab_L  Lab_a  Lab_b
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0      "65, 104" 93,393076
0,0195312 -0,015625
A1      "67, 117" 90,9757966      0,109375 1,0898438
A2      "106, 110" 93,7438725
0,0195312 -0,015625
A3      "106, 125" 91,640625
0,0195312 -0,015625
A4      "140, 109" 93,7438725
0,0195312 -0,015625
A5      "140, 122" 90,5637255      -0,109375
0,4726562
A6      "178, 104" 93,393076
0,0195312 -0,015625
A7      "178, 123" 90,2910539      0,2382812
0,6015625
A8      "218, 106" 93,393076
0,0195312 -0,015625
A9      "219, 120" 90,189951      -0,2421875
0,9609375
A10     "274, 100" 92,6930147
0,0195312 -0,015625
A11     "274, 114" 91,5992647      -0,2382813
0,9609375
A12     "313, 99" 94,4454657
0,0195312 -0,015625
A13     "314, 113" 92,6715686      -0,1054687 0,46875
A14     "354, 102" 94,0946691
0,0195312 -0,015625
A15     "352, 119" 92,3223039      -0,1054687 0,46875
A16     "389, 103" 94,0946691
0,0195312 -0,015625
A17     "387, 118" 88,8602941      0,109375 1,09375
A18     "425, 103" 93,7438725
0,0195312 -0,015625
A19     "425, 117" 92,3422181
0,0195312 -0,015625
A20     "107, 212" 92,3422181
0,0195312 -0,015625
A21     "107, 225" 91,2882966
0,0195312 -0,015625
A22     "146, 213" 93,7438725
0,0195312 -0,015625
A23     "146, 227" 92,0710784      0,3671875
0,1132812
A24     "184, 214" 92,6930147
0,0195312 -0,015625
A25     "183, 224" 90,2696078      0,1054688

```

## Anexo 17 Medición L\*a\*b\* grupo grabado VB final

```

"File created by CHROMIX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 13:02:11 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      Lab_L  Lab_a  Lab_b
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0      "18, 71" 95,4473039      -0,234375      0,9492188
A1      "22, 89" 91,6176471      -0,28125 2,5507812
A2      "68, 68" 95,0995711      -0,2382813     0,953125
A3      "68, 82" 94,1329657      0,109375 1,0820312
A4      "108, 66"      93,4313725     0,109375 1,0820312
A5      "111, 82"      91,6789216     0,109375 1,0859375
A6      "165, 61"      94,4041054     -0,2382813     0,953125
A7      "165, 80"      92,3805147     0,109375 1,0859375
A8      "214, 67"      92,7313113     0,109375 1,0820312
A9      "214, 82"      88,8970588     0,1992188     2,203125
A10     "278, 63"      92,0297181     0,109375 1,0898438
A11     "281, 86"      87,4571078     0,0703125
2,7070312
A12     "330, 63"      93,7821691     0,109375 1,0820312
A13     "327, 82"      90,2696078     0,1054688
1,0898438
A14     "381, 60"      91,6789216     0,109375 1,0859375
A15     "380, 81"      88,8602941     0,109375 1,09375
A16     "420, 67"      90,1960784     1,2578125
2,5820312
A17     "423, 85"      85,2205882     -0,4140625
3,0898438
A18     "472, 57"      90,6403186     0,0664062
2,6835938
A19     "468, 74"      89,9172794     0,1054688
1,0898438
A20     "72, 201"      93,4313725     0,109375 1,0820312
A21     "73, 214"      92,0297181     0,109375 1,0898438
A22     "121, 194"     95,0995711     -0,2382813     0,953125
A23     "119, 212"     93,4313725     0,109375 1,0820312
A24     "166, 199"     93,4313725     0,109375 1,0820312
A25     "166, 212"     88,8756127     0,0703125
2,6953125
A26     "217, 198"     94,7518382     -0,2382813
0,9570312
A27     "216, 214"     92,3391544     -0,1523438     2,0625
A28     "285, 194"     93,7025123     -0,2382813     0,953125
A29     "283, 213"     92,0297181     0,109375 1,0898438
END_DATA

```

## Anexo 18 Medición L\*a\*b\* grupo grabado V inicial

```

"File created by CHROMIX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 12:57:45 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      Lab_L  Lab_a  Lab_b
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0      "63, 104"      93,0438113
0,0195312      -0,015625
A1      "65, 120"      91,9500613     -0,2421875
0,9609375
A2      "103, 108"     93,7438725
0,0195312      -0,015625
A3      "104, 120"     93,0223652     -0,1054687     0,46875
A4      "142, 113"     93,0438113
0,0195312      -0,015625
A5      "142, 125"     91,5992647     -0,2382813
0,9609375
A6      "178, 107"     94,0946691
0,0195312      -0,015625
A7      "178, 123"     92,3223039     -0,1054687     0,46875
A8      "218, 104"     94,0946691
0,0195312      -0,015625
A9      "218, 118"     93,4313725     0,109375 1,0820312
A10     "272, 105"     94,4454657
0,0195312      -0,015625
A11     "274, 118"     92,3223039     -0,1054687     0,46875
A12     "308, 104"     94,4454657
0,0195312      -0,015625
A13     "309, 118"     93,002451      -0,2382813     0,953125
A14     "349, 102"     93,393076
0,0195312      -0,015625
A15     "349, 114"     92,3422181
0,0195312      -0,015625
A16     "385, 99"      93,393076
0,0195312      -0,015625
A17     "388, 110"     91,7003676     0,2421875
0,6015625
A18     "425, 99"      92,3636642     0,15625 -0,50
A19     "423, 112"     91,9715074     -0,109375
0,4726562
A20     "106, 212"     93,393076
0,0195312      -0,015625
A21     "105, 225"     89,9172794     0,1054688
1,0898438
A22     "141, 212"     94,0946691
0,0195312      -0,015625
A23     "141, 222"     92,6715686     -0,1054687     0,46875
A24     "184, 212"     93,7438725
0,0195312      -0,015625
A25     "183, 225"     91,9500613     -0,2421875
0,9609375
A26     "219, 214"     94,0946691
0,0195312      -0,015625

```

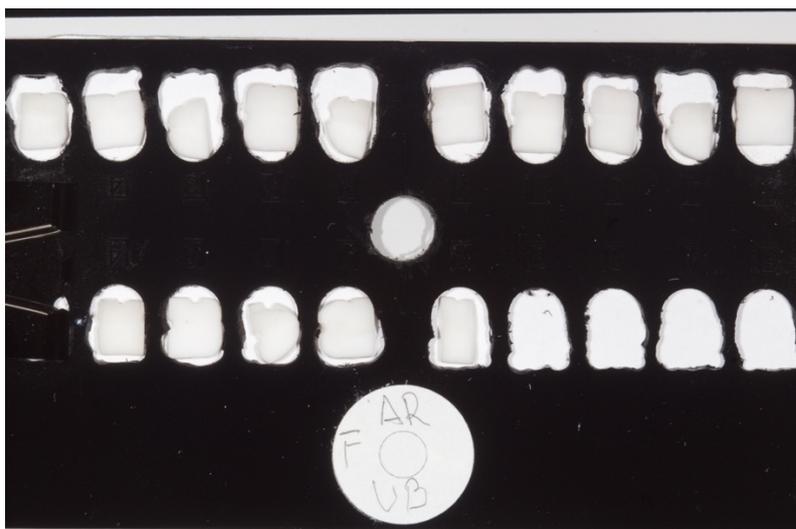
## Anexo 19 Medición L\*a\*b\* grupo grabado V final

```

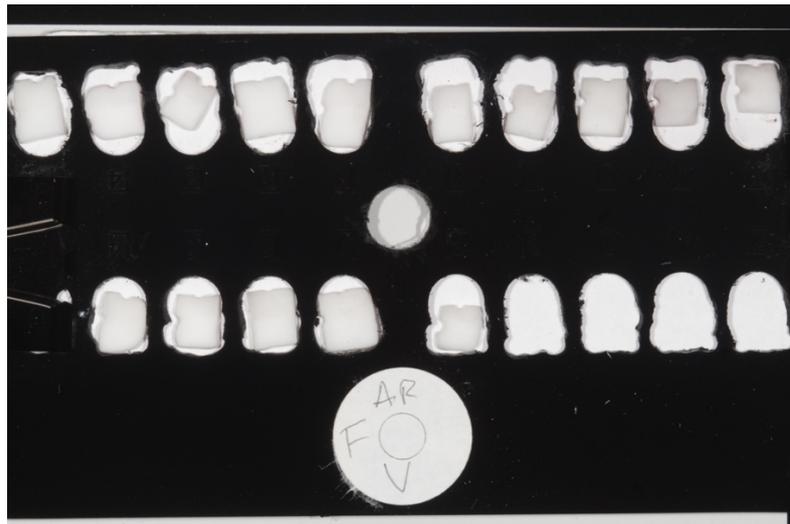
"File created by CHROMiX ColorThink"
"CREATED miércoles, 12 de abril de 2017 13:10:07 "
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SampleName      Lab_L  Lab_a  Lab_b
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 30
BEGIN_DATA
A0  "20, 59" 93,3517157  -0,2382813  0,953125
A1  "20, 80" 92,0297181  0,109375 1,0898438
A2  "63, 61" 94,1329657  0,109375 1,0820312
A3  "65, 74" 93,7821691  0,109375 1,0820312
A4  "114, 71" 93,7821691  0,109375 1,0820312
A5  "117, 84" 91,328125  0,109375 1,0898438
A6  "166, 56" 93,9031863  0,71875 0,2382812
A7  "165, 77" 92,7313113  0,109375 1,0820312
A8  "205, 61" 94,4041054  -0,2382813  0,953125
A9  "210, 79" 92,3805147  0,109375 1,0859375
A10 "276, 62" 94,1329657  0,109375 1,0820312
A11 "277, 78" 90,2696078  0,1054688
1,0898438
A12 "329, 69" 91,328125  0,109375 1,0898438
A13 "329, 82" 89,564951  0,1054688 1,09375
A14 "377, 63" 94,1329657  0,109375 1,0820312
A15 "375, 81" 90,9757966  0,109375 1,0898438
A16 "422, 70" 84,1375613  0,9960938
5,2382812
A17 "422, 86" 86,9132966  0,9492188
0,8632812
A18 "471, 63" 89,2126225  0,1054688 1,09375
A19 "470, 78" 87,3483456  1,3007812
0,9882812
A20 "66, 195" 94,4041054  -0,2382813  0,953125
A21 "71, 210" 89,9341299  0,0664062
2,6914062
A22 "120, 196" 95,0995711  -0,2382813  0,953125
A23 "118, 212" 92,3805147  0,109375 1,0859375
A24 "165, 190" 93,7025123  -0,2382813  0,953125
A25 "165, 209" 92,0297181  0,109375 1,0898438
A26 "211, 194" 94,4041054  -0,2382813  0,953125
A27 "214, 209" 90,9757966  0,109375 1,0898438
A28 "280, 198" 93,7025123  -0,2382813  0,953125
A29 "279, 209" 91,2653186  -0,28125 2,5546875
END_DATA

```

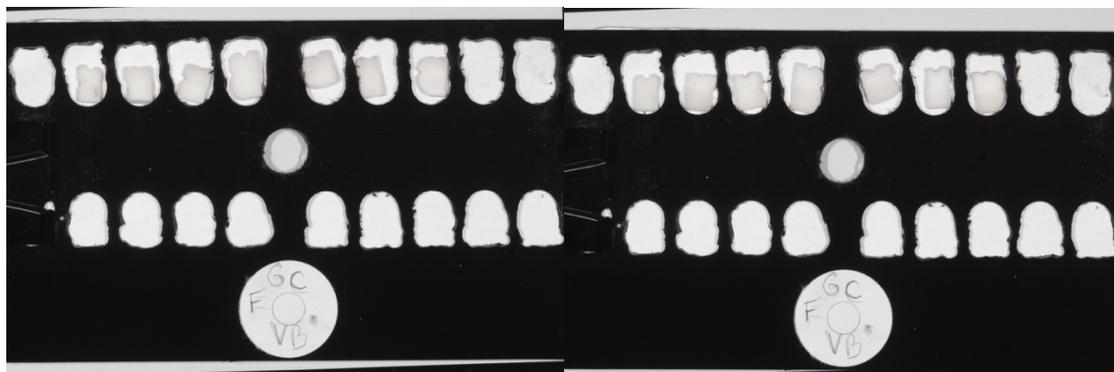
## Anexo 20 Fotografía Grupo Arenado en Vinagre balsámico balsamico final



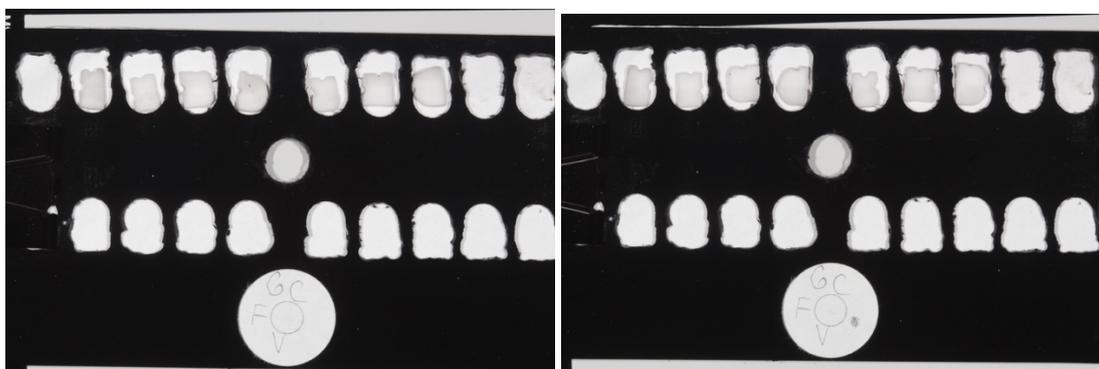
Anexo 21 Fotografía Grupo Arenado en vino tinto final



Anexo 22 Fotografía Grupo control en Vinagre balsámico balsamico final



Anexo 23 Fotografía Grupo control en vino tinto final



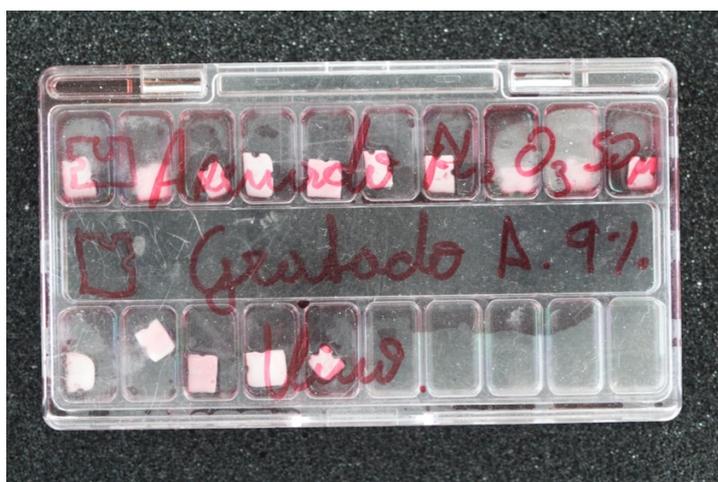
Anexo 24 Envase contenedor de grupo control, compartimiento superior para inmersión en vino tinto, inferior Vinagre balsámico



Anexo 25 Envase contenedor de grupo arenado y grabado en Vinagre balsámico



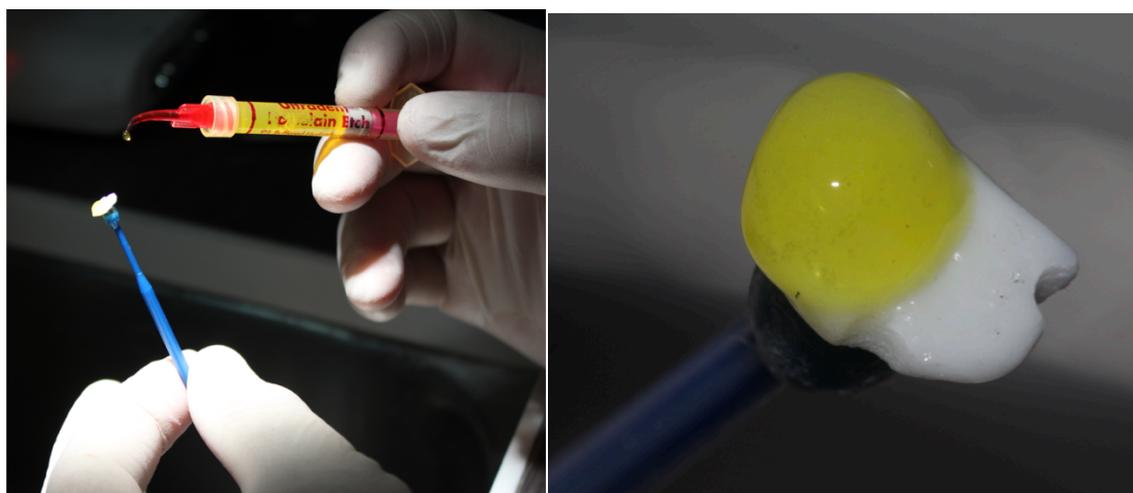
Anexo 26 Envase contenedor de grupo arenado y grabado en vino tinto



Anexo 27 (a) Vinagre balsámico marca Ponti, (b) Vino tinto marca Clos



Anexo 28 Grabado de superficies con ácido hidrofúorhídrico, discriminando feldespato y disilicato de litio



Anexo 29 Control de tiempo de grabado ácido 120 segundos para feldespato y 20 segundos para disilicato de litio



Anexo 30 Prueba visual en muestras cerámicas

